

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



*Una Institución Adventista*

Análisis de la rugosidad en canal de concreto, para la evaluación de la variabilidad de la velocidad de flujo de diseño del Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautina Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar - Cusco.

Por

Max Oswaldo Hancoccallo Achircana

Asesor

Ing. Ecler Mamani Chambi

Juliaca, Diciembre de 2017

Área temática: Ingeniería Civil

Ficha bibliográfica elaborado por el centro de recursos para el aprendizaje y la investigación – CRAI – de la UPeU.

Max Oswaldo Hancoccallo Achircana

Análisis de la rugosidad en canal de concreto, para la evaluación de la variabilidad de la velocidad de flujo de diseño del Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautina Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar - Cusco.

199 páginas: anexos, figuras, tablas.

Tesis (Licenciatura) -- Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. EP. de Ingeniería Civil, 2017.

Incluye referencias y resumen.

Campo del conocimiento: Ingeniería Civil.

1. Rugosidad del Concreto 2. Eficiencia de Conducción 3. Canal de Irrigación

DECLARACION JURADA  
DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Ecler Mamani Chambi, de la facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “Análisis de la rugosidad en canal de concreto, para la evaluación de la variabilidad de la velocidad de flujo de diseño del Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautina Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar - Cusco” Constituye la memoria que presenta el bachiller Max Oswaldo Hancoccallo Achircana para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 21 de Diciembre del 2017



Ing. Ecler Mamani Chambi

“Análisis de la rugosidad en el canal de concreto, para la evaluación de la variabilidad de la velocidad de flujo de diseño del Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautina Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar - Cusco”

# TESIS

Presentada para optar el título profesional de ingeniero civil

## JURADO CALIFICADOR



Mg. Efrain Velasquez Mamani

PRESIDENTE



Mg. Leonel Chahuares Paucar

SECRETARIO



Ing. Rolando Quispe Basualdo

VOCAL



Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona

VOCAL



Ing. Ecler Mamani Chambi

ASESOR

Chullunquiani, 20 de Diciembre de 2017

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios, quien inspiro mi espíritu para la conclusión de esta tesis, en Ingeniería Civil.

A mis padres Máximo y Paulina quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos.

A mi pareja Ruth y mi hijo Elías Moisés quienes me motivaron para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A mis maestros y amigos, quien sin su ayuda nunca hubiese logrado hacer esta tesis. A todos ellos les agradezco desde el fondo de mi alma.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres por darme la confianza y el apoyo brindado, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida demostraron su amor.

A mi asesor de tesis Ing. Ecler Mamani Chambi por el apoyo en el asesoramiento, por compartir su conocimiento para la realización de esta tesis.

Al director de la E.A.P. de Ingeniería Civil Ing. Rolando Quispe Basualdo por brindarme su apoyo y tiempo.

A mis jurados dictaminadores de tesis; Ing. Rolando Quispe Basualdo, Mg. Leonel Chahuares Paucar e Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona por el apoyo incondicional, por compartir sus conocimientos para la realización de esta tesis.

Quiero hacer extensivo este agradecimiento a los docentes y compañeros de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Institución.

## INDICE

|   |       |
|---|-------|
| DEDICATORIA.....  | v     |
| AGRADECIMIENTO.....                                       | vi    |
| INDICE DE TABLAS.....                                     | xi    |
| INDICE DE FIGURAS.....                                    | xii   |
| INDICE DE ANEXOS.....                                     | xiv   |
| NOMENCLATURA Y/O SÍMBOLOS USADOS.....                     | xv    |
| RESUMEN.....  | xvii  |
| ABSTRACT.....   | xviii |
| INTRODUCCION.....   | xix   |
| CAPÍTULO I.....   | 21    |
| PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....                           | 21    |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....         | 21    |
| 1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....                       | 21    |
| 1.2.1. Problema General.....                              | 23    |
| 1.2.2. Problemas Específicos.....                         | 23    |
| 1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....                    | 24    |
| 1.3.1. Objetivo General.....                              | 24    |
| 1.3.2. Objetivos Específicos.....                         | 24    |
| 1.4. FORMULACION DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 24    |
| 1.4.1. Hipótesis General.....                             | 24    |
| 1.4.2. Hipótesis Específicos.....                         | 24    |
| 1.5. JUSTIFICACIÓN.....                                   | 25    |
| 1.5.1. Justificación Teórica.....                         | 26    |
| 1.5.2. Justificación Práctica.....                        | 26    |
| 1.5.3. Justificación Metodológica.....                    | 26    |

|   |    |
|---|----|
| CAPITULO II.....  | 27 |
| MARCO TEORICO .....   | 27 |
| 2.1. ANTECEDENTES. ....   | 27 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS .....   | 30 |
| 2.2.1. Canales .....  | 30 |
| 2.2.2. Fluido.....  | 36 |
| 2.2.3. Enfoque de análisis de flujo .....                               | 36 |
| 2.2.4. Flujo.....   | 37 |
| 2.2.5. Clasificación de flujo en canales abiertos .....                 | 38 |
| 2.2.6. Estado de flujo.....   | 40 |
| 2.2.7. Flujo uniforme.....  | 42 |
| 2.2.8. Expresión de la velocidad en flujo uniforme.....                 | 47 |
| 2.2.9. La ecuación de Chézy.....  | 48 |
| 2.2.10. La ecuación de Manning .....                                    | 51 |
| 2.2.11. Calculo de flujo uniforme.....                                  | 52 |
| 2.2.12. Capa límite .....   | 54 |
| 2.2.13. Concepto de rugosidad superficial .....                         | 56 |
| 2.2.14. Coeficiente de Manning (n).....                                 | 58 |
| 2.2.15. Medición de la velocidad de flujo en canales.....               | 60 |
| 2.2.16. Determinación del coeficiente de rugosidad “n” de Manning ..... | 61 |
| 2.2.17. Diagrama de Moody.....  | 64 |
| 2.2.18. Métodos para la determinación de velocidad y caudal.....        | 65 |
| 2.2.19. Eficiencia en Canales Abiertos.....                             | 68 |
| 2.2.20. Diseño de canal .....   | 69 |
| 2.2.21. Diseño de obras Hidráulicas.....                                | 69 |
| 2.3. MARCO CONCEPTUAL .....   | 70 |
| CAPITULO III .....  | 72 |

|  |    |
|--|----|
| MATERIALES Y METODOS.....  | 72 |
| 3.1. CARACTERISTICAS DE LA ZONA .....  | 72 |
| 3.1.1. Ubicación Geográfica.....   | 72 |
| 3.1.2. Demarcación Política .....  | 72 |
| 3.1.3. Demarcación Administrativa.....   | 73 |
| 3.1.4. Vías Acceso.....  | 73 |
| 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS. ....  | 73 |
| 3.2.1. Materiales. ....  | 73 |
| 3.2.2. Equipo. ....  | 73 |
| 3.2.3. Software Utilizado.....   | 74 |
| 3.2.4. Servicios. ....   | 74 |
| 3.3. METODOLOGIA.....  | 74 |
| 3.3.1. Tipo de Investigación. ....   | 74 |
| 3.3.2. Población y Muestra. ....   | 75 |
| 3.3.3. Planificación de los Trabajos. ....   | 75 |
| 3.3.4. Definición del Ámbito de Trabajo.....   | 75 |
| 3.3.5. Obtención de Información de Campo. ....   | 76 |
| 3.3.6. Procesamiento de Información.....   | 78 |
| CAPITULO IV .....  | 81 |
| ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....   | 81 |
| 4.1. RESULTADOS .....  | 81 |
| 4.1.1. Canal Actual – Canal de Máxima Eficiencia Hidráulica – Índice de Rugosidad<br>de Manning..... | 81 |
| 4.1.2. Eficiencia de Conducción.....   | 95 |
| CONCLUSIONES.....  | 97 |
| RECOMENDACIONES .....  | 98 |
| BIBLIOGRAFIA .....   | 99 |

ANEXOS..... 101

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Valores aproximados de la altura de rugosidad k.....                      | 58 |
| Tabla 2. Vías de comunicación – Área de Estudio.....                               | 73 |
| Tabla 3. Valores de rugosidad “n” de Manning según material de revestimiento. .... | 81 |
| Tabla 4. Resumen de resultados en el primer tramo.....                             | 82 |
| Tabla 5. Resumen de resultados en el segundo tramo.....                            | 85 |
| Tabla 6. Resumen de resultados en el tercer tramo .....                            | 87 |
| Tabla 7. Resumen de resultados en el cuarto tramo .....                            | 89 |
| Tabla 8. Resumen de resultados en el quinto tramo .....                            | 91 |
| Tabla 9. Resumen de resultados en el sexto tramo.....                              | 93 |

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Flujo en conductos .....  | 30 |
| Figura 2. Sección Transversal irregular .....   | 31 |
| Figura 3. Sección transversal de un canal prismático.....   | 32 |
| Figura 4. Secciones artificiales transversales tipo .....   | 32 |
| Figura 5. Sección transversal de un canal trapezoidal.....  | 35 |
| Figura 6. Características del flujo uniforme .....  | 44 |
| Figura 7. Establecimiento del flujo uniforme en un canal largo .....                                | 46 |
| Figura 8. Deducción de la ecuación de Chézy para flujo uniforme en un canal abierto .....           | 49 |
| Figura 9. Desarrollo de la capa limite en un canal abierto con una condición de entrada ideal ..... | 54 |
| Figura 10. Distribución de velocidades sobre una superficie de canal (no a escala) .....            | 55 |
| Figura 11. Naturaleza de la rugosidad superficial a) Lisa; b) Ondulada; c) Rugosa.....              | 57 |
| Figura 12: Tipos de molinete.....   | 66 |
| Figura 13: Mapa de ubicación .....  | 72 |
| Figura 14. Imagen topográfica de estudio del proyecto .....   | 76 |
| Figura 15. Como se puede apreciar que se está midiendo el canal .....                               | 77 |
| Figura 16. Los instrumentos utilizados en la medición de velocidad.....                             | 78 |
| Figura 16. Los instrumentos utilizados en la obtención de nivel del terreno .....                   | 79 |
| Figura 17. Croquis de los tramos en el canal.....   | 82 |
| Figura 18. Croquis Primer tramo, señalando estaciones en estudio .....                              | 83 |
| Figura 19. Datos de diseño en el primer tramo.....  | 84 |
| Figura 20. Rediseño con nuevo “n” índice de manning en el primer tramo.....                         | 84 |
| Figura 21. Croquis segundo tramo, señalando estaciones en estudio.....                              | 85 |
| Figura 22. Datos de diseño en el segundo tramo .....  | 86 |
| Figura 23. Rediseño con nuevo “n” índice de manning en el segundo tramo.....                        | 86 |
| Figura 24. Croquis tercer tramo, señalando estaciones en estudio .....                              | 87 |
| Figura 25. Datos de diseño en el tercer tramo .....   | 88 |
| Figura 26. Rediseño con nuevo “n” índice de manning en el tercer tramo .....                        | 88 |
| Figura 27. Croquis cuarto tramo, señalando estaciones en estudio .....                              | 89 |
| Figura 28. Datos de diseño en el cuarto tramo .....   | 90 |
| Figura 29. Rediseño con nuevo “n” índice de manning en el cuarto tramo .....                        | 90 |
| Figura 30. Croquis quinto tramo, señalando estaciones en estudio.....                               | 91 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 31. Datos de diseño en el quinto tramo .....                          | 92 |
| Figura 32. Rediseño con nuevo “n” índice de manning en el quinto tramo ..... | 92 |
| Figura 33. Croquis sexto tramo, señalando estaciones en estudio .....        | 93 |
| Figura 34. Datos de diseño en el sexto tramo.....                            | 94 |
| Figura 35. Rediseño con nuevo “n” índice de manning en el quinto tramo ..... | 94 |

## INDICE DE ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| Anexo A. Cuadros de Aforo de la Autoridad Nacional del Agua ..... | 102 |
| Anexo B. Memorias de cálculos.....                                | 107 |

## NOMENCLATURA Y/O SÍMBOLOS USADOS

**T:** *Espejo de agua*, es el ancho de la sección del canal, medido al nivel de la superficie libre.

**A:** *Área hidráulica*, es el área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección de flujo.

**P:** *Perímetro mojado*, es la longitud de línea de contacto el agua y las paredes del canal mojada y de un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo.

**R:** *Radio hidráulico*, Es la relación del área hidráulica y el perímetro mojado.

**D:** *La profundidad hidráulica*, es la relación entre el área hidráulica y el ancho en la superficie libre.

**$AR^{2/3}$ :** *El factor de sección para el cálculo de flujo uniforme*, es el producto del área mojada y el radio hidráulico elevado a la potencia  $2/3$ .

**LB:** *Libre bordo*, es la distancia que hay desde la superficie libre del agua hasta la corona del bordo.

**B (b):** ancho en la base del canal.

**Z:** *Talud*, designa la inclinación de las paredes de la sección y corresponde a la distancia “z” recorrida horizontalmente desde un punto sobre la pared, ascender la unidad de longitud a otro punto sobre la misma.

**V:** *Velocidad*, la velocidad del fluido queda definido con el vector de velocidad  $v$ .

**U, v, w:** son las velocidades en las direcciones x, y, z respectivamente, y cada una de ellas puede variar en el tiempo o el espacio.

**Q:** *Caudal*, es un caudal constante de flujo.

**L:** *Longitud*, es una longitud del canal.

**Re:** *Numero de Reynolds*, es el efecto de la mayor o menor viscosidad del fluido sobre las condiciones de escurrimiento se expresa por el parámetro adimensional número de Reynolds.

**V:** Velocidad media del flujo.

**L:** Longitud característica.

**$\mu$ :** Viscosidad cinemática que es igual a la relación que existe entre la viscosidad dinámica o absoluta ( $\mu$ ) y la densidad del fluido ( $\rho$ ).

***F:*** *Numero de Froude, es el* efecto de la mayor o menor influencia de las fuerzas gravitacionales sobre las condiciones del escurrimiento se expresa por el parámetro adimensional denominado número de Froude.

**V:** Velocidad media del flujo, en m/s.

**g:** Aceleración de la gravedad.

**L:** Longitud característica o tirante medio del agua, en m.

**A:** Área hidráulica, en m.

**T:** Espejo de agua o ancho superficial, en m.

**Y<sub>n</sub>:** Tirante normal, Es la profundidad que se obtiene al aplicar la ecuación de Manning en la solución de canales; de manera similar se obtiene la velocidad normal ( $v_n$ ).

**S<sub>n</sub>:** Pendiente normal, conocidos el caudal Q, la rugosidad n y la profundidad o tirante normal  $y_n$ , se obtiene la pendiente normal con base en la ecuación de Manning.

**D:** Profundidad hidráulica, es la relación entre el área hidráulica una sección y el ancho de la superficie libre del agua (espejo de agua en la sección).

**x,y=** son exponentes .

**K:** se conoce como conductividad de la sección del canal, debido a que es directamente proporcional a “Q”.

**C:** coeficiente C de Chézy,

**S:** pendiente de la línea de energía, que corresponde a la del fondo por estar en régimen uniforme y permanente.

**$\lambda$ :** Coeficiente de fricción.

**n:** rugosidad de manning.

**$\lambda$ , Re:** White; de cálculo muy laborioso, es la más universal y en la práctica se recurre a un ábaco, conocido como diagrama de Moody, Está construido en papel doblemente logarítmico, las variables que utiliza son en un diagrama ( $\log \lambda$ ,  $\log Re$ ).

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue conducido para la determinación de la eficiencia de conductividad del canal de concreto en el Riego Jarroñan Sector Pautiña Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque, Provincia de Espinar, Departamento de Cusco, en donde se modela en la rugosidad de concreto en canales trapezoidales, También para determinar la rugosidad mediante la variación de la velocidad media de flujo.

Donde el conocimiento se expande a partir de un problema encontrado, y un desarrollo basado en el método científico para buscarle soluciones y establecer guías para superarlos, nació la inquietud de conocer la velocidad real del flujo, teniendo conocimiento que la variación media de flujo posee un cambio en la etapa de diseño se establece valores mínimos para evitar; sedimentación, crecimiento de plantas, musgos y valores máximos para evitar la erosión del mismo, para delimitar el objeto de estudio, por cambio de rugosidad del canal principal.

El valor del coeficiente de rugosidad de un canal significa evaluar la resistencia al escurrimiento que posee el mismo. Diferentes investigadores han tratado de considerar el coeficiente de Manning para flujo uniforme.

Adaptando la fórmula de Manning, y con las propiedades hidráulicas obtenidas después de 61 aforos, se calculó los valores de la rugosidad obteniendo como estimación promedio  $n=0.01574$ , observándose que no está dentro del rango teórico para concreto revestido. Los resultados son confiables lográndose así determinar en forma experimental la rugosidad de Manning. Con estas respectivas evaluaciones se incrementa el respaldo teórico y empírico para el desarrollo de la velocidad medio un canal real, y además este servirá, para tener, propuestas adecuadas para memorias de cálculo hidráulico, criterios más aproximados a la realidad y en énfasis, un nivel de experiencia personal.

*Palabras clave:* Rugosidad del Concreto, Eficiencia de Conducción, Canal de Irrigación

## ABSTRACT

The present investigation was conducted for the determination of the efficiency of the conductivity of the concrete channel Jarronan in the Irrigation Sector Qquerocollana Pautina Community, District of Coporaque, Espinar Province, Department of Cusco, where is modeled on the roughness of concrete in the trapezoidal channels, also to determine the roughness by the variation of the average velocity of flow.

Where knowledge expands from a problem encountered, and a development based on the scientific method to find solutions and establish guidelines to overcome them, was born the concern of knowing the real speed of flow, knowing that the average variation of flow has a change in the design stage establishes minimum values to avoid; sedimentation, growth of plants, mosses and maximum values to avoid the erosion of the same, to delimit the object of study, by change of roughness of the main channel.

The value of the coefficient of roughness of a channel means to evaluate the resistance to runoff that has the same. Different researchers have tried to consider the Manning coefficient for uniform flow.

Adapting the Manning formula, and with the hydraulic properties obtained after 61 appraisal, the values of the roughness getting how to estimate average  $n=0.01574$ , noting that is not within the range for concrete coated. The results are reliable resulting experimentally determine the Manning roughness.

With these respective assessments increases the theoretical and empirical support for the development of Speed means a real channel, and in addition, this will serve, to have, appropriate proposals for hydraulic calculation, criteria more approximate to reality and in emphasis, a level of personal experience.

*Keywords:* Roughness of Concrete, Eficiencia de Conducción, Channel of Irrigation

## INTRODUCCION

Para el diseño de canales una de las variables que se debe considerar dependiendo la superficie del canal es la rugosidad, el cual varios autores han determinado experimentalmente y describiendo las características de estas superficies, como de terreno natural, roca, grava, arena, material granular con vegetación, sin vegetación; etc.

Con el trabajo experimental se ha determinado las características hidráulicas como la velocidad para luego aplicarlo la fórmula de Manning, para resolver el coeficiente de rugosidad se debe indicar que en causas naturales, este coeficiente es demasiado variable de viendo ser considerado por el proyectista según su experiencia y formación académica.

Del trabajo de investigación según el diplomado irlandés Robert Manning y otros investigadores en el año 1889.

Lo relacionaron por primera vez la ecuación mientras la lectura de un artículo en una conferencia del Institute of Civil Engineers de Irlanda. El enunciado fue promulgado más adelante en Transactions, del Instituto. La ecuación en inicio fue dada en una manera compleja y luego abreviada a  $V = C \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$ , donde “V” es la velocidad media, “C” el factor de resistencia al flujo, “R” el radio hidráulico y “S” la pendiente.

La ecuación de Manning es la solución del procesamiento de un ajuste de curvas, y por tanto es plenamente empírica en su naturaleza. Adecuado a su simplicidad de forma y a las soluciones propicias que arroja para uso prácticas, la fórmula Manning se ha conformado como la más usada de totalidad en las fórmulas de flujo uniforme para prevenciones de escurrimiento en un canal abierto.

La fórmula Manning fue recomendada para uso internacional por Lindquist en el Scandinavia Sectional Meeting del Worl Power Conference en 1933, en Stockolmo.

El presente, es un estudio de este índice de rugosidad en un canal con una vida útil de cinco años, en el proyecto de riego Jarroñan sector Pautiña comunidad Qquerocollana, distrito de Coporaque, Provincia de Espinar, Departamento de Cusco; bajo el cual se procederá al cálculo de este, y su consecuente eficiencia de conducción, y determinar la cantidad en que se ve afectada esta.

- En el Capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema, siendo el problema principal ¿Cómo variará la eficiencia de conducción de los canales del sistema de riego del “Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautiña Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar – Cusco” debido al cambio de rugosidad? para el

cual se propone como objetivo determinar la eficiencia de conducción de los canales del sistema de riego del “Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautiña Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar – Cusco” en función al cambio de rugosidad.

- En el Capítulo II, vemos los antecedentes de la investigación, las bases teóricas necesarias para la realización del estudio de investigación, y un marco conceptual.
- En el Capítulo III, se muestra la metodología y el desarrollo del proyecto de tesis, basados en la hipótesis de que la eficiencia de conducción de los canales del sistema de riego del “Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautiña Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar – Cusco” será baja debido al cambio de rugosidad pues este genera una pérdida de caudal.
- En el Capítulo IV, tenemos el análisis de los resultados el cual muestra la verificación de la hipótesis, de acuerdo a los datos encontrados en campo y los medios de cálculo correspondientes.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El conocimiento se expande a partir de un problema encontrado, y un desarrollo basado en el método científico para buscarle soluciones y establecer guías para superarlos, este caso no es la excepción, puesto que de las observaciones directas realizadas al canal del “Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautiña Comunidad Qquerocollana , Distrito de Coporaque – Espinar – Cusco”, nació la inquietud de conocer la velocidad real del flujo, teniendo conocimiento que, en la etapa de diseño se establece valores mínimos para evitar; sedimentación, crecimiento de plantas, musgos y valores máximos para evitar la erosión del mismo, para delimitar el objeto de estudio, por tanto el trabajo se desarrolló con el objetivo de; evaluar el cambio de la velocidad media del flujo, por cambio de rugosidad del canal principal.

Con estas evaluaciones se incrementa el respaldo teórico y empírico para el desarrollo de la velocidad media real en canales, y además este servirá, para tener, propuestas adecuadas para memorias de cálculo hidráulico, criterios más aproximados a la realidad y en énfasis, un nivel de experiencia personal, para continuar con investigaciones relacionadas al “Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautiña Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar – Cusco” a analizar.

#### 1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

De los canales abiertos existentes en el departamento de Cusco, en el presente trabajo de investigación se considera un canal no erosionable revestido con concreto, prismático de sección trapezoidal, teniendo en consideración que estas estructuras hidráulicas son diseñadas bajo los conceptos del flujo permanente.

Para el Ingeniero Civil dedicado al diseño de estructuras hidráulicas; en el caso particular de canales, se considera su experiencia profesional, y conocimientos teóricos de la literatura disponible en el marco netamente técnico en el predominio exitoso de proyectos hidráulicos.

Para el planteamiento se emplea considerablemente la ecuación de Manning y en ello se utiliza un factor de rugosidad, en este caso conocido como el coeficiente de Manning.

Convirtiéndose este punto en un proceso discutible de cuál, debería ser realmente el coeficiente que debe ser considerado, teniendo como consecuencia; velocidades de flujo variables que pueden generar sedimentación, crecimientos de musgos, incremento de la rugosidad por erosión por lo tanto alteraciones en el comportamiento hidráulico del canal de concreto y otros problemas.

Azevedo & Alvarez (2012), en su artículo de la revista, “*Laderas Andinas-Canales*”, señala que para el diseño de canales es importante analizar las condiciones de velocidad media de modo que no se presente sedimentación ni erosión en este caso las magnitudes de control se manifiestan en términos de velocidad máxima o tensión de corte máxima y velocidad mínima, también muestra valores de máxima velocidad permisibles del flujo para diferentes tipos de materiales rígidos, considerando que el flujo es libre de arena gruesa y guijarros, en un canal revestido con concreto se tiene una velocidad de flujo permisible para escurrimiento sin erosión de 4.5 m/s.

Chow (1994), señala en su texto “*Hidráulica de canales abiertos*”, que la velocidad mínima admisible para canales no erosionables es aquella que no permite la sedimentación, el desarrollo de plantas acuáticas, musgos con una velocidad media no mínimo a 0.762 m/s y con relación a la velocidad máxima no erosiva puede o no ser considerada siempre y cuando el agua no transporte partículas arenosas y debe recordarse que el agua con gran velocidad puede trasladar los bloques de concreto del canal, por ende el concreto debe ser diseñado para esas condiciones.

El Reglamento Nacional de Edificaciones ([RNE], 2016), en la Norma OS.060 de Drenaje Pluvial Urbano, en las consideraciones para el diseño hidráulico de colectores de agua de lluvia, sin especificar el tipo de conducción establece una velocidad mínima de 0.90 m/s para evitar la sedimentación de las partículas como las arenas y gravas que acarrea el agua de lluvia.

Además, la Autoridad Nacional del Agua ([ANA], 2010) en su manual “*Criterio de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*”, para el planteamiento de secciones hidráulicas utiliza la ecuación de Manning, y establece una velocidad mínima permisible de 0.80 m/s, aclarando que la velocidad mínima admisible es aquella velocidad que no permite sedimentación,

indica que este valor es demasiado variable y no puede ser definido con precisión, sin embargo debe ser considerado para impedir el crecimiento de plantas.

Considerando los argumentos mencionados arriba, y a pesar de tratar de cumplir con la teoría de velocidad mínima y máxima en la etapa de planteamiento de la estructura hidráulica, el canal objeto de estudio presenta; musgos, algas, plantas acuáticas, material sedimentado, motivando de este modo el incursiónamiento de una evaluación de la velocidad media de flujo.

Bajo esa perspectiva el problema se centró en determinar la rugosidad mediante la velocidad media de flujo en el canal abierto de derivación, de concreto prismático y de sección trapezoidal, que en el transcurrir del tiempo da una variación en la rugosidad de las paredes del canal y como consecuencia de ello la variación de la velocidad media de flujo, así el problema se definió mediante las siguientes interrogantes.

### **1.2.1. Problema General**

¿Determinar la eficiencia de conducción de los canales del sistema de riego del “Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautina Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar – Cusco” en función al cambio de rugosidad?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Se presentará variación en la velocidad media real de flujo con relación a la velocidad media teórica del flujo, en el canal del proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautina, Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque - Espinar - Cusco, revestido de concreto, al transcurrir el tiempo por efecto de cambio de la rugosidad en las paredes y el fondo del canal?
- ¿Se producirá una Variación de la velocidad media de flujo debido al cambio de rugosidad e las paredes y base del canal debido al tiempo de servicio?
- ¿Cómo influye la variación de la velocidad media del flujo producto de cambio de canal en los parámetros hidráulicos del canal e derivación objeto de estudio?

### **1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Determinar la eficiencia de conducción de los canales del sistema de riego del “Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautina Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar – Cusco” en función al cambio de rugosidad.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la variación de la velocidad media de flujo, por el cambio de rugosidad del canal principal y derivaciones del Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautina, Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque - Espinar – Cusco.

- Determinar la relación de velocidad media y el coeficiente de rugosidad “n” de Manning, a partir de observaciones directas en campo para el canal de concreto, con ello incrementar evidencia informativa para el diseño de canales de concreto.

- Determinar si existe variación significativa en la velocidad de flujo como una consecuencia del cambio de la rugosidad al transcurrir el tiempo, para verificar su efecto en el comportamiento hidráulico de canales de concreto.

### **1.4. FORMULACION DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. Hipótesis General**

La eficiencia de conducción de los canales del sistema de riego del “Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautina Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar – Cusco” será baja debido al cambio de rugosidad pues este genera una pérdida de caudal.

#### **1.4.2. Hipótesis Específicos**

- La variación de la rugosidad en las paredes del canal principal del Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautina Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque - Espinar - Cusco, en un tiempo de 5 años de servicio produce una variación en la velocidad media de flujo.

- La rugosidad de las paredes y la base del canal de concreto, al transcurrir el tiempo cambia e influye en la variación de la velocidad media, determinado con mediciones reales de velocidad media y comparada con una velocidad media teórica.

➤ El cambio de velocidad media por la variación de la rugosidad en el canal, es significativo produciendo un nivel del espejo de agua diferente al diseñado.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

Los ingenieros, al tratar de ajustar una fórmula simple para los cálculos de descarga, en el flujo de canales abiertos, han perfeccionado fórmulas para el caso en que la línea de energía es equidistante a la pendiente del fondo del canal.

Al saber la importancia del coeficiente de rugosidad “n”, en procedencia a los problemas desarrollados y la aplicación de la ecuación de Manning se quiere un respaldo empírico para los diseños de estructuras hidráulicas, al iniciar de la evaluación de flujo con instrumentación adecuada como la sonda ultrasónica Mainstream.

Con la evaluación de la velocidad media en las estaciones de aforo del canal seleccionado para esta investigación, se aporta al conocimiento de los componentes que influyen en su estimación, determinación a nivel de diseño hidráulico y manejar un criterio basado en observaciones, para el diseño de canales recubiertos con concreto, en este tema han incursionado investigaciones diversas, entre las que tenemos algunas metodologías para lograr una evaluación efectiva de la velocidad valiéndose de las fórmulas propuestas por Manning, Chezy, Reynolds y otros. En nuestro departamento hace poco se ha implementado en las instituciones del estado como PLAN MERISS, AGRORURAL, ANA, ALA, con instrumentación adecuada para el monitoreo de este parámetro, con el objetivo de conocer el caudal, que resulta de multiplicar la velocidad media y el área de la sección mojada del canal.

Al verificar las fórmulas utilizadas en el estudio de flujo permanente, se tiene la evaluación de la velocidad, en función a parámetros geométricos como: perímetro mojado, área de la sección del canal, la pendiente, el nivel de agua transportado, talud del canal, tipo de material construido, y otros. También se tiene parámetros dinámicos como: el coeficiente de rugosidad del canal, el tipo de fluido, caudal transportado, energía entre otros. Por lo que con esta evaluación de velocidad media, se conocen los parámetros más significativos para un ajuste de caudales reales en un canal que ya tiene años de servicio.

Considerando el factor de rugosidad “n” como el factor que difícilmente se puede determinar, a simple vista, solo tiene la alternativa de utilizar tablas publicadas en textos de diseño de canales, y con la amplia experiencia de los profesionales dedicados al diseño de estas estructuras, se selecciona valores próximos. Además considerando que a pesar de la semejanza física de dos estructuras hidráulicas estos son totalmente diferentes por las condiciones locales de cada estructura hidráulica, esa es una razón importante para realizar esta evaluación de velocidad media de flujo para luego comparar y contrastar con la teoría existente en este campo de la ingeniería.

Bajo esta perspectiva se justificó, la evaluación de la velocidad en canales de concreto, por medio de los parámetros que implica, lo que permitió conocer para el canal los valores que se tiene en función al material utilizado (concreto), y con esa base se tiene apoyo del valor referencial del coeficiente de Manning y la velocidad media de diseño para canales abiertos.

#### **1.5.1. Justificación Teórica**

El estudio se justifica porque dará a conocer la rugosidad del concreto después de un periodo de vida, en virtud a las investigaciones que anteceden, la misma que será una contribución para la gestión universitaria, así proporcionar información sobre la rugosidad del concreto en canales abiertos.

#### **1.5.2. Justificación Práctica**

Es importante en la ingeniería civil contar con información clara y eficiente sobre la rugosidad del canal y diseño, y que los profesionales encargados del diseño del canal consideren la rugosidad en los canales para poder tener precaución al pasar el tiempo en dichos canales de riego.

#### **1.5.3. Justificación Metodológica**

El resultado será fuente para investigaciones posteriores en nuestro medio y que contribuya en la gestión eficiente y eficaz en el proyecto de Construcción de Sistema de Riego Jarroñan Sector Pautiña Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar – Cusco.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. ANTECEDENTES.

Después del aire que respiramos, el agua es el elemento más esencial para el hombre. Sin el agua, la vida animal o vegetal sería imposible. También es un medio eficiente de transferencia de calor y energía y es el solvente más universal que se conoce. Desde hace por lo menos 5000 años el hombre ha inventado y construido obras para el aprovechamiento del agua; entre las más antiguas están los **CANALES**, usados para llevar el agua de un lugar a otro (Máximo Villón Béjar, 2008).

Es frecuente en el caso de canales tanto naturales como artificiales, existan diferentes valores de coeficiente de rugosidad a lo largo del perímetro de la sección transversal. El cálculo del flujo uniforme por la ecuación de Manning usa diferentes métodos para estimar el valor del coeficiente de rugosidad “n” (Eduardo Martínez Marín, 2001).

Ven Te Chow (1994), expone: los métodos para determinar el coeficiente de rugosidad de Manning, con base en la distribución teórica de velocidades en canales rugosos se han desarrollado dos aproximaciones para determinar el “n” de Manning:

Primer Método de las mediciones de velocidad; con referencia a la Ley logarítmica de velocidad expresada en la ecuación:  $v = 5.75v_f \log \frac{30y}{k}$  para superficies rugosas, se puede considerar que la distribución de velocidades depende de la elevación de rugosidad la cual se puede relacionar con la ecuación de Manning, con lo que concluye que la rugosidad en términos de Manning, se puede tomar como un factor dominante que afecta la distribución de velocidades.

Segundo Método de la medición de la rugosidad; en este método considera que el valor de “n” de Manning puede ser calculado a partir de la altura de la rugosidad, este método puede extenderse a corrientes que contienen lechos con sedimento en movimiento.

(Gonzales M. 2007) “*Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning en Tuberías de drenaje (Hormigón)*” enfoca trabajo a partir del control de variables como altura de agua caudal y pendiente los ensayos se realizaron a 1/5, 2/5, 3/5 y 4/5 del diámetro interior, los valores de Manning se situaron en el rango de 0.007 y 0.013 los valores de

coeficientes más altos se alcanzaron con las pendientes más elevadas. Se desarrollaron dos modelos de ajuste utilizando el sistema de los mínimos cuadrados, los que estiman el coeficiente de rugosidad de Manning en función al caudal y pendiente, arribando a los siguientes resultados:

- Los valores más altos de coeficiente de Manning se obtuvieron para las pendientes 0,3 y 0,5%, dentro de un rango de 0,010-0,013; encontrándose en los extremos a 1/5 y 4/5 de altura de agua para la pendiente 0,5%; a diferencia de las otras pendientes, donde el coeficiente de Manning fue decreciendo. Los valores más bajos se dieron para las pendientes 0,1 y 0,2%, teniendo como valor mínimos de “n” 0,007.

- Los modelos estimados son polinomios de segundo y tercer grado, en función de dos variables (pendiente, altura de agua o caudal).

- El valor promedio obtenido para la pendiente 0,5% es de 0,013; valor encontrado con mayor reiteración en Bibliografía; en estudios más actuales, el rango de valores varia de 0,007-0,013 que es lo obtenido en los ensayos realizados para las diferentes pendientes; cabe señalar que hoy en día el factor de coeficiente de Manning no solo se atribuye a la rugosidad de las paredes del tubo de hormigón, si no a la calidad del agua a trasladar.

(Ruberto , Carreras, & Depettris, 2003), en su investigación; “Estudio exploratorio de la sensibilidad del coeficiente de rugosidad en un rio de llanura” realiza el análisis y la determinación del coeficiente “n” de Manning para flujo encausado, teniendo como objetivo la determinación de la sensibilidad respecto de la inclinación hidráulica en la obtención del coeficiente de rugosidad en un rio típico de llanura y arriba a las siguientes conclusiones:

- Se ha analizado la variación de la sensibilidad del coeficiente de rugosidad “n” de Manning para flujo encausado, en régimen permanente, en el cauce del río Salado. El valor del n de Manning ha sido calculado por el método indirecto, teniendo como dato cierto a los caudales, lo que nos indica que el cálculo del “n” de Manning (hace referencia al coeficiente de rugosidad como factor de seguridad para el cálculo de velocidad en la formula atribuida a Manning.) es un coeficiente de acoplar en el cálculo del caudal. Como no existen evaluaciones, en la cuenca del Salado, de inclinación del pelo de agua en ningún tramo es que se propuso este estudio que revela la sensibilidad del coeficiente a la variación de la pendiente dentro del cauce.

- Se aconseja medir la velocidad en un número de verticales suficientes, tanto en cauce como en la planicie de desborde y discriminando en el cambio de velocidades en el tirante, aplicando el uso de los cinco puntos e intentando el trazado de curvas isotáqueas que muestren la distribución de la velocidad en la sección. Con dicha adjudicación y desagregación será posible separar el flujo encauzado del no encauzado, pudiendo evaluar los valores de  $n$  correspondientes a cada uno para poder establecer y ajustar el parámetro de rugosidad.

Weber, Menéndez, & Elaskar, (2002), en su estudio “La modelación numérica de la distribución del flujo a superficie libre en secciones compuestas” realizado en el Departamento de Hidráulica – Facultad Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, Santa Fe – Paraná, resume su trabajo en lo siguiente:

Se obtiene resultado de modelos numéricos difundidos en el medio ingenieril para problemas de flujo a superficie libre en canales de sección compuesta y se compara con una solución analítica conocida y con datos experimentales disponibles. La comparación se centraliza en la variación lateral de la magnitud de la velocidad media sobre la vertical. Se han utilizado dos modelos hidrodinámicos: uno unidimensional HEC-RAS (Modelo del USACE, RAS: River Analysis System, HEC: Hydrologic Engineering Center) y otro bidimensional RMA2 (Modelo bidimensional, RMA-2 (Cuerpo de Ingenieros U.S.)). En el primero es posible estimar una distribución lateral de velocidades a través de un algoritmo especial. En general, se observa que para profundidades relativas bajas en la planicie de inundación, el modelo 1D representa mejor la distribución de flujo, en tanto que para valores altos de esa profundidad el modelo 2D da mejores resultados. Se destaca la buena performance de la solución analítica, lo que sugiere tratar de extender su aplicación a secciones más complejas que la analizada.

De acuerdo con el procedimiento de aforo (Se entiende por aforo al conjunto de operaciones para medir el caudal en un curso de agua para un nivel observado. En esta investigación el objetivo es medir la velocidad de flujo) de corrientes el U.S. Geological Survey la sección transversal del canal se fracciona en franjas verticales se determina midiendo la velocidad a 0.2 y 0.8 del fondo, cuando se requieren resultados más confiables, el promedio de las dos velocidades medias en cualesquiera dos verticales adyacentes multiplicado por el área entre las verticales da el caudal a través de esa franja vertical de la sección.

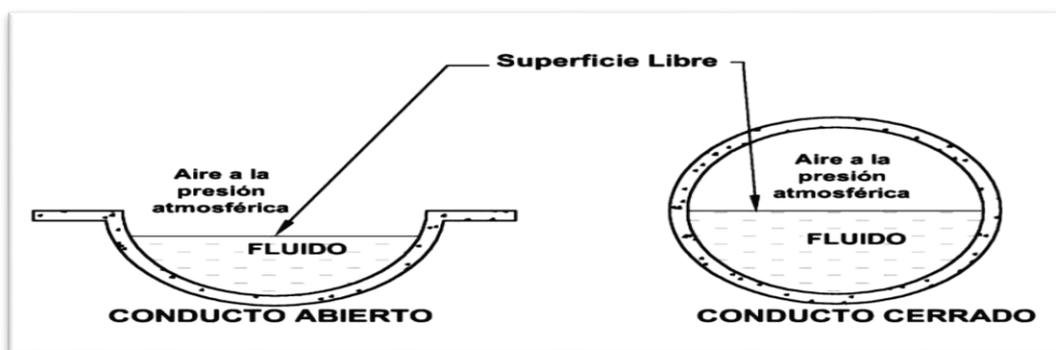
La Autoridad Local del Agua (ALA), sede Cusco realiza el monitoreo del agua mediante campañas de medición de flujo en ríos, canales de riego utilizando medidores de flujo de área-velocidad “Correntómetro” para canales abiertos, teniendo como ventaja que este instrumento de medición no toma en cuenta las señales falsas, más de sus ventajas y propiedades se describen en su oportunidad, por lo que en esta tesis se utiliza para la evaluación de la velocidad media bajo la metodología de dicha institución.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. Canales

Los canales son conductos abiertos o cerrados en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera; esto quiere decir que el agua fluye impulsada por la presión atmosférica y de su propio peso. (Rodríguez Ruiz , 2008).

(Máximo Villón, 2007), Los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.



**Figura 1. Flujo en conductos**

*Fuente: Hidráulica de tuberías y canales (Arturo Rocha Felices)*

#### 2.2.1.1. Clasificación de canales abiertos

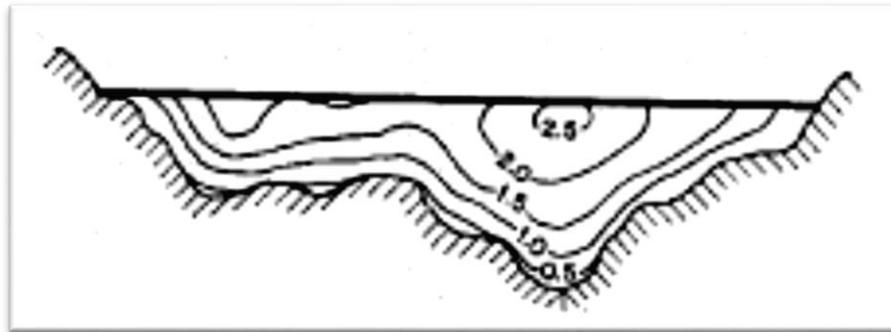
Se tiene la siguiente clasificación de canales abiertos:

##### a) Canales naturales

Son las conducciones hidráulicas que existen para el drenaje natural sobre la tierra, como arroyos, ríos, estuarios, etc. (Gilberto Sotelo ,2002).

Incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, ríos pequeños y grandes, arroyos, lagos y lagunas. Las corrientes subterráneas que transportan agua con una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales. La sección transversal de un canal natural es generalmente de forma muy irregular y variable durante su recorrido lo mismo que su alineación y las características y aspereza de los lechos (Rodríguez Ruiz , 2008).

Las características hidráulicas de un canal natural por lo habitual son muy irregulares. En determinados casos pueden hacer deducciones empíricas razonablemente congruentes con las indagaciones y experiencias reales, de tal modo que las condiciones de flujo en estos canales se vuelvan manipulable mediante el tratamiento analítico de la hidráulica teórica.



**Figura 2. Sección Transversal irregular**

*Fuente: Hidráulica de canales abierto (Ven Te Chow)*

### **b) Canales artificiales.**

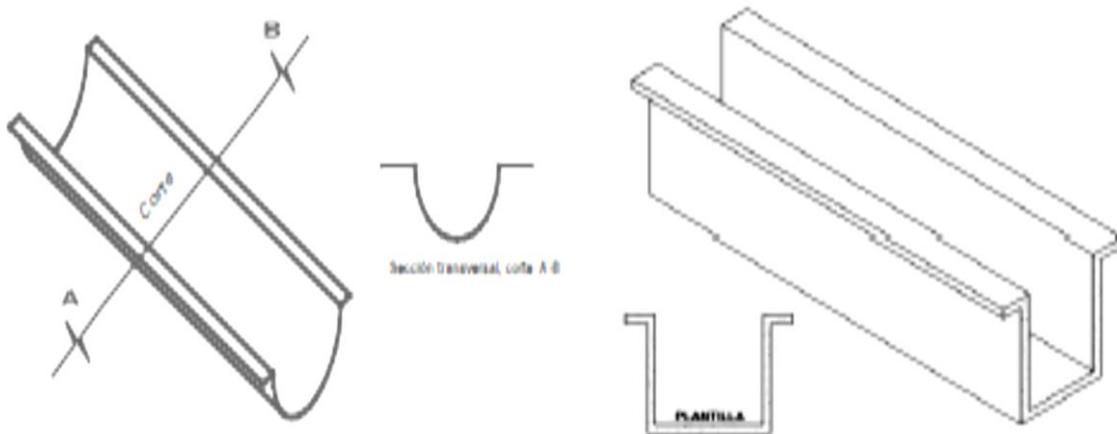
Los artificiales son los construidos por el hombre para fines de riego, drenaje, generación de energía, navegación, etc. (Gilberto Sotelo ,2002).

Los canales artificiales son todos aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo de la mano del hombre, tales como: canales de riego, de navegación, control de inundaciones, canales de centrales Hidroeléctricas, alcantarillado pluvial, sanitario, canales de desborde, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras, cunetas de drenaje agrícola y canales de modelos construidos en el laboratorio (Rodríguez Ruiz , 2008).

Los canales artificiales usualmente se diseñan con forma geométricas regulares (prismáticos), un canal construido con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático. El término sección de canal se refiere a

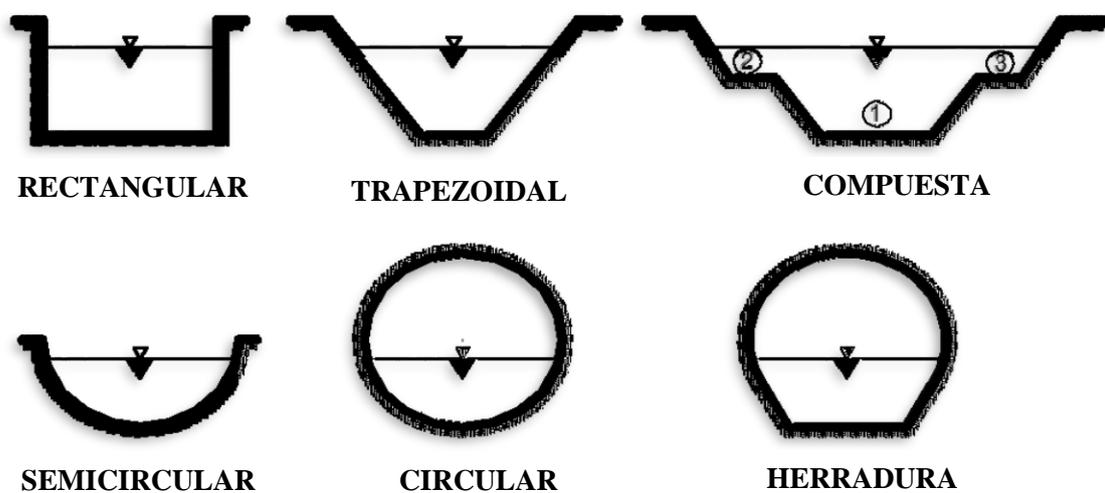
la sección transversal tomado en forma perpendicular a la dirección del flujo. Las secciones transversales más comunes son las siguientes: Trapezoidal, rectangular, Triangular, parabólica (Rodríguez Ruiz , 2008).

Las características hidráulicas de estos canales pueden ser contrastar hasta un nivel deseado o diseñadas para satisfacer unos requisitos determinados. El uso de las teorías hidráulicas a canales artificiales provocará, por tanto, consecuencias básate similares a las propiedades reales y, por consiguiente, son razonablemente correctos para propósitos apropiados de diseño.



**Figura 3. Sección transversal de un canal prismático**

Fuente: Hidráulica II (Rodríguez Ruiz)



**Figura 4. Secciones artificiales transversales tipo**

Fuente: Hidráulica II (Rodríguez Ruiz)

Para el presente estudio se considera el canal artificial de sección trapezoidal no erosionable, entendiéndose por no erosionable, a los canales por los que fluye agua a grandes velocidades sin sufrir erosión significativa.

### **2.2.1.2. Canales de riego por su jerarquía**

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

a) **Canal de primer orden:** Llamado también canal primordial o de desviación y se le traza siempre con pendiente mínima, normalmente es usado por un solo lado ya que por el otro lado da con terrenos altos (cerros) (Rodríguez Ruiz , 2008).

b) **Canal auxiliar:** Llamado también laterales, son aquellos que salen del canal principal y el gasto que ingresa a ellos, se repartido hacia los sub - laterales, el área de riego que sirve un lateral se conoce como unidad de riego (Rodríguez Ruiz , 2008).

c) **Canal mediador:** Llamado también sub – laterales y nacen de los canales laterales, el gasto que ingresa a ellos es repartido hacia las parcelas individuales a través de las tomas granjas (Rodríguez Ruiz, 2008).

### **2.2.1.3. Componentes geométricos de un canal de sección trapezoidal**

En este apartado es indispensable señalar algunas definiciones:

Sección transversal de un canal, se describe a la sección transversal de un canal tomado en modo perpendicular a la dirección del flujo.

Los componentes geométricos son denominaciones de una sección de canal que pueden ser definidos por entero por la geometría de la sección y por la profundidad de flujo. Estos componentes son muy importantes y se utilizan con extensión en el cálculo de flujo. Para el caso de secciones regulares, los componentes geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y las demás dimensiones de la sección.

A continuación se determinan las relaciones geométricas correspondientes al área hidráulica (A), perímetro mojado (P), espejo de agua (T) y el radio hidráulico (R), de las secciones transversales más frecuentes (Máximo Villón, 2007).

A continuación se dan las definiciones de los componentes geométricos de significación para delimitar la presente investigación:

a) **Tirante de agua,  $y$** , es la longitud y perpendicular a la plantilla, es la medida al punto más bajo de una sección hasta la superficie libre del agua. A insignificante este término se cambia con la profundidad de flujo de la sección. En efecto, la profundidad de flujo de la sección es la profundidad de flujo perpendicular a la dirección de éste o la altura de la sección del canal que contiene el agua. Para un canal con un ángulo de pendiente longitudinal, puede verse que la profundidad de flujo es igual a la profundidad de sección de flujo dividida por el coseno del ángulo de pendiente longitudinal. En el caso de canales empinados los dos términos deben ser utilizados de manera discriminada (Máximo villón, 2007).

b) **Espejo de agua,  $T$** , es lo extenso de la sección del canal, evaluado al nivel de la superficie libre.

c) **Área hidráulica,  $A$** , es el área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección de flujo.

d) **Perímetro mojado ó húmedo,  $P$** , es la longitud de línea de contacto el agua y los muros del canal húmedo y de un plano oblicuo perpendicular a la trayectoria del flujo.

e) **Radio hidráulico,  $R$** , Es la correlación del área hidráulica y el perímetro mojado.

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.1)$$

f) **La profundidad hidráulica,  $D$** , es la correlación entre el área hidráulica y lo extenso en la superficie libre.

$$D = \frac{A}{T} \dots\dots\dots(2.2)$$

g) **El componente de la sección para el cálculo de flujo uniforme  $AR^{2/3}$** , es el resultado del área mojada y el radio hidráulico elevado a la potencia 2/3.

h) **Libre bordo,  $LB$** , es la longitud que hay desde la superficie libre del agua hasta la corona del bordo.

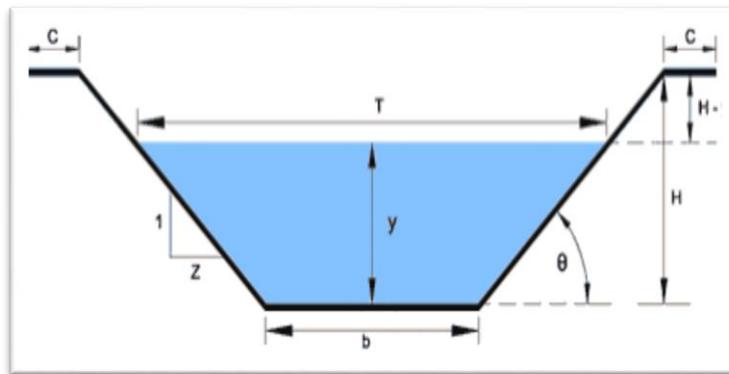
- **$b$ , extenso** en la base del canal.

- $Z$ , proyección horizontal del talud del canal.

i) **Talud,  $Z$** , designa la inclinación de las paredes de la sección y corresponde a la distancia “ $z$ ” recorrida horizontalmente desde un punto sobre la pared, ascender la unidad de longitud a otro punto sobre la misma.

$$m = \frac{Z}{1} = Z \dots\dots\dots (2.3)$$

En la siguiente figura 5 se puede apreciar los componentes geométricos de un canal prismático, de sección transversal trapezoidal.



**Figura 5. Sección transversal de un canal trapezoidal**

Fuente: Hidráulica II (Rodríguez Ruiz)

**2.2.1.4. Cálculo de las correlaciones geométricas para una sección trapezoidal.**

Considerando la anterior imagen (figura 5), se describe a continuación:

**a) Área:**

Representa el área geométrica del trapecio, igual a la semisuma del ancho superficial (T) y el ancho en la base del canal multiplicado por la profundidad de flujo (y).

$$A = f(b, Z, y) = (b + zy)y \dots\dots\dots (2.4)$$

**b) Perímetro mojado:**

$$P = b + 2\sqrt{((Zy)^2 + (y)^2)} = b + 2y\sqrt{1 + Z^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

**c) Radio hidráulico:**

Relacionando el área con el perímetro mojado y simplificando se obtiene:

$$R = \frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}} \dots\dots\dots (2.6)$$

**d) Ancho superficial:**

$$T = b + 2zy \dots\dots\dots (2.7)$$

**e) Profundidad hidráulica:**

$$D = \frac{(b+zy)y}{b+2zy} \dots\dots\dots (2.8)$$

### 2.2.2. Fluido

Un fluido es una sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante, sin importar que tan pequeño sea ese esfuerzo cortante. Un esfuerzo cortante es la componente de fuerza tangente a una superficie y esta fuerza dividida por el área de la superficie es el cortante promedio sobre dicha superficie. El esfuerzo cortante en un punto es el valor límite de la fuerza por unidad de área a medida que el área se reduce a un punto (Streeter , Wylie , & Bedford, 2000).

### 2.2.3. Enfoque de análisis de flujo

El flujo en canal abierto debe poseer una superficie libre, en acierto que el flujo en tubería no la posee, necesario que en este suceso el agua debe ocupar completamente el conducto.

Para expresar las leyes de la mecánica de una forma útil para la mecánica de fluido y transporte se requiere un punto de vista diferente al utilizado para deducir las leyes de la mecánica de sólidos, En mecánica de sólidos se utiliza el enfoque Lagrangiano (Lagrange, 1736-1813) en donde las ecuaciones básicas se deducen para una masa de fluido dada. Esta aproximación es análoga al “sistema cerrado” utilizado en termodinámica. La energía y el momentum pueden transferirse hacia el sistema y desde este, y se pueden utilizar ya sea sistemas de coordenadas fijas o móviles para deducir las ecuaciones.

Es particularmente difícil si no imposible utilizar un sistema de masa fija para deducir las ecuaciones de dinámica de fluidos.

Por consiguiente el enfoque Euleriano (Euler, 1707 - 1783) se adopta para la mayoría de los análisis. Considera un volumen de control fijo o un punto fijo en el espacio y las ecuaciones se deducen para expresar cambios en masa, momentum y energía a medida que

el fluido pasa a través o cerca del volumen o punto fijo. La frontera de una magnitud de control es la superficie de comprobación. El tamaño y la forma del volumen de control son completamente arbitrarios pero frecuentemente se hacen coincidir con las fronteras sólidas; en otros casos, se dibujan perpendiculares a la trayectoria del flujo para simplificar problemas.

Este enfoque Euleriano conduce a una descripción del sistema abierto. Tal como se sugirió anteriormente con los métodos Lagrangianos Eulerianos, existen dos posibles niveles de abstracción matemática, el nivel macroscópico y el nivel de campo. En el nivel macroscópico las leyes son deducidas para sistemas o volúmenes de control con masa finita y se calculan una serie de integrales o valores promedio de las variables (Streeter et al., 2000).

#### 2.2.4. Flujo

El flujo en canal abierto debe tener una superficie libre, en tanto que el flujo en tubería no la tiene, debido a que en este caso el agua debe llenar completamente el conducto. Una superficie libre está sometida a la presión atmosférica. Rodríguez Ruiz (2008), El flujo en tubería, al estar confinado en un conducto cerrado, no está sometido a la presión atmosférica de manera directa sino sólo a la presión hidráulica. El flujo de un fluido en un canal se caracteriza por la exposición de una superficie libre a la presión atmosférica. El agua que fluye en un canal se ve afectada por todas las fuerzas que intervienen en el flujo dentro de un tubo, con la adición de las fuerzas de gravedad y de tensión superficial que son la consecuencia directa de la superficie libre (Rocha Diaz, 2009).

Es útil explicar algunos conceptos geométricos que permitirán la visualización del campo de flujo. Los conceptos de línea de corriente, línea de trayectoria y línea de filamento se utilizan para representar visual y analíticamente los patrones de flujo.

En el enfoque Euleriano la velocidad del fluido queda definido con el vector de velocidad  $\mathbf{v}$ , donde:

$$V(x, y, z, t) = ui + vj + wk \dots\dots\dots (2.9)$$

Dónde:  $\mathbf{u}$ ,  $\mathbf{v}$ ,  $\mathbf{w}$  son las velocidades en las direcciones x, y, z respectivamente, y cada una de ellas puede variar en el tiempo o el espacio.

Una línea de corriente es una línea continua que se dibuja en el fluido, de tal modo que tenga la dirección del vector de velocidad en cada punto. No puede existir flujo a través de una línea de corriente. Debido a que una partícula se mueve en la dirección de la línea de corriente, en cualquier instante su desplazamiento  $\delta_S$ , con componentes  $\delta_x, \delta_y, \delta_z$  tiene la dirección del vector velocidad  $\mathbf{v}$  con componentes  $u, v, w$  en las direcciones  $x, y, z$ , entonces:

$$\frac{\delta_x}{u} = \frac{\delta_y}{v} = \frac{\delta_z}{w} \dots\dots\dots (2.10)$$

Establece que las componentes correspondientes son proporcionales y, por consiguiente, que  $\delta_S$  y  $\mathbf{v}$  tienen la misma dirección. Al expresar los desplazamientos en forma diferencial

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w} \dots\dots\dots (2.11)$$

Todas las materias (se supone que la materia posee continuidad macroscópica, y que las fuerzas no son suficientemente grandes para producir ruptura experimentan una deformación bajo la acción de las fuerzas: Elasticidad, cuando una fuerza dada produce una deformación determinada, que desaparece si la fuerza deja de actuar; plasticidad, si al desaparecer la fuerza subsiste una deformación permanente; flujo, en el caso que la deformación aumenta continuamente bajo la acción de las fuerzas, por pequeñas que estas sean (el fluido es una materia que fluye).

La palabra flujo de fluidos se usa para designar el estado continuo de movimiento. El flujo de un vector  $\mathbf{v}$  a través de la superficie  $S$  de normal  $\mathbf{n}$  de un sentido asignado es:

$$\Delta = \iint_S \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} \cdot dS \dots\dots\dots (2.12)$$

En caso que la velocidad de flujo sea en m/s, flujo representa la cantidad en m<sup>3</sup>/s de fluido que atraviesa la superficie en el sentido asignado, tal cantidad será llamado caudal (Shames, 1995).

**2.2.5. Clasificación de flujo en canales abiertos**

El flujo en canales descubiertos puede clasificar en demasiados tipos y describirse de varios modo, tomando como referencia los parámetros de tiempo y espacio; con el tiempo como relación el flujo puede ser permanente y variado (no permanente); y con el espacio, el flujo puede ser uniforme y variado (no uniforme).

La clasificación del flujo en canales abiertos se resume de la siguiente manera:

A. Flujo permanente

1. Flujo uniforme

2. Flujo variado

a. Flujo gradualmente variado

b. Flujo rápidamente variado

B. Flujo no permanente

1. Flujo uniforme no permanente (raro)

2. Flujo variado no permanente

a. Flujo gradualmente variado no permanente

b. Flujo rápidamente variado no permanente

A continuación se representa una descripción analítica,

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0 \quad \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad \frac{\partial Q}{\partial t} = 0 \dots\dots\dots(2.13)$$

Flujo permanente; velocidad (v), tirante (y) y caudal (Q) constantes.

$$\frac{\partial v}{\partial t} \neq 0 \quad \frac{\partial y}{\partial t} \neq 0 \quad \frac{\partial Q}{\partial t} \neq 0 \dots\dots\dots(2.14)$$

Flujo variado (no permanente); velocidad (v), tirante (y) y caudal (Q) variable en el tiempo.

$$\frac{\partial v}{\partial L} = 0 \quad \frac{\partial y}{\partial L} = 0 \quad \frac{\partial Q}{\partial L} = 0 \dots\dots\dots(2.15)$$

Flujo uniforme; velocidad (v), tirante (y) y caudal (Q) constantes.

$$\frac{\partial v}{\partial L} \neq 0 \quad \frac{\partial y}{\partial L} \neq 0 \quad \frac{\partial Q}{\partial L} \neq 0 \dots\dots\dots(2.16)$$

Flujo variado; velocidad (v), tirante (y) y caudal (Q) variable en el espacio.

Dónde: L es la longitud del canal.

(Chanson, 2002), Para el estudio de la hidráulica de canales abiertos se consideran tramos de canal largos y de sección constante por lo que se analiza únicamente el flujo uniforme considerando además que es permanente.

### 2.2.6. Estado de flujo.

El estado o comportamiento del flujo en canales abiertos está gobernado básicamente por los efectos de viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales del flujo bajo ciertas circunstancias, pero no juega un papel significativo en la mayor parte de los problemas de canales abiertos que se presentan en ingeniería (Chow, 1994).

La tensión superficial del agua puede afectar el comportamiento del flujo bajo ciertas circunstancias, pero no juega un papel significativo en la mayor parte de los problemas de canal abierto que se presentan en ingeniería (Chow, 1994).

El flujo puede ser laminar, turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación con la inercia (Villon, 2007),

#### 2.2.6.1. Efecto de la viscosidad

El efecto de la mayor o menor viscosidad del fluido sobre las restricciones de escurrimiento se expresa por el parámetro adimensional número de Reynolds.

El número de Reynolds (Re) tiene por expresión (Rocha Felices, 1978).

$$Re = \frac{VL}{\mu} = \frac{VR}{\mu} \dots\dots\dots (2.17)$$

Siendo:

- V: Velocidad media del flujo
- L: Longitud característica
- $\mu$ : Viscosidad cinemática que es igual a la relación que existe entre la viscosidad dinámica o absoluta ( $\mu$ ) y la densidad del fluido ( $\rho$ )

Y los valores límites son:

Flujo laminar Re < 500

Flujo turbulento Re < 1000

Flujo de transición

$$500 < Re < 1000$$

En los canales se considera el radio hidráulico como longitud característica y la definición del número de Reynolds.

La elección de la longitud característica es pues un asunto convencional. En el momento que se menciona el número de Reynolds debe señalarse la apariencia en la que queda definido la longitud característica.

El número de Reynolds representa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas. Se dice que el flujo es laminar cuando las fuerzas viscosas son más fuertes que las de inercia. Caso contrario el flujo se denomina turbulento (Rocha Felices, 1978).

El número de Reynolds que separa los escurrimientos laminares de los turbulentos se llama crítico y para un canal esta alrededor de 600, que corresponde aproximadamente a la cuarta parte del señalado para tuberías (Chow, 1994). La explicación está en la longitud característica, que para tuberías es el diámetro y para canales es el radio hidráulico igual al diámetro entre cuatro.

Entonces se tiene que: Flujo turbulento para  $Re > 600$  (Rocha Felices, 1978).

Ven Te Chow, (1994), El flujo laminar se presenta con más frecuencia en los fluidos muy viscosos (aceite, petróleo). En el agua (que tiene diminuta viscosidad) es poco frecuente, salvo en el flujo a manera de medios porosos, en tal razón el movimiento turbulento es el más frecuente en las incógnitas de ingeniería.

#### 2.2.6.2. Efecto de la gravedad.

El efecto de la mayor o menor dominio de las fuerzas gravitacionales sobre las restricciones del escurrimiento se expresa por el parámetro adimensional designado con número de Froude.

El número de Froude (F) tiene la característica:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gL}} = \frac{V}{\sqrt{g_T^A}} \dots\dots\dots (2.18)$$

Siendo:

- F: Numero de froude.

- V: Velocidad media del flujo, en m/s.
- g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s<sup>2</sup> o 32.4 pes/s<sup>2</sup>.
- L: Longitud característica o tirante medio del agua, en m.
- A: Área hidráulica, en m.
- T: Espejo de agua o ancho superficial, en m.

El número de Froude se emplea en canales y generalmente se estima como longitud característica el tirante hidráulico D por lo tanto, la ecuación finalmente queda como:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gD}} \dots\dots\dots (2.19)$$

Imperecederamente que el escurrimiento se produzca con escurrimiento libre, es decir que alguna circunscripción de la corriente no está delimitada por el contorno, poseer influencia de la gravedad sobre todo el escurrimiento.

El número de Froude representa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas gravitacionales. Los valores altos del número de Froude corresponden a pequeñas influencias de la gravedad (Rocha Felices, 1978).

**2.2.7. Flujo uniforme**

El flujo es uniforme, si los parámetros hidráulicos (tirante, velocidad, área, etc.) no cambian con respecto al espacio, es decir, que las características: profundidad, área transversal, velocidad y caudal en cada sección del canal son constantes, por lo cual la pendiente de la línea de energía, la pendiente de la superficie libre de agua y la pendiente del fondo del canal son numéricamente iguales y por lo tanto son paralelas (Chow, 1994).

El flujo uniforme en canales se muestra cuando las fuerzas de fricción generadas entre el fluido y la superficie sólida del canal se equilibran con la constituyente del peso del agua en la dirección de flujo, manteniendo la velocidad constante. Las fuerzas de fricción ocasionan una resistencia al flujo (fuerzas de resistencia), las cuales son contrarrestadas por las fuerzas que la gravedad ejerce sobre el peso del cuerpo (fuerzas gravitacionales), en el flujo uniforme debe existir un equilibrio entre las fuerzas de resistencia (fricción) y las fuerzas gravitacionales (peso del cuerpo).

El flujo uniforme se muestra cuando todas las secciones del canal tienen cabalmente las mismas características hidráulicas. Para que este tipo de flujo se presente es indispensable que la sección transversal sea continua, que su trazo sea recto y de una longitud suficiente para dominar la zona transitoria. En este porte de flujo, el gradiente de energía, la superficie libre del agua y la pendiente del fondo del canal muestran líneas paralelas.

Características del flujo uniforme:

a) La profundidad de la lámina de agua es continua a lo largo del canal y las líneas correspondientes al fondo del canal, superficie libre del agua y línea de energía son paralelas y sus pendientes iguales ( $s_o = s_w = s_f = s$ )

b) Las pérdidas de capacidad por fricción para un tramo dado son equivalentes al decremento en la cota del fondo del canal.

$$hf = \text{cota inicial} - \text{cota final}$$

$$\text{Entonces: } s_f = \frac{hf}{L} = \frac{\text{cota inicial} - \text{cota final}}{L} \dots\dots\dots (2.20)$$

Donde L es la longitud, cuando se utiliza el factor de la pendiente del fondo del canal ( $S_o$ ) en modo fraccional, se está considerando el desnivel existente en 100 metros de longitud del tramo.

c) El gradiente de energía o pendiente de fricción ( $S_f$ ) es equivalente al gradiente piezométrico y a la pendiente del fondo del canal.

d) Para pendientes pequeñas del fondo del canal  $S_o < 10\%$  o si el ángulo de pendiente del fondo de un nivel de referencia respecto a la horizontal ( $\theta$ ) es mayor que  $10^\circ$ , se estima que la altura piezométrica (d) es igual a la profundidad del agua media verticalmente (tirante, y).

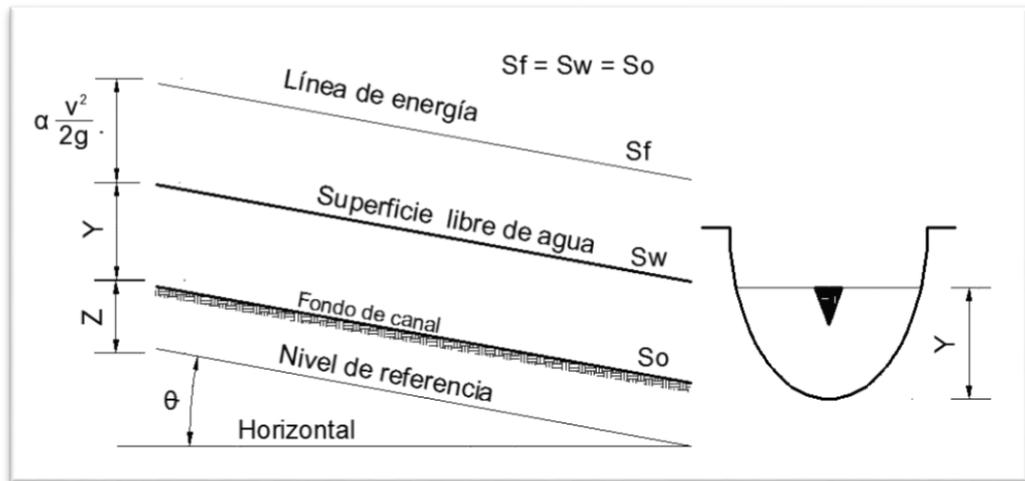
Si  $s_o > 10\%$  o  $\theta > 10^\circ$  la carga de presión de la ecuación de Bernoulli es:

$$\frac{p}{\gamma} = d * \cos \theta \dots\dots\dots (2.21)$$

Donde “d” es el tirante medido en dirección perpendicular a la plantilla del canal o bien, siendo  $d = y \cos \theta$  :

$$\frac{p}{\gamma} = y \cdot \cos^2 \theta \dots\dots\dots (2.22)$$

Donde “y” es la profundidad del agua medida verticalmente (tirante).



**Figura 6. Características del flujo uniforme**

Fuente: Hidráulica II (Rodríguez Ruiz)

En el flujo uniforme es factible identificar algunas características hidráulicas como son: el tirante normal ( $y_n$ ), la velocidad normal ( $v_n$ ), la pendiente normal ( $s_n$ ), el área hidráulica óptima y la profundidad hidráulica (D).

- a) Tirante normal ( $y_n$ ): Es la profundidad que se logra al aplicar la ecuación de Manning en la solución de canales; de manera semejante se obtiene la velocidad normal ( $v_n$ ).
- b) Pendiente normal ( $s_n$ ): Conocido el caudal Q, la rugosidad n y la profundidad o tirante normal  $y_n$ , se logra la pendiente normal con base en la ecuación de Manning.
- c) Área hidráulica óptima: Es el área hidráulica con el menor perímetro mojado que transporta el caudal máximo.
- d) Profundidad hidráulica (D): Es la correlación entre el área hidráulica una sección y el ancho de la superficie libre del agua (espejo de agua en la sección).

Correspondiente a la profundidad que tendría el agua si la sección fuera rectangular y conservara tanto el área como el ancho en la superficie (Chanson, 2002).

### 2.2.7.1. Establecimiento del flujo uniforme

En el momento que el flujo ocurre en un canal abierto, el agua encuentra resistencia a medida que emana en aguas abajo.

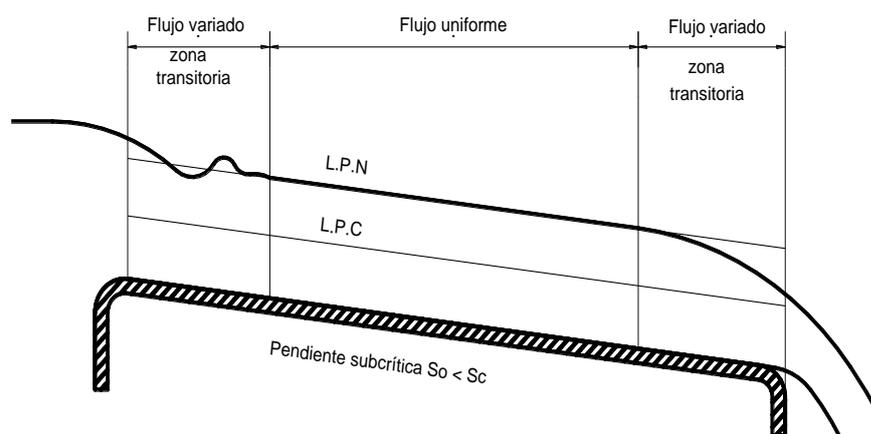
Rodríguez Ruiz (2008), Un flujo uniforme se desarrollara si la resistencia se balancea con las fuerzas gravitacionales. La magnitud de la resistencia, depende de la velocidad de flujo.

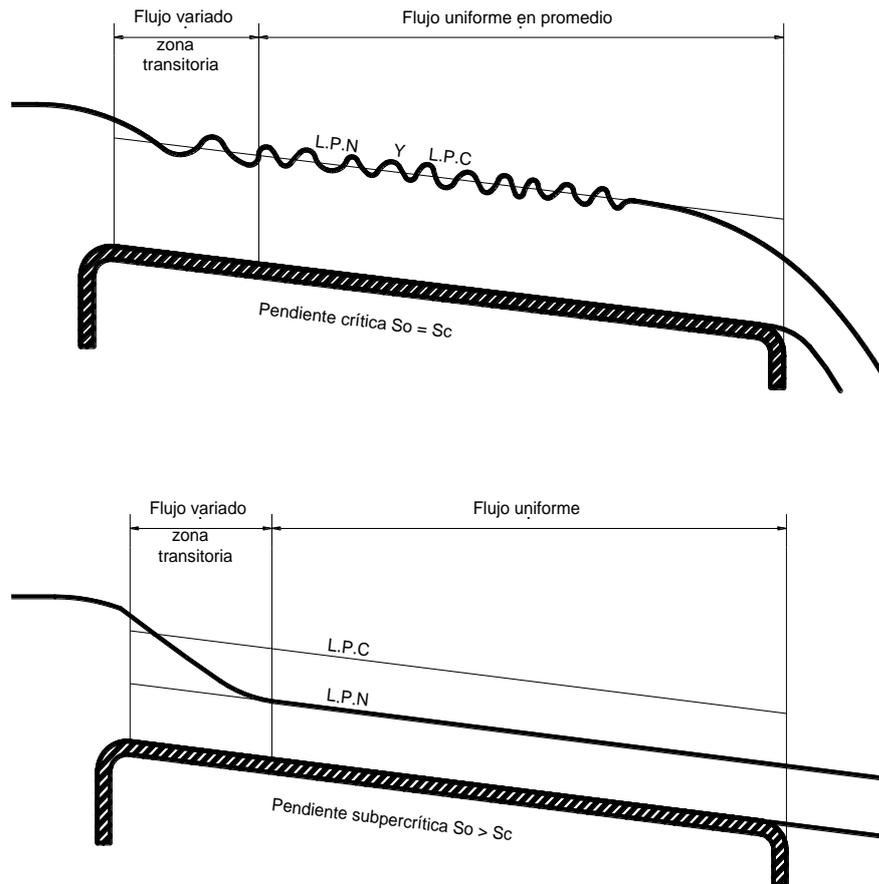
Si el flujo ingresa al canal con lentitud, la velocidad y por consiguiente la resistencia son pequeñas, y la resistencia excederá por las fuerzas de gravedad, dando como resultado una incremento del flujo en el tramo de aguas arriba.

Rodríguez Ruiz (2008), La velocidad y la resistencia se incrementaran de manera gradual hasta que se alcance un balance entre las fuerzas de resistencia y gravedad. A partir de este momento, y de ahí en adelante, el flujo se vuelve uniforme.

Rodríguez Ruiz (2008), El tramo de aguas arriba que se requiere para el establecimiento de flujo uniforme se conoce como zona transitoria.

Para considerable interpretación se muestra en la imagen a continuación (figura 7) un canal largo con tres pendientes desigual: subcrítico, crítica y supercrítica.





**Figura 7. Establecimiento del flujo uniforme en un canal largo**

*Fuente: Hidráulica de canales abiertos (Ven Te Chow)*

En la inclinación subcrítica (figura 7), el agua en la zona de transformación aparece ondulante. El flujo es uniforme en el tramo medio del canal, pero varía en los dos extremos (En teoría, la profundidad varía en cada extremo, se acerca a la profundidad uniforme asintótica y gradualmente en el medio. Sin embargo, para finalidades prácticos la profundidad puede considerarse constante si la variación de la profundidad está dentro de cierto margen, por ejemplo 1% del promedio de la profundidad del flujo uniforme). En la inclinación crítica (esquema intermedio de la figura 7) la superficie del agua del flujo crítico es inestable. En el tramo intermedio pueden ocurrir ondulaciones, pero en promedio la profundidad es constante y el flujo puede considerarse uniforme. En la pendiente supercrítica (esquema inferior de la figura 7) la superficie de agua transitoria pasa del nivel subcrítico al nivel supercrítico a través de una caída hidráulica gradual. Después de la zona de transición el flujo se aproxima al uniforme. La profundidad del flujo uniforme se conoce como

profundidad normal en todas las figuras la línea de trazos largos representa la línea de profundidad normal, abreviada como L.P.N., y la línea de trazos cortos representa la línea de profundidad crítica o L.P.C (Rodríguez, 2008).

La longitud de la zona transitoria depende del caudal y de las condiciones físicas del canal, como la condición de entrada, la forma, la pendiente y la rugosidad. Desde este punto de vista hidrodinámico, la longitud de la zona de transición no deberá ser menor que la longitud requerida para el desarrollo completo de la capa límite bajo las condiciones dadas (Chow, 1994).

### 2.2.8. Expresión de la velocidad en flujo uniforme.

Para los cálculos hidráulicos la velocidad media de flujo uniforme turbulento en canales abiertos por lo general se expresa aproximadamente por la llamada *ecuación de flujo uniforme*. La mayor parte de las ecuaciones prácticas de flujo uniforme pueden expresarse de la siguiente manera (Chow, 1994):

$$V = CR^xS^y \dots\dots\dots (2.23)$$

Dónde:

- V= velocidad media en pies/s.
- R= radio hidráulico en pies
- S= pendiente de energía
- x,y= son exponentes
- C= factor de resistencia al, flujo el cual varia con la velocidad media, el radio hidráulico, la rugosidad del canal, la viscosidad, otros factores.

Para propósitos prácticos, puede suponerse que el flujo en un canal natural es uniforme bajo condiciones normales, es decir, si no existen flujos de crecientes o flujos notablemente variados por irregularidades en el canal. Al aplicar una ecuación de flujo uniforme a un canal natural se entiende que el resultado es muy aproximado, debido a que las condiciones del flujo están sujetas a más factores inciertos de los que se involucrarían en

un canal artificial regular. Tal como lo señalo Schneckenberg, una buena ecuación de flujo uniforme para un canal aluvial con transporte de sedimentos (Chow, 1994).

Las ecuaciones sobresalientes popular y más ampliamente utilizadas son las ecuaciones de Chézy y de Manning.

Bajo estas consideraciones para la evaluación de flujo se utiliza modelos matemáticos, basados en las ecuaciones de Chézy y Manning.

### 2.2.9. La ecuación de Chézy.

Ven te Chow (1994), En 1769 el ingeniero francés Antoine Chézy desarrollaba probablemente la primera ecuación de flujo uniforme, la famosa ecuación de Chézy, que a menudo se expresa como sigue:

$$V = C\sqrt{RS} \dots\dots\dots (2.24)$$

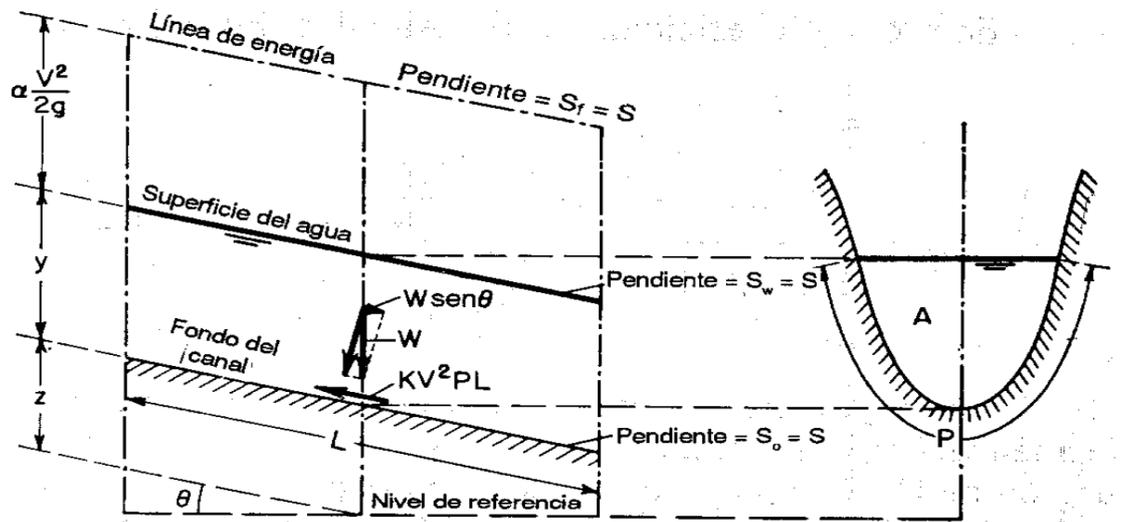
Dónde:

- V= es la velocidad media en pies/s
- R= es el radio hidráulico en pies/s
- S= es la pendiente de la línea de energía
- C= es un factor de resistencia al flujo, conocido como C de Chézy.

La ecuación de Chézy puede deducirse matemáticamente a partir de dos suposiciones. La primera suposición fue hecha por Chezy. Esta establece que la fuerza que resiste el flujo por unidad de área del lecho de la corriente es proporcional al cuadrado de la velocidad; es decir esta fuerza es igual a  $KV^2$ , donde K es una constante de proporcionalidad. La superficie de contacto del flujo con el lecho de la corriente es igual al producto del perímetro mojado y la longitud del tramo de canal o PL (figura 8). La fuerza total que resiste el flujo es igual a  $KV^2PL$  (Chow, 1994).

Esta fuerza de resistencia en el canal también puede explicarse mediante los principios de dinámica de fluidos. El canal abierto puede concebirse como una placa plana curvada para formar un cilindro pero sin cerrarse en uno de sus lados, el cual corresponde a la superficie libre del flujo en canal abierto, La fuente de esta famosa ecuación no se menciona en la mayor parte de los textos de hidráulica. De hecho esta información fue buscada

extensamente. En 1876, el ingeniero alemán Golthilf Heinrich Ludwig Hagen menciona en su trabajo que Gaspard de Prony afirmó que Chézy planteó esta ecuación en 1775, con ocasión de un informe que Chézy hizo acerca del canal.



**Figura 8. Deducción de la ecuación de Chézy para flujo uniforme en un canal abierto**

Fuente: Hidráulica de canales abiertos (Ven Te Chow)

La segunda suposición es el principio básico del flujo uniforme, el cual se cree que fue establecido por primera vez por Brahms en 1754. Esta establece que en el flujo uniforme la componente efectiva de la fuerza gravitacional que causa el flujo debe ser igual a la fuerza total de resistencia. La componente efectiva de la fuerza gravitacional (figura 8) es paralela al fondo del canal e igual a (Chow, 1994):

$$wAL \sin \theta = wALS \dots\dots\dots (2.25)$$

Dónde:

- W= es el peso unitario del agua
- A= es el área mojada
- $\theta$  = es el ángulo de la pendiente
- S= es la pendiente del canal

Entonces se obtiene:

$$wALS = KV^2PL \dots\dots\dots (2.26)$$

Si,  $A/P=R$  y  $\sqrt{W/K}$  se reemplazan por un factor C; la ecuación anterior se reduce a la ecuación de Chézy o:

$$V = \sqrt{\left(\frac{W}{K}\right) \left(\frac{A}{P}\right) S} = C\sqrt{RS} \dots\dots\dots (2.27)$$

Vente Chow (1994), Se han hecho muchos intentos para determinar el valor de C de Chézy. A continuación se menciona tres aportes importantes desarrollados con este propósito:

a) La ecuación de Ganguillet y Kutter. En 1869 los ingenieros suizos, realizaron una investigación compleja de todos los experimentos disponibles sobre conductos abiertos, como resultado de estos estudios, dedujeron una fórmula empírica para calcular el coeficiente de resistencia “C” en la fórmula de chezy (Rodríguez, 2008).

$$C = \frac{41.65 + \frac{0.00281}{S} + \frac{1.811}{n}}{1 + \left(41.65 + \frac{0.00281}{S}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \dots\dots\dots (2.28)$$

El coeficiente  $n$ , de esta ecuación se conoce específicamente como  $n$  de Kutter.

b) La ecuación de Bazin. En 1897 el ingeniero hidráulico francés H. Bazin, propuso una ecuación de acuerdo con el cual el C de Chézy se considera como una función de R pero no de S (Chow, 1994).

Expresada en unidades inglesas esta ecuación es:

$$C = \frac{157.6}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}} \dots\dots\dots (2.29)$$

Dónde:

- $m$  = es un coeficiente de rugosidad propuesto por Bazin.

c) La ecuación de Powell. En 1950, Powell sugirió una ecuación logarítmica para la rugosidad de canales artificiales. Esta ecuación, una función implícita de C, es (Chow, 1994):

$$C = -42 \log \left( \frac{C}{4R} + \frac{\epsilon}{Re} \right) \dots\dots\dots (2.30)$$

Dónde:

- R= radio hidráulico en pies
- Re= número de Reynolds
- $\epsilon$  es una medida de la rugosidad de canal.

### 2.2.10. La ecuación de Manning

Rodríguez Ruiz, (2008), En 1889 el ingeniero irlandés Robert Manning presenta una ecuación para determinar el valor de “C”, en función del radio hidráulico y la rugosidad del material de que se construya el canal.

Adentro de los rangos habituales de pendientes y radio hidráulico, los valores del n de Manning y del n de Kutter son numéricamente muy semejantes.

La expresión para el sistema inglés es:

$$C = \frac{1.486R^{1/6}}{n} \dots\dots\dots (2.31)$$

Para el sistema métrico la expresión de “C” es:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} \dots\dots\dots (2.32)$$

Reemplazando el valor de “C” de Manning en la ecuación de Chezy ecuación 2.24, para deducir la velocidad media se tiene:

$C\sqrt{RS}$  Ecuación de Chézy

Reemplazando el valor de C para el sistema métrico tenemos:

$$V = \frac{R^{1/6}}{n} R^{1/2} S^{1/2} = \frac{R^{\frac{1}{2}+\frac{1}{6}}}{n} S^{1/2} = \frac{R^{2/3}}{n} S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (2.33)$$

Es la ecuación de Manning para deducir la velocidad media en canales abiertos y cerrado en el sistema métrico.

Dónde:

- V= velocidad media del agua en canales con régimen uniforme, en m/s.
- n = coeficiente de rugosidad de Manning.

- R= radio hidráulico, en m.
- S= pendiente de la línea de energía, que relaciona al fondo por estar en régimen uniforme y permanente.

Para el sistema ingles la ecuación de Manning es (Rodriguez Ruiz , 2008):

$$V = \frac{1.486}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (2.34)$$

**2.2.11. Calculo de flujo uniforme**

**2.2.11.1. Conductividad de una sección de canal**

En el cálculo del flujo uniforme intervienen seis variables: la velocidad, el tirante que se establece, el coeficiente de la plantilla y el talud si la sección es trapecial o rectangular, o el diámetro si es circular o de herradura (Sotelo Ávila, 2002).

El caudal de flujo uniforme en un canal puede significar como el producto de la velocidad ecuación 2.20, y el área mojada, o:

Las fórmulas que se aplican para el diseño de canales con flujos uniformes notables y utilizados son:

$$Q = VA = CAR^x S^y = KS^y \dots\dots\dots (2.35)$$

Dónde:  $K = CAR^x \dots\dots\dots (2.36)$

El término “K” se conoce como conductividad de la sección del canal, debido a que es directamente proporcional a “Q”.

Cuando se emplea la ecuación de Manning, o de Chézy como ecuación de flujo uniforme, es mencionar, cuando y=1/2, el caudal de la ecuación 2.32 se convierte en:

$$Q = K\sqrt{S} \dots\dots\dots (2.37)$$

Y la conductividad en:  $K = \frac{Q}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots (2.38)$

Esta ecuación puede utilizarse para calcular la conductividad cuando tanto el caudal como la pendiente del canal están determinados.

Para la ecuación de Manning, la conductividad queda representada por (en el sistema métrico de unidades):

$$K = \frac{1}{n}AR^{2/3} \dots\dots\dots (2.39)$$

La anterior ecuación se utiliza para calcular la conductividad cuando la geometría del área mojada y el factor de resistencia o coeficiente de rugosidad están determinados (Chow, 1994).

**2.2.11.2. Factor de sección para el cálculo de flujo uniforme**

Rodriguez Ruiz , (2008), La expresión  $A \cdot R^{2/3}$  se conoce como factor de sección para el cálculo de flujo uniforme, y es un elemento importante en el cálculo de flujo uniforme. A partir de la ecuación:

$$Q = \frac{A}{n}R^{2/3}S^{1/2} \dots\dots\dots (2.40)$$

La ecuación muestra que para una determinada condición de n, Q y S, existe solo una profundidad posible para mantener un flujo uniforme, siempre y cuando el valor de  $A \cdot R^{2/3}$  aumente con incrementos en la profundidad. Esta profundidad es la profundidad normal. Cuando en una sección de canal se conocen “n” y S, en la ecuación 2.37, puede verse que puede existir solo un gasto para mantener un flujo uniforme a través de la sección, siempre y cuando  $A \cdot R^{2/3}$  aumente siempre con un incremento en la profundidad (Rodriguez, 2008).

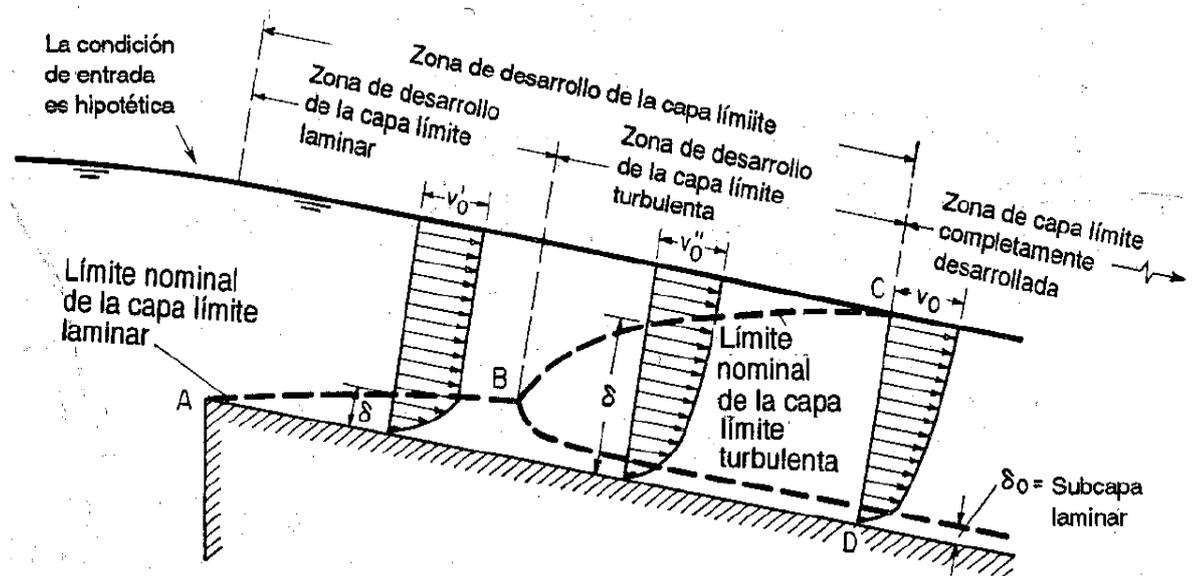
La ecuación (2.37) es una herramienta muy útil para el cálculo y el análisis del flujo uniforme. Cuando se conocen el gasto, la pendiente y la rugosidad, esta ecuación da el factor de sección  $A_n \cdot R_n^{2/3}$  y, por consiguiente, la profundidad normal  $d_n$ . Por otra parte, cuando n y S y la profundidad y por consiguiente el factor de sección, se conocen, puede calcularse el caudal normal Q utilizando la ecuación (2.37) (Rodriguez, 2008).

Esta es esencialmente el producto del área mojada y la velocidad definida mediante la ecuación de Manning. Determinadas veces se utiliza el subíndice para establecer la condición de flujo uniforme.

Rodriguez Ruiz, (2008), Para simplificar el cálculo, se han preparado curvas adimensionales que muestra la relación entre la profundidad y el factor de sección  $AR^{2/3}$  (2.35) para secciones de canales rectangulares, trapezoidales y circulares.

### 2.2.12. Capa límite

Cuando el agua entra a un canal, la distribución de velocidades es a través de la sección del canal, debido a la presencia de la rugosidad de contorno, variará con la distancia a lo largo de la cual el agua se mueve en éste (figura 9) (Chow, 1994).



**Figura 9. Desarrollo de la capa límite en un canal abierto con una condición de entrada ideal**

Fuente: *Hidráulica de canales abiertos* (Ven Te Chow)

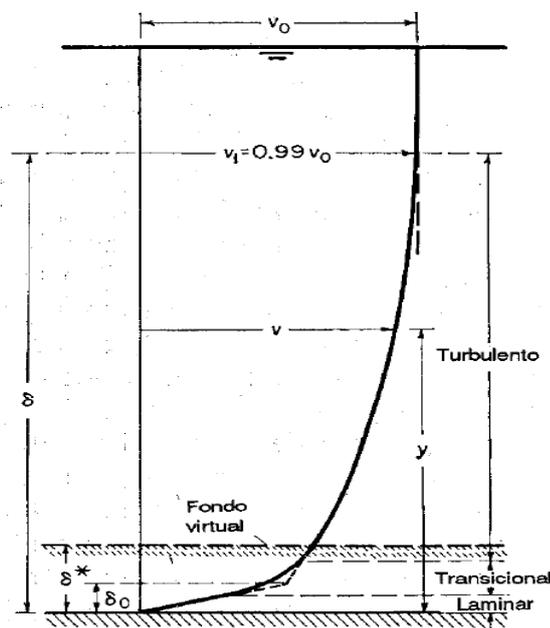
Ven te Chow (1994), Si el flujo es uniforme y estable y si el canal es prismático y con rugosidad constante, la distribución de velocidades eventualmente alcanzará un patrón definido. Para propósitos de simplicidad, en el análisis se supone lo siguiente:

- El flujo que entra al canal es laminar y con una distribución de velocidad uniforme.
- No existe ninguna restricción a la entrada que cause una perturbación abrupta en la superficie del agua y en la distribución de velocidades.
- La profundidad de flujo es indefinidamente grande, de tal manera que puede considerarse constante a medida que el agua entra en el canal.

En el canal, el efecto sobre la distribución de velocidades debido a la rugosidad de contorno se indica mediante la línea ABC. Por fuera de la superficie representada por ABC, la distribución de velocidades es prácticamente uniforme. Cerca de la superficie del canal,

dentro de la región ABC, la velocidad varía de acuerdo con la distancia desde la superficie del canal. La región dentro de ABC, la velocidad varía de acuerdo con la distancia desde la superficie del canal. La región dentro de ABC, a pesar de no ser distinguible, se conoce como *capa límite*, y su espesor se designa mediante  $\delta$ .

Como la capa límite no puede distinguirse, su espesor ha sido definido arbitrariamente en varias formas. Una definición común es que el espesor  $\delta$  es la magnitud de la distancia normal desde la superficie de contorno para la cual la velocidad  $v_1$  es igual al 99% de la velocidad límite  $v_0$ , hacia la cual la curva de distribución de velocidades en la capa límite se aproxima asintóticamente (figura 10).



**Figura 10. Distribución de velocidades sobre una superficie de canal (no a escala)**

Fuente: *Hidráulica de canales abiertos* (Ven Te Chow)

El efecto de la capa límite sobre el flujo es equivalente a desplazar imaginariamente hacia arriba el fondo del canal, hasta una posición virtual, en una cantidad  $\delta^*$  (figura 5.10), el cual se define como:

$$\delta^* = \int_0^{\delta} \left(1 - \frac{v}{v_1}\right) \dots\dots\dots (2.41)$$

Dónde:

- $V$  = velocidad a una distancia y desde la superficie del canal.
- $v_1$  = velocidad en el borde de la capa límite.

El valor del espesor de desplazamiento por lo general varía desde un octavo hasta un décimo del espesor de la capa límite, de acuerdo con la magnitud del Número de Reynolds.

Al comienzo del flujo (figura 5.9) el flujo es completamente laminar y se desarrolla una capa límite laminar a lo largo de la superficie del canal, como se muestra mediante la curva AB. La distribución de velocidades en la capa límite es casi parabólica. A medida que el agua viaja en sentido aguas abajo en el canal, el flujo en la capa límite eventualmente cambiara a turbulento. El punto donde ocurre este cambio se indica mediante B (Chow, 1994).

Ven Te Chow, (1994), Hacia aguas debajo de B se desarrolla una capa límite turbulenta, como se muestra mediante BC. Puede demostrarse analíticamente que la distribución de velocidades en esta capa es casi logarítmica.

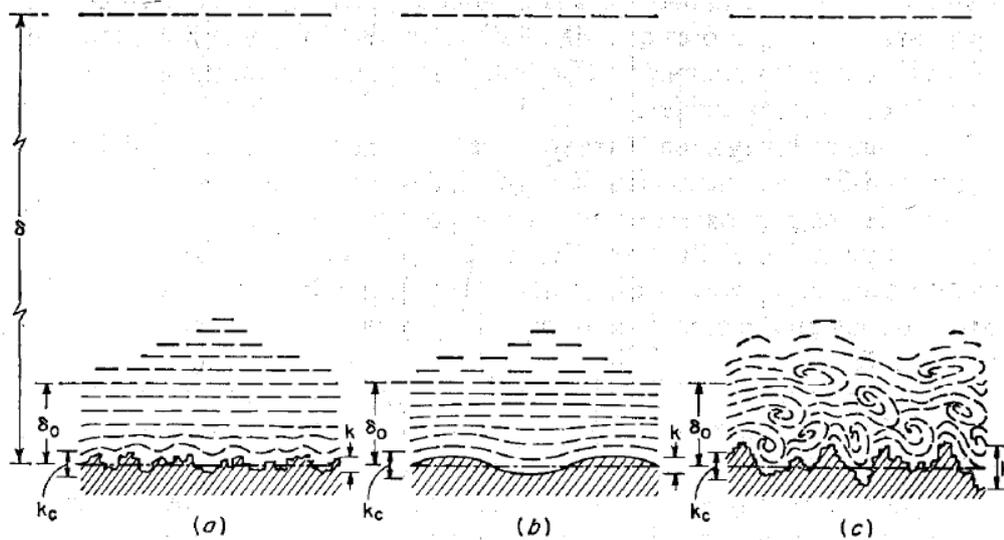
Si la superficie del canal es relativamente lisa, la velocidad cerca de la superficie del canal es baja; por tanto se desarrolla una lámina muy delgada y estable de flujo conocida como subcapa laminar. Dentro de la subcapa laminar el flujo se mantiene laminar. La superficie superior de la subcapa laminar corresponde a la zona de transición de flujo laminar turbulento y por consiguiente no puede definirse con precisión (Chow, 1994).

Si a través del canal existen condiciones del flujo uniforme, la capa límite turbulento se desarrolla por completo en la sección CD; de ahí en adelante la distribución de velocidades tendrá un patrón definido.

Como el flujo en canales ordinarios a menudo es turbulento, en adelante nos referiremos solo a la capa límite turbulenta.

### **2.2.13. Concepto de rugosidad superficial**

En la imagen (figura 11) puede verse que la superficie se compone de picos y valles irregulares. La altura efectiva de las irregularidades que forman los elementos de la rugosidad se conoce como altura de rugosidad  $k$ . La relación  $k/R$  de la altura de rugosidad con respecto al radio hidráulico se conoce como rugosidad relativa.



**Figura 11. Naturaleza de la rugosidad superficial a) Lisa; b) Ondulada; c) Rugosa**

Fuente: Hidráulica de canales abiertos (Ven Te Chow)

Si la altura de rugosidad es menor que una fracción determinada del espesor de la subcapa laminar, las irregularidades superficiales serán tan pequeñas que todos los elementos de rugosidad estarán sumergidos por completo en la subcapa laminar (figura 11 (a)). Bajo esta condición la rugosidad no tiene efecto sobre el flujo por fuera de la subcapa laminar, y se dice que la superficie es hidráulicamente lisa.

Para que una superficie sea hidráulicamente lisa, la altura de rugosidad debe ser menor que la altura de la rugosidad crítica, expresada por:

$$k_c = \frac{5C}{\sqrt{g}} \frac{v}{V} \dots\dots\dots (2.42)$$

Dónde:

- C= es el C de Chézy
- v= es la viscosidad cinemática
- V= velocidad media.

Si la altura de la rugosidad es mayor que el valor crítico definido por la ecuación (2.30) (figura 11 (c)), los elementos de rugosidad tendrán una magnitud y una angularidad

suficientes para extender sus efectos por fuera de la subcapa laminar y por consiguiente perturbar el flujo en el canal (Chow, 1994).

La altura de rugosidad promedio para una superficie dada puede determinarse experimentalmente. La tabla 5.1 presenta valores de  $k$  para diferentes clases de material, promediados de muchos datos experimentales.

**Tabla 1.**  
**Valores aproximados de la altura de rugosidad  $k$**

| <b>Material</b>               | <b>K, pies</b>  |
|-------------------------------|-----------------|
| Latón, Cobre, Plomo, Vidrio   | 0.0001 - 0.0030 |
| Hierro Forjado, Acero         | 0.0002 - 0.0080 |
| Hierro Fundido Asfaltado      | 0.0004 - 0.0070 |
| Hierro Galvanizado            | 0.0005 - 0.0150 |
| Hierro Fundido                | 0.0008 - 0.0180 |
| Listones de Madera            | 0.0006 - 0.0030 |
| Cemento                       | 0.0013 - 0.0040 |
| Concreto                      | 0.0015 - 0.0100 |
| Arcilla para Tejas de Drenaje | 0.0020 - 0.0100 |
| Acero Remachado               | 0.0030 - 0.0300 |
| Lecho de Rio Natural          | 0.1000 - 3.0000 |

*Fuente: Ven Te Chow 1994, Hidráulica de canales abiertos*

#### **2.2.14. Coeficiente de Manning (n).**

Es un factor de estabilidad determinado experimentalmente solo para el agua. La ecuación de Manning con un valor continuo de  $n$ , es aplicable únicamente a flujos turbulentos completamente rugosos.

Un valor apropiado de  $n$ , es indispensable tener un conocimiento cualitativo de los factores que perjudican este valor, ya que en muchas disposiciones aplicadas, el valor (absoluto) de  $n$ , es una función de muchas variables.

### **2.2.14.1. Factores que afectan el coeficiente de rugosidad de Manning.**

El valor de “n” es una variable y depende de una cantidad de factores, al seleccionar un valor adecuado de n para desiguales condiciones de diseño, un conocimiento de estos factores debe ser considerado.

Los factores que ejercen de considerable influencia sobre el coeficiente de rugosidad en ambos canales, artificial y natural son entonces reseñados a continuación:

#### *a). Rugosidad de la superficie.*

Que presenta por el tamaño y la forma de los granos del material que forma el perímetro mojado y que producen un efecto retardante sobre el flujo. La superficie rugosa del perímetro de un canal proporciona un punto crítico de referencia en la estimación de n (Sotelo Ávila, 2002).

Cuando el material del perímetro mojado es fino el valor de “n” es pequeño y se ve poco afectado por cambios en el tirante del flujo, sin embargo, cuando el perímetro es compuesto de grava y/o piedras el valor de “n” es mayor y puede variar significativamente con el tirante del flujo (Sotelo Ávila, 2002).

#### *b). Irregularidad del Canal.*

Comprende irregularidades en el perímetro mojado y variaciones en la sección transversal, tamaño y forma a lo largo de la longitud del canal. En los canales naturales, tales irregularidades son introducidas normalmente debido a la presencia de barras de arena, ondas arenosas, promotorias y depresiones, hoyos y relieves en el lecho del canal (Sotelo Ávila, 2002).

En las variaciones graduales posee un efecto insignificante sobre n, pero variaciones abruptas mayores de “n”, de lo que podría esperarse si se considera únicamente la superficie rugosa del canal.

#### *c). Obstrucción.*

Sotelo Ávila (2002), La presencia de troncos, pilares de puentes y semejantes tiende a aumentar “n”, el monto del aumento depende de la naturaleza de la obstrucción, su tamaño, forma, número y distribución.

#### *d). Nivel de agua y descarga.*

El valor “n”, en la mayoría de las corrientes decrece con el aumento en el nivel y en el caudal. Cuando el agua está baja las irregularidades del fondo del canal están expuestas y sus efectos se hacen pronunciados. Sin embargo, el valor de n, puede ser grande para niveles altos si los bancos son rugosos y con mucha vegetación (UNI, 2008).

### **2.2.15. Medición de la velocidad de flujo en canales**

Dependiendo del instrumento que se use, las metodologías de medición de velocidad son diferentes, por lo que se mencionan los instrumentos disponibles en la literatura y el mercado.

#### **2.2.15.1. Medidores**

En esta sección se dan a conocer los distintos tipos de medidores de agua que se pueden encontrar (Ochoa, 1992).

a) *Medidores de velocidad*, que están constituidos de una turbina o hélice, que da vuelta con el empuje del flujo de agua; el número de vueltas indica la velocidad del agua.

b) *Medidores ultrasónicos*, Se componen de sensores que envían y reciben cambios alta frecuencia, diagonalmente al flujo de agua, para medir su velocidad. Existen medidores cuyo principio es el tiempo de travesía y aquellos que se basan en el efecto Doppler. Generalmente son equipos de alto costo, pero tienen muy buena exactitud y gran flexibilidad de instalación.

c) *Vertedores*, Son instrumentos usados para medir caudales en canales, consta de una sección transversal de geometría definida, por la que escurre el líquido, manteniéndose la superficie libre del agua; el borde por el que fluye el agua se llama “Cresta”. Existen una gran variedad de configuraciones geométricas de vertedores como el triangular, rectangular, trapezoidal. Los materiales utilizados en su construcción son generalmente placas de metal, madera, plástico y fibra de vidrio. En ocasiones el vertedor está hecho de concreto o mampostería.

d) *Medidores de presión diferencial*, se utilizan en tuberías

e) *Canal Parshall*, consiste en una contracción lateral e un canal a superficie libre.

## 2.2.16. Determinación del coeficiente de rugosidad “n” de Manning

Con respecto a los impedimentos de cálculo asociadas con el análisis del flujo en canales abiertos, los ingenieros, al tratar de hallar un método sencillo para los cálculos de descarga, han desarrollado fórmulas para el acontecimiento en que la línea de energía se supone paralela a la pendiente del fondo del canal.

Extrañas veces la pendiente del canal es uniforme en la naturaleza; la rugosidad y el área de la sección distorsiona entre una y otra sección, pero para canales trapezoidales prismáticos es más práctico hacer estas suposiciones. Por lo tanto resulta evidente que la aceleración no sea igual a cero en la práctica, pero el ahorro en las operaciones de cálculo, así como la supresión de la incertidumbre asociada con la determinación de la verdadera descarga supuesta (aforos determinados en campo), hacen que valga la pena utilizar este enfoque. El flujo sin aceleración ni desaceleración se comprende como FLUJO NORMAL, que en canales abiertos se calcula por la fórmula de Chezy.

En la Universidad Nacional de Ingeniería, facultad de tecnología de la construcción, departamento de Hidráulica, en el Laboratorio de Hidráulica II, se ha utilizado la deducción experimental del coeficiente de rugosidad “n” de Manning, para un canal modelo rectangular de laboratorio, con el asesoramiento de profesor de prácticas, Profesor de teoría, y técnico de laboratorio. Persiguiendo los siguientes objetivos: Determinar experimentalmente el coeficiente de Manning en el canal de laboratorio y familiarizar al estudiante con el experimento.

Los materiales y equipos utilizados fueron.

- Canal hidráulico
- 2 pesas de 15 kg
- 1 cronómetro
- Agua
- 2 hidrómetros

Es importante aclarar que la rugosidad del canal de laboratorio es conocido, así para éste caso de estudio, determinaremos el coeficiente de rugosidad “n” de Manning a partir del análisis de las fórmulas de Chezy, Manning, y Darcy –Weisbach.

$$V = C * \sqrt{R * S} \dots\dots\dots (2.43)$$

La ecuación (5.43) es conocida como la ecuación de Chezy.

Dónde: V es la velocidad de flujo, C coeficiente C de Chézy, R es el radio hidráulico, S es la pendiente del fondo del canal.

$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$  . . . . . Proposición de Manning donde C, R ya se han descrito anteriormente y “n” es el coeficiente de rugosidad de Manning.

Sustituyendo “C” en “V”:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Despejando “S” tenemos:}$$

$$S = \left( \frac{V * n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \dots\dots\dots (2.44)$$

De la ecuación de Darcy – Weisbach:

$$hf = \lambda \frac{L V^2}{D 2g}; \quad \frac{hf}{L} = \frac{\lambda V^2}{D 2g}; \quad \text{Pero; } \frac{hf}{L} = S$$

$$\text{Entonces: } S = \frac{\lambda V^2}{D 2g}$$

$$\text{Sabemos que: } R = \frac{A}{P} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D} = \frac{D}{4}$$

$$\text{Sustituyendo “D” en S tenemos. } S = \frac{\lambda V^2}{4R 2g} = \frac{fV^2}{8Rg} \dots\dots\dots (2.45)$$

$$\text{Igualando las ecuaciones 5.44 y 5.45, tendremos: } \frac{V^2 n^2}{R^{\frac{4}{3}}} = \frac{\lambda V^2}{8Rg}$$

Simplificando y despejando “n”:

$$n = \left( \frac{\lambda}{8g} \right)^{\frac{1}{2}} R^{\frac{1}{6}} \dots\dots\dots (2.46)$$

Con el que se calcula el coeficiente “n” de Manning, en función del factor de fricción obtenido del diagrama de Moody.

Para el canal trapezoidal en evaluación tendremos:

$$n = \left( \frac{\lambda}{8g} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} \right)^{\frac{1}{6}} \dots\dots\dots (2.47)$$

Como  $\lambda$  (factor de fricción), es función de  $\frac{\varepsilon}{D}$  y Re (rugosidad relativa y número de Reynolds respectivamente), entonces calculamos:

$$R_e = \frac{VD}{\nu} = \frac{\frac{Q}{A} * 4R}{\nu} = \frac{\frac{Q}{A} * 4 \left( \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} \right)}{\nu} =$$

Simplificando:

$$\frac{4Q(b + zy)y}{(b + zy)y(b + 2y\sqrt{1 + z^2})\nu} =$$

$$Re = \frac{4Q}{\nu(b + 2y\sqrt{1 + z^2})} \dots\dots\dots (2.48)$$

Dónde:  $\nu$  es la viscosidad cinemática del fluido, Q es el caudal, b ancho en el fondo del canal, “y” es el nivel flujo, z es el talud del canal.

Para la rugosidad relativa tenemos la siguiente expresión:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{\varepsilon}{4R} = \frac{\varepsilon}{4 \left( \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} \right)} = \dots\dots\dots (2.49)$$

Realizando operaciones y simplificando obtenemos:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{\varepsilon(b + 2y\sqrt{1 + z^2})}{4(b + zy)y} \dots\dots\dots (2.50)$$

$\varepsilon$  = Es la rugosidad absoluta asumida según especificaciones técnicas de construcción del canal.

$\nu$  = f (Temperatura) que representa la ecuación (2.51), y es la expresión física de la viscosidad cinemática del fluido.

Con las Ecuaciones: 2.49, 2.50 y 2.51 podemos determinar el coeficiente de fricción “ $\lambda$ ” del diagrama de Moody.

Con “ $\lambda$ ” calculado y la ecuación (2.47), se obtiene el coeficiente “n” de Manning.

Este proceso es una guía para determinar caudales y velocidades teóricos en un canal cualquiera.

**2.2.17. Diagrama de Moody**

La ecuación de Colebrook – White; de cálculo muy laborioso, es la más universal y en la práctica se recurre a un ábaco, conocido como diagrama de Moody, que tiene las siguientes características:

- a) Está construido en papel doblemente logarítmico, las variables que utiliza son  $\lambda$ , Re en un diagrama (Log  $\lambda$ , Log Re).
- b) Es la representación gráfica de dos ecuaciones :

La ecuación de Poiseuille, que en papel logarítmico es una recta. La prolongación dibujada a trazos es la zona crítica, en la que la corriente puede seguir siendo laminar a pesar de ser  $Re > 2000$ . De no ser así,  $\lambda$  podría caer en cualquier punto de la zona sombreada; la zona crítica es una zona de transición, en la que el flujo puede ser laminar, aunque generalmente es turbulento.

La ecuación de Colebrook-White es una familia de curvas, una para cada valor del parámetro  $\varepsilon /D$  que para números de Reynolds bajos, coinciden con las de Blasius y con la primera ecuación de Karman- Prandtl, es decir, son asintóticas a una u otra ecuación, y se van separando de ellas para valores crecientes del número de Reynolds.

## **2.2.18. Métodos para la determinación de velocidad y caudal**

### **2.2.18.1. Métodos volumétricos**

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal o cañería que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro. Para los caudales de más de 4 l/s, es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad que se llenará en 2½ segundos. Para caudales mayores, un recipiente de 200 litros puede servir para corrientes de hasta 50 l/s. El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados (Hudson, 1997).

Si la corriente se puede desviar hacia una cañería de manera que descargue sometida a presión, el caudal se puede calcular a partir de mediciones del chorro. Si la cañería se puede colocar de manera que la descarga se efectúe verticalmente hacia arriba, la altura que alcanza el chorro por encima del extremo de la tubería se puede medir y el caudal se calcula a partir de una fórmula adecuada tal como se indica en la Figura 19. Es asimismo posible efectuar estimaciones del caudal a partir de mediciones de la trayectoria desde tuberías horizontales o en pendiente y desde tuberías parcialmente llenas, pero los resultados son en este caso menos confiables (Scott y Houston 1959) (Hudson, 1997).

### **2.2.18.2. Método velocidad/superficie**

N. W. Hudson (1997), Este método depende de la medición de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal, calculándose a partir de la fórmula:

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = A \text{ (m}^2\text{)} \times V \text{ (m/s)}$$

N. W. Hudson (1997), La unidad métrica es m<sup>3</sup>/s. Como m<sup>3</sup>/s es una unidad grande, las corrientes menores se miden en litros por segundo (l/s).

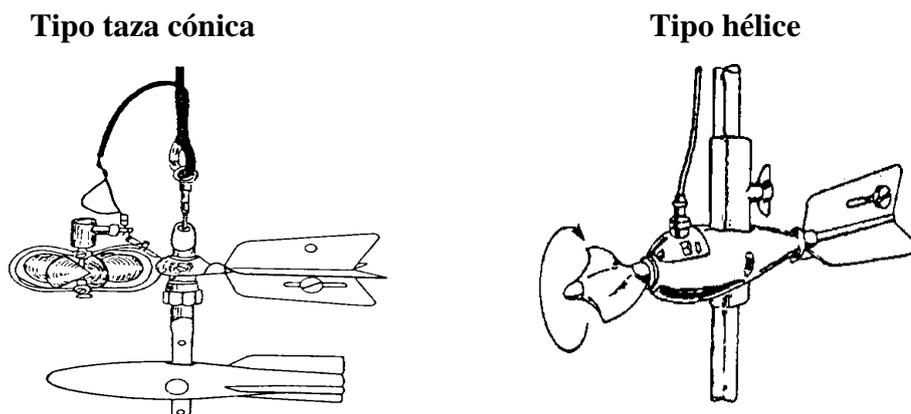
N. W. Hudson (1997), Una forma sencilla de calcular la velocidad consiste en medir el tiempo que tarda un objeto flotante en recorrer, corriente abajo, una distancia conocida.

Otro método consiste en vertir en la corriente una cantidad de colorante muy intenso y medir el tiempo en que recorre aguas abajo una distancia conocida. El colorante debe

añadirse rápidamente con un corte neto, para que se desplace aguas abajo como una nube colorante. Se mide el tiempo que tarda el primer colorante y el último en llegar al punto de medición aguas abajo, y se utiliza la media de los dos tiempos para calcular la velocidad media (Hudson, 1997).

En las corrientes turbulentas la nube colorante se dispersa rápidamente y no se puede observar y medir; es posible usar otros indicadores, ya sean productos químicos o radioisótopos; se conoce como el método de la dilución. Una solución del indicador de densidad conocida se añade a la corriente a un ritmo constante medido y se toman muestras en puntos situados aguas abajo. La concentración de la muestra tomada aguas abajo se puede comparar con la concentración del indicador añadido y la dilución es una función del caudal, la cual es posible calcular (Hudson, 1997).

Una determinación más exacta de la velocidad se puede obtener utilizando un molinete. En la siguiente figura se ilustran los dos principales tipos de molinete. El de tipo de taza cónica gira sobre un eje vertical y el de tipo hélice gira sobre un eje horizontal. En ambos casos la velocidad de rotación es proporcional a la velocidad de la corriente; se cuenta el número de revoluciones en un tiempo dado, ya sea con un contador digital o como golpes oídos en los auriculares que lleva el operador. En las corrientes superficiales se montan pequeños molinetes sobre barras que sostienen operarios que caminan por el agua. Cuando hay que medir caudales de una avenida en grandes ríos, las lecturas se toman desde un puente o instalando un cable suspendido por encima del nivel máximo de la avenida; el molinete se baja por medio de cables con pesas para retenerlo contra la corriente del río (Hudson, 1997).



**Figura 12: Tipos de molinete**

*Fuente: Hidráulica de canales abiertos (Ven Te Chow)*

### **2.2.18.3. Vertederos de aforo**

En general las estructuras a través de la corriente que cambian el nivel de aguas arriba se denominan vertederos y las estructuras de tipo canal se denominan aforadores, aunque esta distinción no siempre se cumple. Una distinción más importante es entre dispositivos estándar y no estándar. Un vertedero o aforador estándar es el que se construye e instala siguiendo especificaciones uniformes y cuando el caudal puede obtenerse directamente de la profundidad de la corriente mediante el empleo de diagramas o tablas de aforo, es decir, cuando el aforador ha sido previamente calibrado. Un vertedero o aforador no estándar es el que necesita ser calibrado individualmente después de la instalación mediante el empleo del método velocidad/superficie como cuando se establece el aforo de una corriente. Existe un conjunto tan amplio de dispositivos estándar que es preferible evitar las estructuras no normalizadas salvo para hacer cálculos aislados de los caudales de la corriente utilizando el método velocidad/superficie en un puente o un vado o una alcantarilla (Hudson, 1997).

La mayor parte de los vertederos están concebidos para una descarga libre sobre la sección crítica con el fin de que el caudal sea proporcional a la profundidad de la corriente en el vertedero, pero algunos vertederos pueden funcionar en una situación denominada sumergida o ahogada, en el que el nivel de aguas abajo interfiere con la corriente sobre el vertedero. Algunos tipos de vertederos se pueden corregir mediante la sumersión parcial, pero esto constituye una complicación poco conveniente que requiere medidas adicionales y más cálculos, por lo que se la debe evitar siempre que sea posible. Otra variación que también es preferible evitar, es la del vertedero sin contracción, que es un vertedero instalado en un canal del mismo ancho que la sección crítica (Hudson, 1997).

Los dos tipos más comunes son el vertedero triangular (con escotadura en V) y el vertedero rectangular. Debe haber una poza de amortiguación o un canal de acceso aguas arriba para calmar cualquier turbulencia y lograr que el agua se acerque al vertedero lenta y suavemente. Para tener mediciones precisas el ancho del canal de acceso debe equivaler a ocho veces al ancho del vertedero y debe extenderse aguas arriba 15 veces la profundidad de la corriente sobre el vertedero. El vertedero debe tener el extremo agudo del lado aguas arriba para que la corriente fluya libremente. A esto se denomina contracción final, necesaria para aplicar la calibración normalizada (Hudson, 1997).

Para determinar la profundidad de la corriente a través del vertedero, se instala un medidor en la poza de amortiguación en un lugar en el que se pueda leer fácilmente. El cero del medidor fija el nivel en el punto más bajo de la escotadura. El medidor debe instalarse bastante detrás de la escotadura para que no se vea afectado por la curva de descenso del agua a medida que el agua se acerca a la misma (Hudson, 1997).

### 2.2.19. Eficiencia en Canales Abiertos

Se comprende que los sistemas de canales abiertos se diseñan con el fin de trasladar líquidos desde un lugar determinado hasta otro con una altura de cota menor a la inicial, alimentando un caudal o una razón de flujo constante bajo la influencia de la gravedad al menor costo posible. No es necesario la aplicación de energía al sistema el costo de construcción se traduce al valor inicial una vez comenzados los trabajos, traduciéndose en el tamaño aspecto de la obra, por tal razón para una longitud constituir el perímetro de la sección representara también el costo del sistema; por lo cual debe mantenerse al mínimo para no incrementar los costos y los tamaños de la sección. La eficiencia de un canal tiene relación con encontrar un área de paso ( $A_c$ ) mínima para transportar un caudal ( $Q$ ) dado, con una pendiente del canal ( $S_0$ ) y coeficiente de Manning ( $n$ ) dados.

Por lo cual, escribiendo el radio hidráulico como  $R_h = A_c/P$  la ecuación de caudal se puede reescribir de la siguiente forma:

$$Q = \frac{k}{n} A \left( \frac{A}{P} \right)^{2/3} S_0^{1/2} = \frac{k A^{5/3} S_0^{1/2}}{n P^{2/3}}, \dots\dots\dots (2.51)$$

Despejando el área ( $A$ )

$$A = \left( \frac{nQ}{k S_0^{1/2}} \right)^{3/5} P^{2/5}, \dots\dots\dots (2.52)$$

Donde la cuantía entre paréntesis es constante. La ecuación anterior indica que un área de paso mínima está asociada a un perímetro mojado mínimo y por lo tanto las necesidades de excavación como de material, para cubrir las superficies del canal, son mínimas, afectando directamente en los costos de construcción como se mencionó anteriormente.

La forma con el perímetro mínimo por unidad de área es el círculo, por lo tanto tomando en consideración mínima resistencia del flujo en esta sección, la mejor sección transversal para un canal abierto es el semicírculo. Sin embargo en el campo de la construcción resulta más económico construir un canal con lados rectos como las secciones trapezoidales o rectangulares en vez de un semicírculo, lo que nos lleva a analizar cuál de las diferentes secciones a utilizar es la más conveniente para el sistema.

#### **2.2.20. Diseño de canal**

Con el verdadero coeficiente de fricción, realizaremos diseños de los canales, para su futura comparación con los canales realizados, así determinaremos, su funcionalidad y posibles mejoras.

Para el diseño de los canales se plantean usar lo planteado por Máximo Villón Béjar (Villón, Hidráulica de canales, 2007), debido a que es el que es más de acuerdo a la normativa peruana.

#### **2.2.21. Diseño de obras Hidráulicas**

Así también realizaremos el diseño de las obras hidráulicas, y su respectiva comparación con las ya realizadas, proponiendo mejoras a tales.

Para el diseño de obras hidráulicas realizaremos los métodos desarrollados por Máximo Villón Béjar Villón, (Diseño de estructuras hidráulicas, 2003), debido a que es el que es más de acuerdo a la normativa peruana.

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Caudal.** Cantidad de agua que mana o corre. Con esta acepción del DRAE.
- **Compuerta.** Plancha fuerte de madera o de hierro, que se desliza a través de una comente por carriles o correderas, y se coloca en los canales, diques, etc., para graduar o cortar el paso del agua, con accionamiento manual o motorizado, automático o no. No es correcto decir válvula de [-], en lugar de llave de [-].
- **Conducción.** Transporte del agua de una parte a otra.
- **Dotación.** Acción y efecto de asignar o dar a una finca el derecho o la posibilidad de disponer de un caudal de riego determinado.
- **Eficiencia.** Virtud y facultad para lograr un efecto determinado con el uso racional de los medios necesarios.
- **Ensayo.** Prueba o reconocimiento de una cosa, antes de usarla.
- **Filtración.** Paso de agua a través de los poros. Pérdidas por [-].
- **Flujo en canal:** flujo de agua con una superficie libre en un cauce natural o artificial (curso de agua)
- **Flujo superficial:** flujo de agua sobre la superficie del terreno antes de alcanzar un cauce definido
- **Gasto.** Cantidad de agua que pasa cada unidad de tiempo. Aunque menos usual con esta acepción que el término alternativo caudal.
- **Gestión [de aguas].** Administración de recursos hídricos, en términos de orden económico que desbordan el marco técnico.
- **Hardware.** Soporte material de los medios técnicos informáticos, como los que forman un ordenador, incluidos sus periféricos, monitor-pantalla, impresora, etc.
- **Hidráulico** Se aplica a la ingeniería que se dedica a la conducción y al aprovechamiento de las corrientes de agua.
- **Infiltración** Proceso por el que el agua entra en los poros o intersticios del suelo, a través de su horizonte superficial, desplazando al aire de los mismos. Es frecuente convenir que, a diferencia de la absorción, sólo inducida por el gradiente de potencial matricial, la infiltración considera además una componente gravitatoria.
- **Método** Manera sistemática de tratar un problema. [-] analítico. [-] analógico. [-] experimental, etc.
- **Número de Reynolds:** relación adimensional entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas.

- **Número de Froude:** relación adimensional entre las fuerzas de inercia y las gravitatorias.
- **Pérdidas [hídricas].** Agua que sale del dominio hidrográfico de un sistema de riego sin cumplir el objetivo para el que fue allí aportada. En parte se desperdicia como consumo por evaporación o transpiración y en parte escapa por filtraciones, fugas y descargas (sobrantes) fuera del dominio considerado. No serían pérdidas en un dominio hidrográfico determinado las que retornan al mismo. [-] de conducción, [-] de aplicación, [-] operacionales.
- **Presión.** Fuerza aplicada normalmente sobre la unidad de superficie. [-] absoluta, [-] atmosférica, [-] relativa, o efectiva; [-] estática, [-] dinámica, [-] total; [-] osmótica, [-] de turgencia; [-] de vapor; [-] de rotura, [-] de servicio, [-] de prueba, [-] de funcionamiento, [-] de trabajo [-] de seguridad; riego a [-]; sistema a [-]; cámara de [-], potencial de [-], regulador de [-].
- **Procesamiento [de datos]** Acto de someter datos a una serie de operaciones programadas.
- **Proyecto.** Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que describen detalladamente cómo ha de ser un sistema, aparato, proceso u obra de ingeniería, de forma que permita su realización y determine cuánto ha de costar y producir. Primer esquema o plan de un trabajo, como prueba antes de darle la forma definitiva. Magnitud variable de [-].
- **Prueba.** Experimento o examen de una obra, instalación, equipo, etc. para determinar si se ajusta a las normas y a las especificaciones de proyecto.
- **Rápida.** 1. Corriente supercrítica. 2. Obra donde se produce.
- **Recursos [hídricos].** Cantidad de agua disponible con una calidad mínima, que puede ser obtenida y usada para fines determinados dentro de unos límites técnicos, económicos y sociales.
- **Riego** Acción y efecto de regar o esparcir agua al suelo o a plantas cultivadas.
- **Talud** Inclinación de un paramento.
- **Vertedero** Obra donde se vierte agua por encima de una pared cuya coronación horizontal ofrece utilidad con fines de aforo o de regulación de nivel.
- **Zona [regable]** Superficie que tiene derecho al uso de las aguas otorgadas por una concesión para riego.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica

El área de estudio, geográficamente se ubica entre las coordenadas UTM, sistema de referencia WGS84:

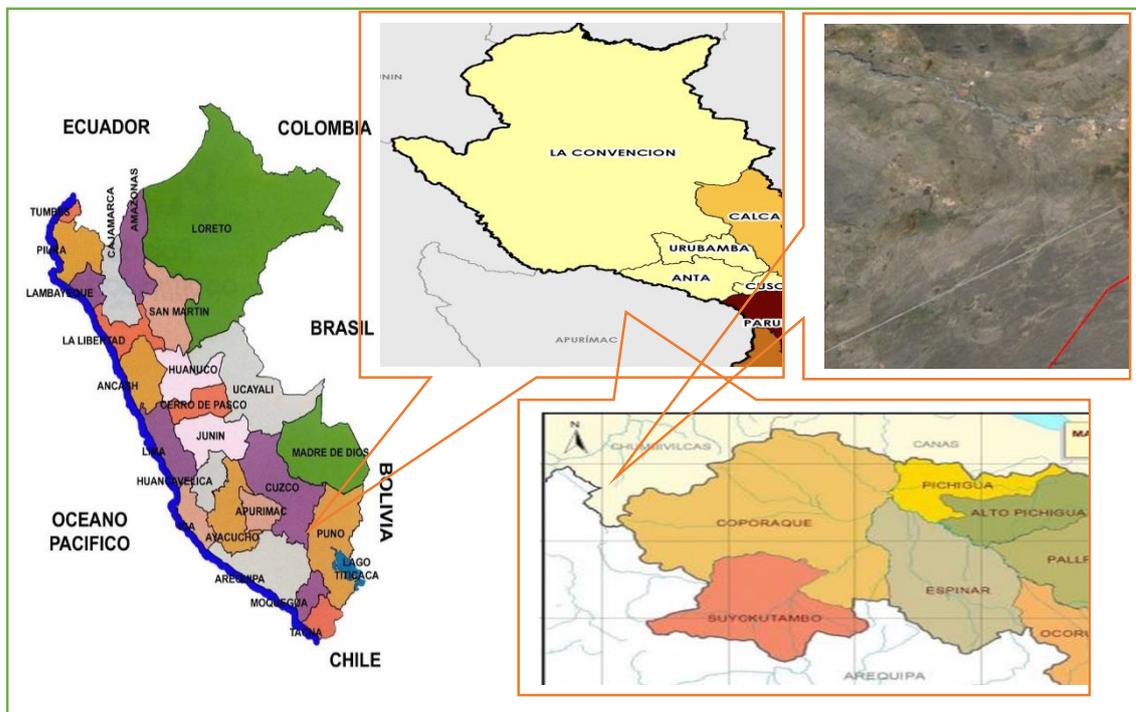
UTM 207,998.00 Este

UTM 8'365,781.49 Norte

##### 3.1.2. Demarcación Política

###### Ubicación política

- Región : Cusco
- Provincia : Espinar
- Distrito : Coporaque
- Comunidad : Querocollana



**Figura 133: Mapa de ubicación**

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.3. Demarcación Administrativa

Las Micro cuencas del riachuelo Cangalle, Cangalle, se enmarca dentro del ámbito jurisdiccional de la Administración Local de Agua Alto Apurímac Velille, cuya dependencia técnica, funcional y administrativa es de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), cuya sede central está en la Ciudad de Lima. La ANA, como ente rector y máxima Autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, está adscrito en el Ministerio de Agricultura.

La sede administrativa se encuentra ubicada en la ciudad de Yauri, distrito de Espinar, provincia de Espinar en la región Cusco.

### 3.1.4. Vías Acceso

**Tabla 2.**  
**Vías de comunicación – Área de Estudio**

| Desde         | Hasta         | Distancia<br>km. | Tiempo   | Tipo de vía          | Transporte |
|---------------|---------------|------------------|----------|----------------------|------------|
| Juliaca       | Sicuani       | 134              | 2:30 HR. | Asfaltado            | Terrestre  |
| Sicuani       | Espinar       | 98               | 2:00 HR. | Asfaltado y Afirmado | Terrestre  |
| Espinar       | Coporaque     | 55               | 0:30 HR  | Asfaltado y Afirmado | Terrestre  |
| Coporaque     | Urinsaya      | 14               | 0:15 HR  | Afirmado             | Terrestre  |
| Urinsaya      | Qquerocollana | 8                | 0:30 HR  | Afirmado y Trocha    | Terrestre  |
| Qquerocollana | Riego Pautiña | 4                | 0:30 HR. | Trocha               | Terrestre  |

*Fuente: Elaboración Propia*

## 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.

### 3.2.1. Materiales.

- Papel bond A-4.
- Libreta de apuntes.
- Lapicero, lápiz, etc.

### 3.2.2. Equipo.

- Equipo de cómputo (laptop).
- Cámara fotográfica.

- Nivel (marca Topcom).
- Teodolito (marca Topcom).
- Gps.
- Correntómetro.
- Flotadores.
- Cronómetros.
- Cinta Métrica.

### **3.2.3. Software Utilizado.**

- CIVIL 3D 2014 (versión en Inglés).
- AUTOCAD 2015 (versión en Inglés).
- Microsoft Office 2010.
- H canales

### **3.2.4. Servicios.**

- Ploteo de planos.
- Impresión, Fotocopias, anillados, escaneados y otros.

## **3.3. METODOLOGIA.**

### **3.3.1. Tipo de Investigación.**

El modelo de investigación es: Descriptivo y explicativo. Es descriptivo porque describe el comportamiento en un canal de concreto y es explicativo porque es una investigación cuantitativa que estudia el comportamiento de la rugosidad del canal de concreto en un periodo de vida útil. Ya que son fenómenos que han sucedido a través del tiempo y espacio.

### **3.3.2. Población y Muestra.**

#### **Población**

Para sujetar la presente investigación se consideró como población al total de datos tomados en el canal de riego, y solo se utilizó para determinar la velocidad y la rugosidad en el canal de concreto en 61 aforos.

#### **Muestra**

Para el presente estudio se consideró muestra al conjunto de lugares de donde se recopiló las muestras. Estos datos son considerados como muestreo aleatorio. Los datos a ser recopilados son determinación de velocidades.

Para la selección de estos lugares que se ubican dentro del Sistema de riego jaroñan de estudio tomo los siguientes criterios.

### **3.3.3. Planificación de los Trabajos.**

Para el desarrollo de la planificación de estrategias, planes, cronograma, metodología y criterios de optimización de los recursos se consideró los siguientes aspectos:

- El ámbito o amplitud del terreno en estudio
- El tiempo establecidos para lograr los trabajos programados
- La fecha tentativa de inicio de los trabajos de campo.
- Factores externos (clima, y otros)

Disponibilidad de equipos de medición para el análisis de las velocidades medias en dicho canal de proyecto.

### **3.3.4. Definición del Ámbito de Trabajo.**

Es uno de los procedimientos más importantes, en donde se define el ámbito de trabajo, el método usado es el método de la ecuación de Manning en este método la importancia de cualquier canal de concreto está enlazado con velocidad media. Es hecha una distinción entre río principal y el planteamiento del canal, en función del discernimiento de la velocidad y el caudal de ingreso al canal. Así, en cualquier confluencia, el canal principal será siempre aquel que posee la mayor la velocidad entre los canales secundarios.

El proceso es el estudio Topográfico que se ha realizado, en donde se verifico que se tiene pendientes suaves desde el inicio hasta el final del canal principal, para estos

trabajos se utilizó equipos de topografía como el teodolito, GPS, etc. en su trayectoria se ha verificado el área de captación, el eje principal de la línea de conducción y puntos de entrega a las parcelas. Dichos datos están procesados y representando bajo las curvas de nivel a cada un metro, los perfiles se presenta a escala horizontal 1:100 y los verticales 1:10.



**Figura 144. Imagen topográfica de estudio del proyecto**

*Fuente: Elaboración Propia*

El proceso de realizar el levantamiento topográfico, consistió en verificar si está de acuerdo al proyecto planteado, sobre el anterior plano digital, con información del ingreso de caudal al canal, pendientes y otras marcas con valores altitudinales. Una vez concluido ese proceso, se generó a realizar los ensayos de medición de velocidad, obteniéndose así una nueva información congregando a todos los ensayos obtenidos e ingresándole los valores obtenidos por la ANA (Autoridad Nacional de Agua) en su base de datos, el cual fue estructurado para recibir las diferentes velocidades.

### **3.3.5. Obtención de Información de Campo.**

La obtención de información de campo se registra en un cuaderno topográfico para tal fin con los datos identificados y datos generales, así mismo de la recolección de datos se efectuó el mismo ANA (Autoridad Nacional de Agua), durante dos mes aproximadamente y dividida en 4 grupos de trabajo, se tomó la decisión de realizar un levantamiento

topográfico, nivelación, medición de velocidad y fallas en el canal de proyecto, tanto para determinar la velocidad media y las pendientes. Según el plan de trabajo y la disponibilidad de acceso a materiales, equipos de medición de la ANA (Autoridad Nacional de Agua).

**a. Ubicación Política.**

Se describe la ubicación política del punto de estudio del canal de concreto: localidad, distrito, provincia, departamento y región.

**b. Ubicación del Punto de Muestreo.**

Se realizó la georreferenciación del punto de muestreo (norte y este) en coordenadas UTM (WGS84), así mismo como la altitud empleada un instrumento portátil de sistema de posicionamiento global (GPS).

**c. Descripción de observaciones y Toma de Fotografías.**

Se toma fotografías de los puntos de falla, plantas acuáticas, etc. para documentar el sitio, considerando las características del punto de donde se toma el estudio de investigación, incluyendo a una persona en imagen, al recibir los fotos reveladas o digitadas, se codifica poniendo las etiquetas con los siguiente información: identificación del sitio, para su archivo respectivo.



***Figura 155. Como se puede apreciar que se está midiendo el canal***

Fuente: Elaboración Propia

#### **d. Evaluación de la velocidad.**

Para las mediciones de la velocidad de los puntos de aforo se han empleado equipos portátiles de medición como Correntómetro; para precisar la velocidad. La medición se realizó siempre teniendo en cuenta y estando con un especialista de la ANA (Autoridad Nacional de Agua) para evitar errores en la lectura. Se muestra alguno de estos equipos portátiles en la siguiente fotografía.



*Figura 166. Los instrumentos utilizados en la medición de velocidad*

Fuente: Elaboración Propia

#### **e. Técnicas de Medición.**

La medición de velocidad es un punto crítico en el procedimiento de la determinación de la rugosidad en el canal de concreto. Por esa razón la medición se realizó cuidadosamente introduciendo el correntómetro al canal de concreto, en cada uno de los puntos de estudio seleccionados de tal manera que sea confiable y la más representativa la determinación de la velocidad de agua en el ámbito de estudio.

#### **3.3.6. Procesamiento de Información.**

Se realiza el estudio correspondiente en la revisión del expediente técnico del proyecto y la visita a campo donde se verifica la captación y el canal de distribución de canales de dicho riego donde se determina el estudios del proyecto, donde en el recorrido se encuentra diferentes causantes donde pueden causar variantes de velocidad y variantes de rugosidad en el canal principal y secundario donde la variabilidad de eficiencia de riego no estaría de acuerdo al diseño de riego.

Estas acciones son realizadas en gabinete, se inician con la codificación de los puntos de muestreo de los ríos, la complementación de la información obtenida en campo, sistematización de la información en archivo digital.

- Para la georreferenciación de los puntos de medición de velocidad del agua de los ríos se utilizó el sistema de coordenadas UTM WGS 84.

### **3.3.6.1. Replanteo Topográfico.**

Teniendo los datos del levantamiento topográfico, se realiza el cálculo de las coordenadas en Microsoft Excel, aplicando los conocimientos recopilados en el periodo de aprendizaje de la Universidad Peruana Unión.

Una vez calculadas las coordenadas de los puntos analizados en el levantamiento topográficos, se procedió a Dibujar la superficie del terreno usando el Software Autocad Civil 3D 2014.



***Figura 176. Los instrumentos utilizados en la obtención de nivel del terreno***

Fuente: Elaboración Propia

Luego de tener la superficie dibujada, se usaron los puntos tomados con GPS, a lo largo del eje del canal para tener una línea de referencia.

Después de dibujado el eje del canal, se realizó la corrección de este (debido a que el GPS tiene un ligero margen de error) mediante la herramienta Satelital del Civil 3D de Autodesk Inc.

Actualmente si tendríamos la coalición del canal principal y los ejes de los canales de derivación, además se colocan los puntos geométricos de curvas en cada tramo; luego se esquematiza el perfil del terreno a lo amplio de dichos ejes.

Una vez dibujados los perfiles de cada tramo del canal, se procedió a delimitar el centro de la inclinación del canal con los datos tomados con el Nivel Topográfico en campo, teniendo así la desigualdad entre el terreno natural y la inclinación del canal. Obteniendo además la altura de corte y alturas de relleno utilizadas en la obra.

Luego solo nos dedicamos a elaborar las bandas de detalle para cada perfil, para de este modo terminar con la elaboración de los planos de Planta y Perfiles (Anexo 04: Lámina 01 Plano General – Canal principal y derivaciones).

#### **3.3.6.2. Cálculo Hidráulico.**

Una vez desarrollado todo el procedimiento topográfico se ejecuta a proceder los cálculos hidráulicos necesarios.

Para iniciar comenzamos por los datos tomados de campo, además de los datos por la institución del ANA, local de Alto Apurímac –Velille. Dichos Datos son: Velocidad media de flujo, Sección del canal y Coordenadas de cada punto a estudiar a lo largo del sistema de riego.

La memoria de cálculo de cálculo se muestra en el Anexo 02.

## CAPITULO IV

### ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. Canal Actual – Canal de Máxima Eficiencia Hidráulica – Índice de Rugosidad de Manning.

Prosiguiendo el método adecuado, se logra los resultados que se presentan en las tablas. Con las estimaciones dados en dicha tabla se utiliza un análisis de la correlación entre el factor de rugosidad “n” y los componentes de la sección hidráulica que podría ejercer una influencia sobre su velocidad. Con respecto, que se determina que la magnitud de “n” no se ve influenciada por los parámetros hidráulicos de la sección de aforo.

Con el objetivo de comparar y realizar los análisis del coeficiente de Manning consiguiendo en los ensayos elaborados en el canal de concreto con pared de diferentes rugosidad, en la tabla 3 de acuerdo a muchos autores e investigadores.

**Tabla 3.**  
**Valores de rugosidad “n” de Manning según material de revestimiento.**

| Superficie  | n     |
|---|-------|
| Muy lisa, vidrio, plástico, cobre.                | 0.010 |
| Concreto muy liso.                                | 0.011 |
| Madera suave, metal, concreto frotachado.         | 0.013 |
| Canales de tierra en buenas condiciones.          | 0.017 |
| Canales naturales de tierra, libre de vegetación. | 0.020 |

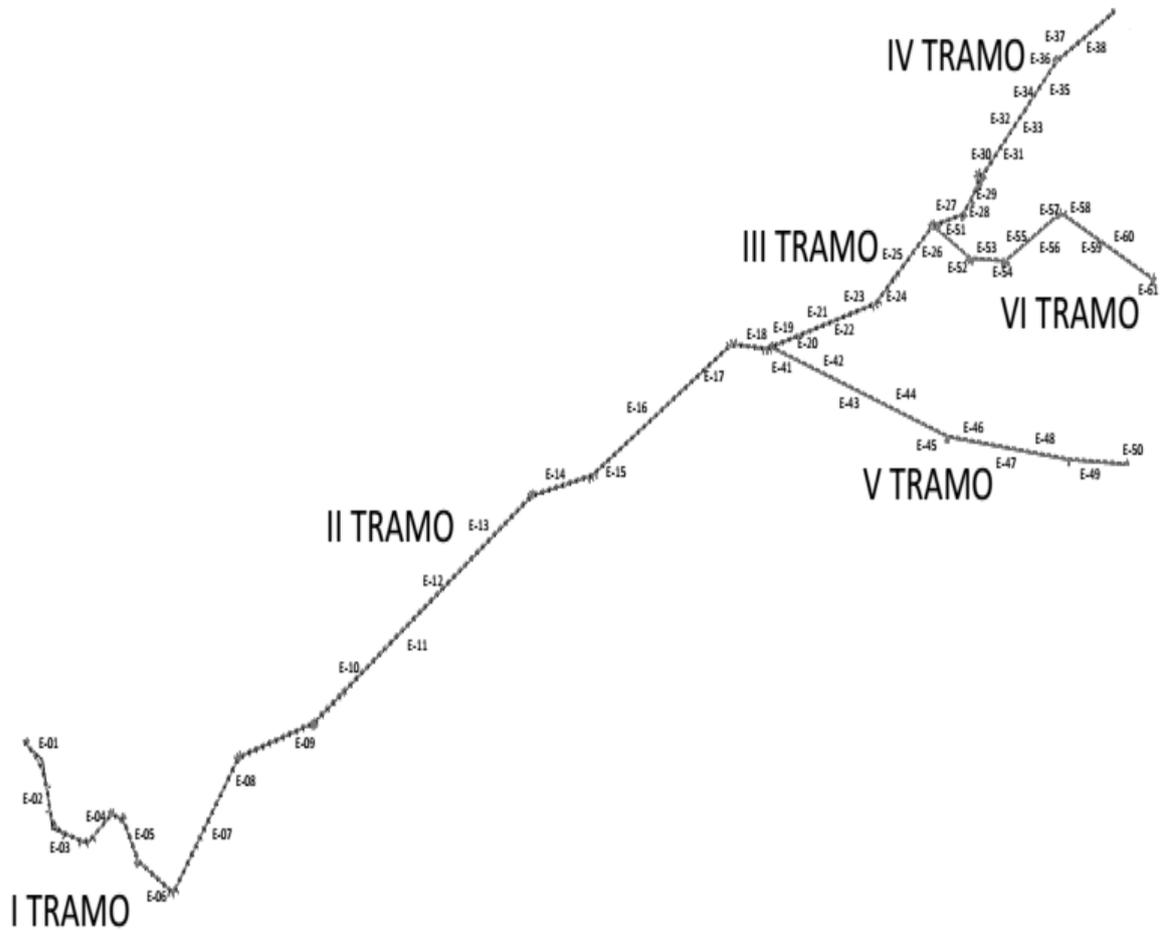
*Fuente: Hidráulica de canales. Máximo Villón / Hidráulica de Canales Abiertos. Ven te Chow.*

Estos fueron divididos en 6 tramos los cuales se presenta en la posterior ilustración 2, además se describen de la correlativa manera:

- Primer tramo: Canal Principal sección rectangular hasta el cambio de sección
- Segundo tramo: Canal Principal sección trapezoidal hasta el primer canal de derivación
- Tercer tramo: Canal Principal, entre los 2 canales de derivación
- Cuarto tramo: Canal Principal, desde el segundo canal de derivación hasta el final

- Quinto tramo: Primer canal de derivación
- Sexto tramo: Segundo canal de derivación

A continuación se muestran los cuadros con los resultados divididos en 6 tramos:



**Figura 187. Croquis de los tramos en el canal**

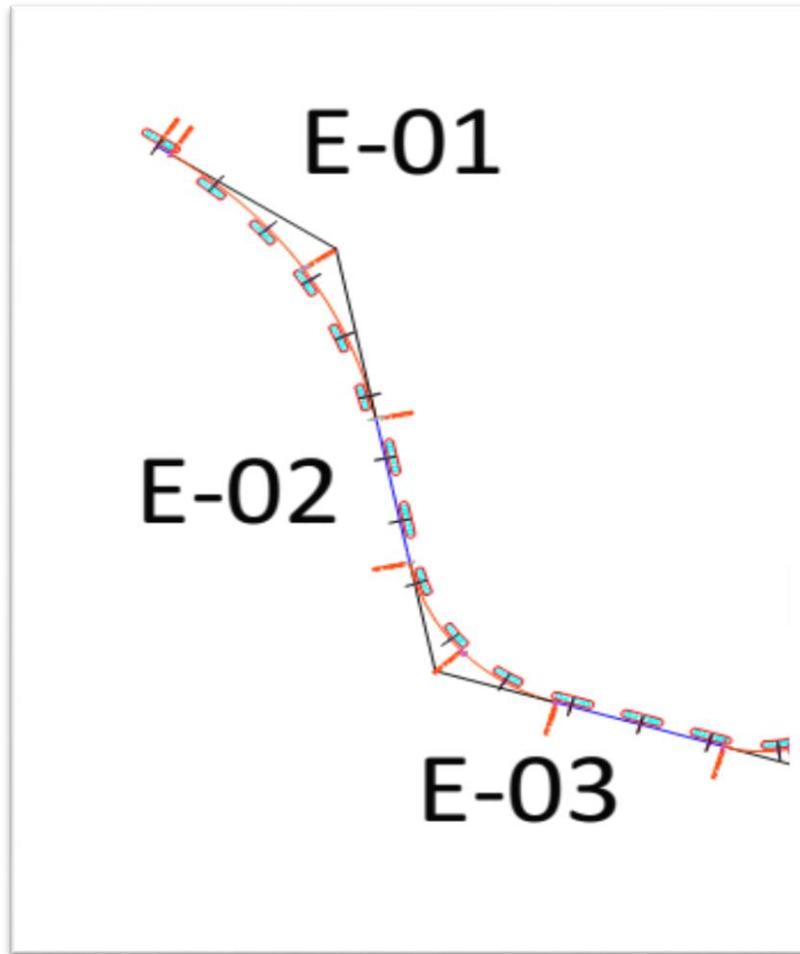
*Fuente: Elaboración Propia*

**Primer tramo: Canal Principal sección rectangular hasta el cambio de sección**

**Tabla 4.**  
**Resumen de resultados en el primer tramo**

| Estación | b (m) | t (m) | d (m) | S (%)  | V (m/s) | Q (m3/s) | n       |
|----------|-------|-------|-------|--------|---------|----------|---------|
| 1        | 0.40  | 0.40  | 0.058 | 0.0246 | 1.2496  | 0.0290   | 0.01587 |
| 2        | 0.39  | 0.39  | 0.059 | 0.0245 | 1.2462  | 0.0287   | 0.01596 |
| 3        | 0.40  | 0.40  | 0.056 | 0.0246 | 1.2523  | 0.0281   | 0.01555 |

*Fuente: Elaboración Propia*



*Figura 198. Croquis Primer tramo, señalando estaciones en estudio*

Fuente: Elaboración Propia

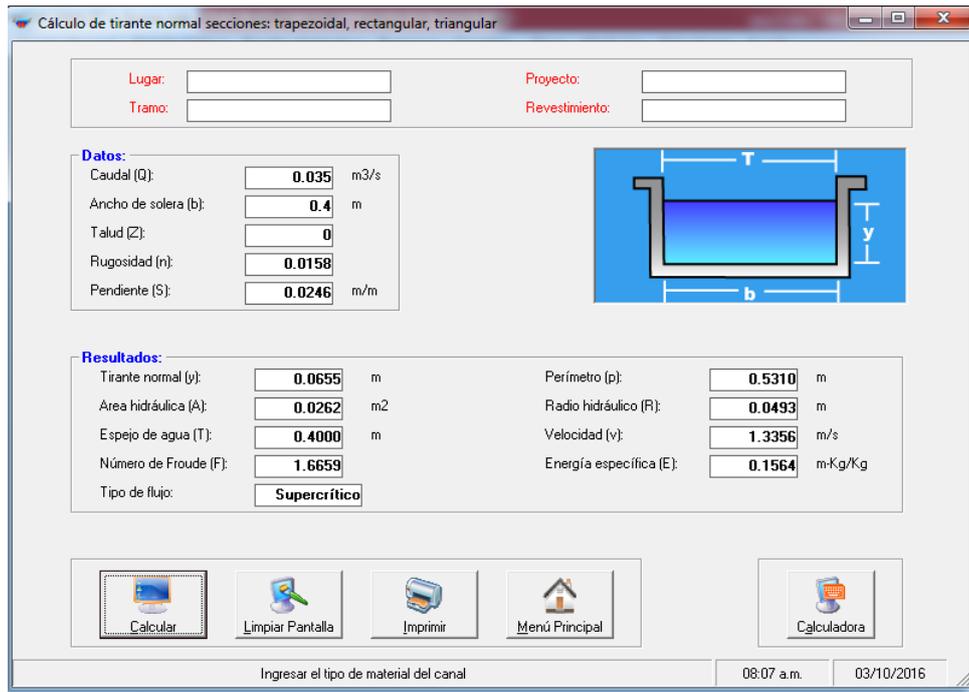


Figura 209. Datos de diseño en el primer tramo

Fuente: Elaboración Propia

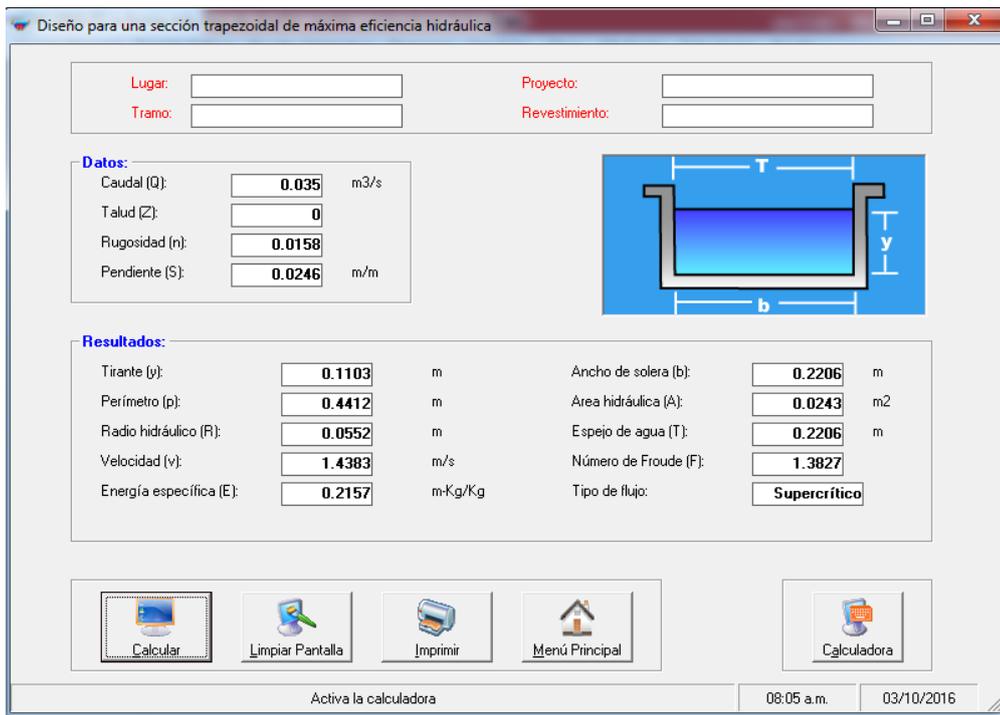


Figura 210. Rediseño con nuevo "n" índice de manning en el primer tramo

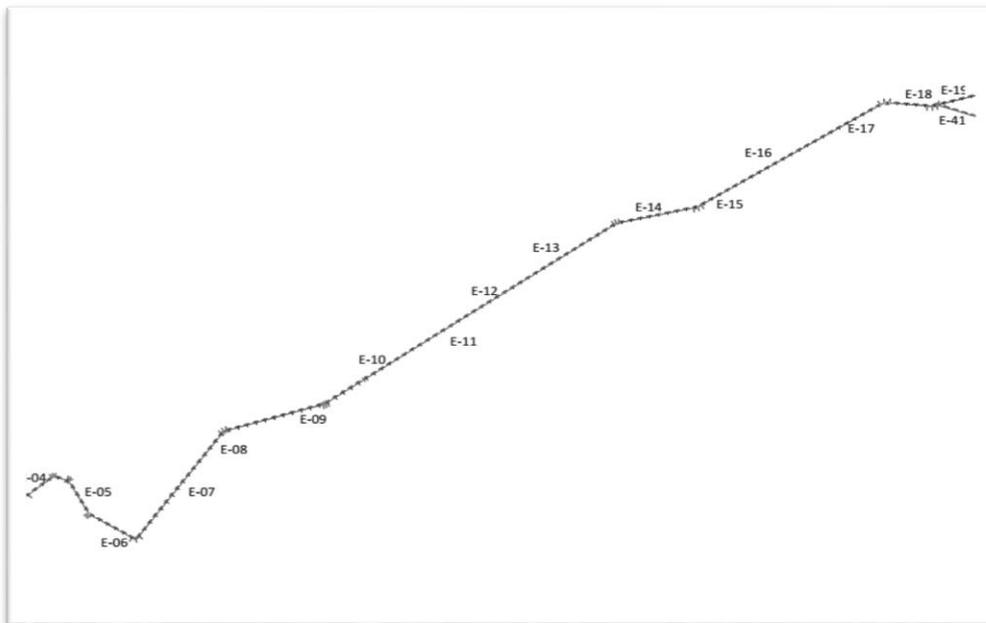
Fuente: Elaboración Propia

**Segundo tramo: Canal Principal sección trapezoidal hasta el primer canal de derivación**

**Tabla 5.**  
**Resumen de resultados en el segundo tramo**

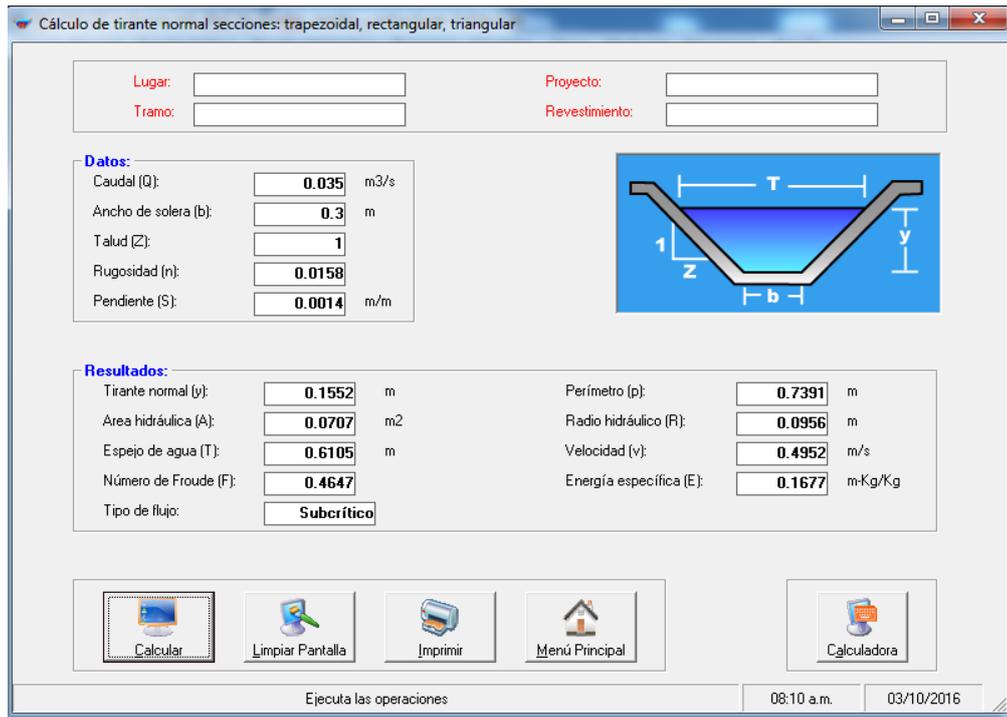
| Estación | b (m) | t (m) | d (m) | S (%)  | V (m/s) | Q (m3/s) | n       |
|----------|-------|-------|-------|--------|---------|----------|---------|
| 4        | 0.30  | 0.60  | 0.149 | 0.0015 | 0.4183  | 0.0280   | 0.01561 |
| 5        | 0.31  | 0.61  | 0.149 | 0.0014 | 0.4121  | 0.0282   | 0.01543 |
| 6        | 0.31  | 0.60  | 0.146 | 0.0015 | 0.4234  | 0.0282   | 0.01541 |
| 7        | 0.31  | 0.61  | 0.148 | 0.0015 | 0.4119  | 0.0279   | 0.01593 |
| 8        | 0.31  | 0.61  | 0.151 | 0.0014 | 0.4024  | 0.0280   | 0.01589 |
| 9        | 0.31  | 0.61  | 0.152 | 0.0013 | 0.3928  | 0.0276   | 0.01573 |
| 10       | 0.30  | 0.60  | 0.149 | 0.0015 | 0.4128  | 0.0276   | 0.01582 |
| 11       | 0.31  | 0.61  | 0.15  | 0.0013 | 0.3990  | 0.0275   | 0.0154  |
| 12       | 0.30  | 0.43  | 0.066 | 0.0228 | 1.1273  | 0.0272   | 0.01582 |
| 13       | 0.31  | 0.44  | 0.064 | 0.0232 | 1.1382  | 0.0272   | 0.01569 |
| 14       | 0.31  | 0.44  | 0.065 | 0.0229 | 1.1281  | 0.0275   | 0.01584 |
| 15       | 0.31  | 0.41  | 0.05  | 0.0506 | 1.4968  | 0.0269   | 0.01569 |
| 16       | 0.30  | 0.40  | 0.051 | 0.0503 | 1.5068  | 0.0270   | 0.01559 |
| 17       | 0.31  | 0.54  | 0.117 | 0.0031 | 0.5388  | 0.0269   | 0.01583 |
| 18       | 0.31  | 0.54  | 0.116 | 0.0032 | 0.5433  | 0.0268   | 0.01589 |

Fuente: Elaboración Propia



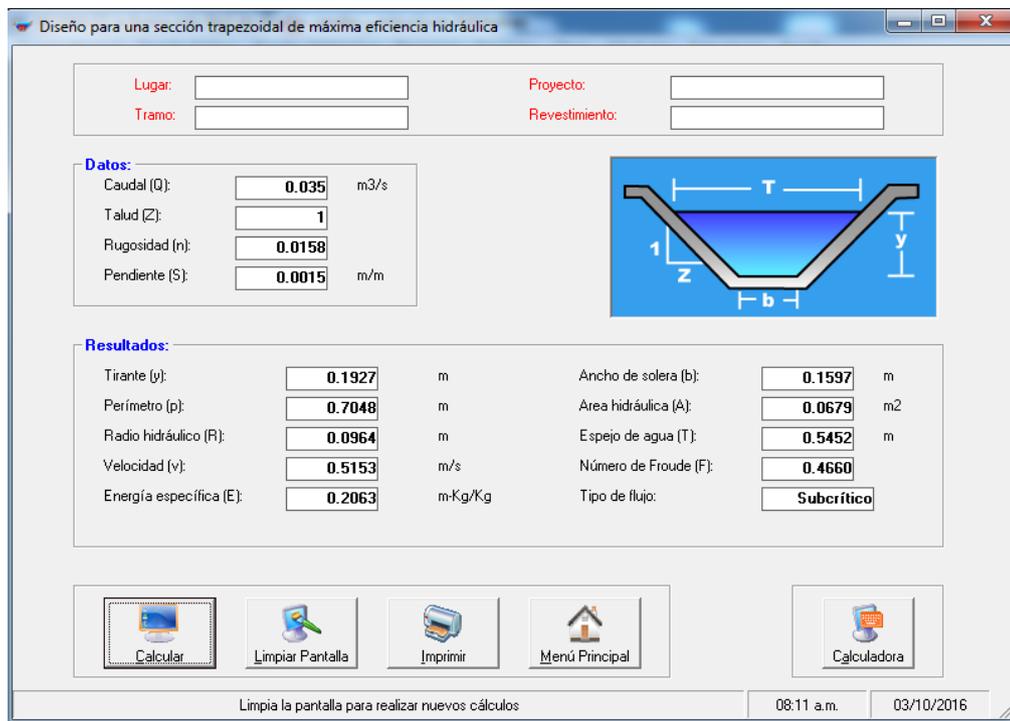
**Figura 221. Croquis segundo tramo, señalando estaciones en estudio**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 232. Datos de diseño en el segundo tramo**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 243. Rediseño con nuevo “n” índice de manning en el segundo tramo**

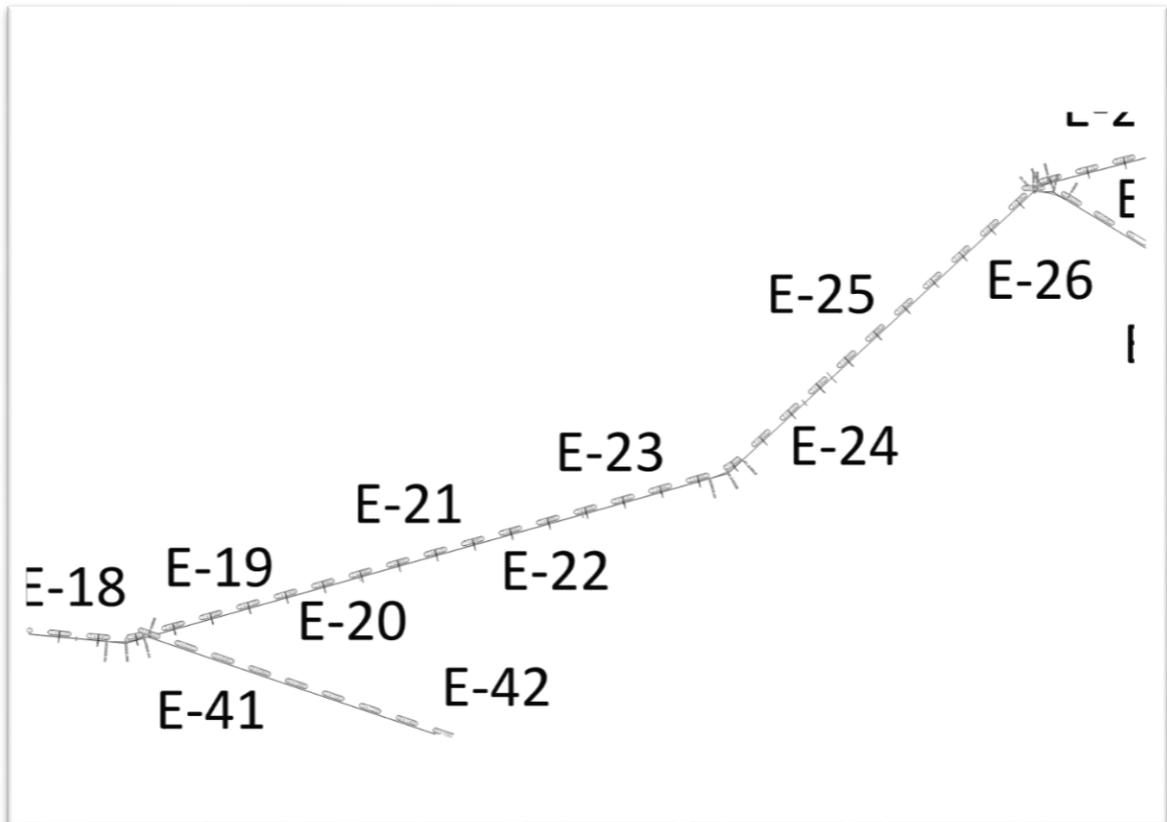
Fuente: Elaboración Propia

**Tercer tramo: Canal Principal, entre los 2 canales de derivación**

**Tabla 6.**  
**Resumen de resultados en el tercer tramo**

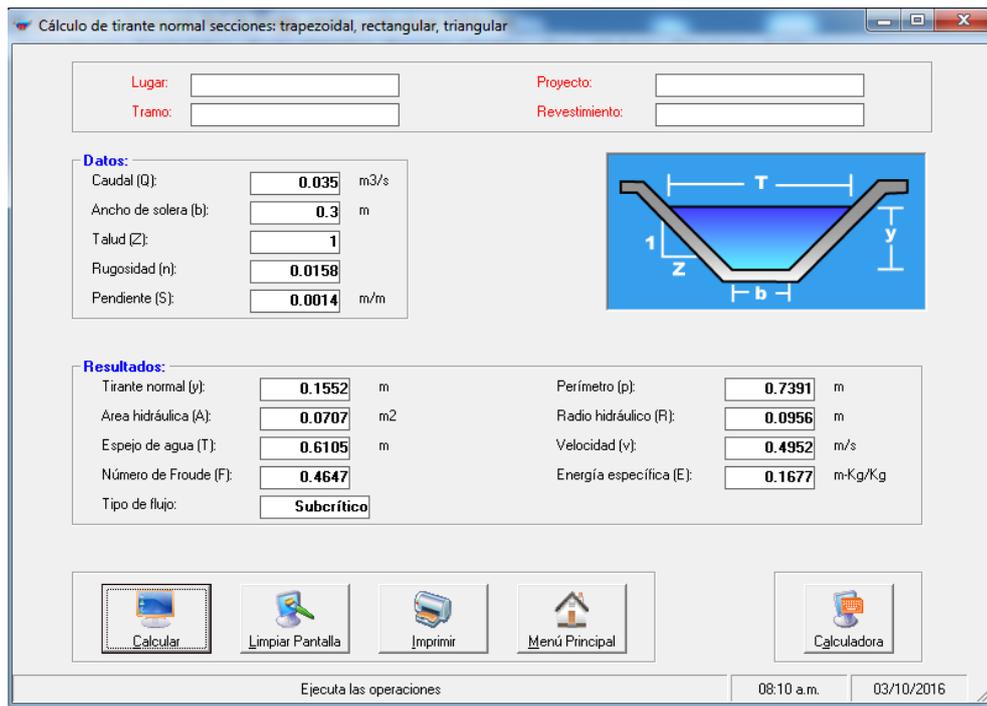
| Estación | b (m) | t (m) | d (m) | S (%)  | V (m/s) | Q (m3/s) | n       |
|----------|-------|-------|-------|--------|---------|----------|---------|
| 19       | 0.30  | 0.49  | 0.097 | 0.0032 | 0.5106  | 0.0197   | 0.01553 |
| 20       | 0.30  | 0.40  | 0.049 | 0.032  | 1.1532  | 0.0197   | 0.01594 |
| 21       | 0.31  | 0.41  | 0.048 | 0.0318 | 1.1431  | 0.0196   | 0.01597 |
| 22       | 0.30  | 0.40  | 0.049 | 0.032  | 1.1518  | 0.0197   | 0.01596 |
| 23       | 0.31  | 0.40  | 0.047 | 0.0319 | 1.1631  | 0.0195   | 0.01556 |
| 24       | 0.31  | 0.57  | 0.128 | 0.0011 | 0.3372  | 0.0189   | 0.01566 |
| 25       | 0.30  | 0.56  | 0.128 | 0.0012 | 0.3425  | 0.0188   | 0.01598 |
| 26       | 0.31  | 0.56  | 0.127 | 0.0011 | 0.3359  | 0.0186   | 0.01567 |

Fuente: Elaboración Propia



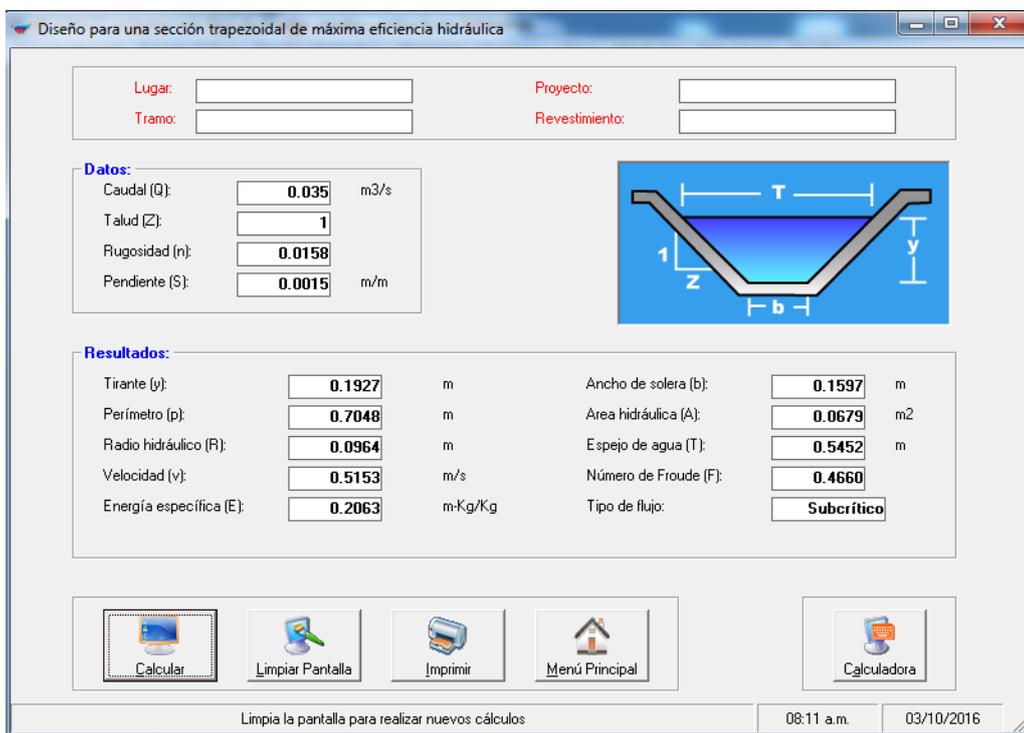
**Figura 254. Croquis tercer tramo, señalando estaciones en estudio**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 265. Datos de diseño en el tercer tramo**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 276. Rediseño con nuevo “n” índice de manning en el tercer tramo**

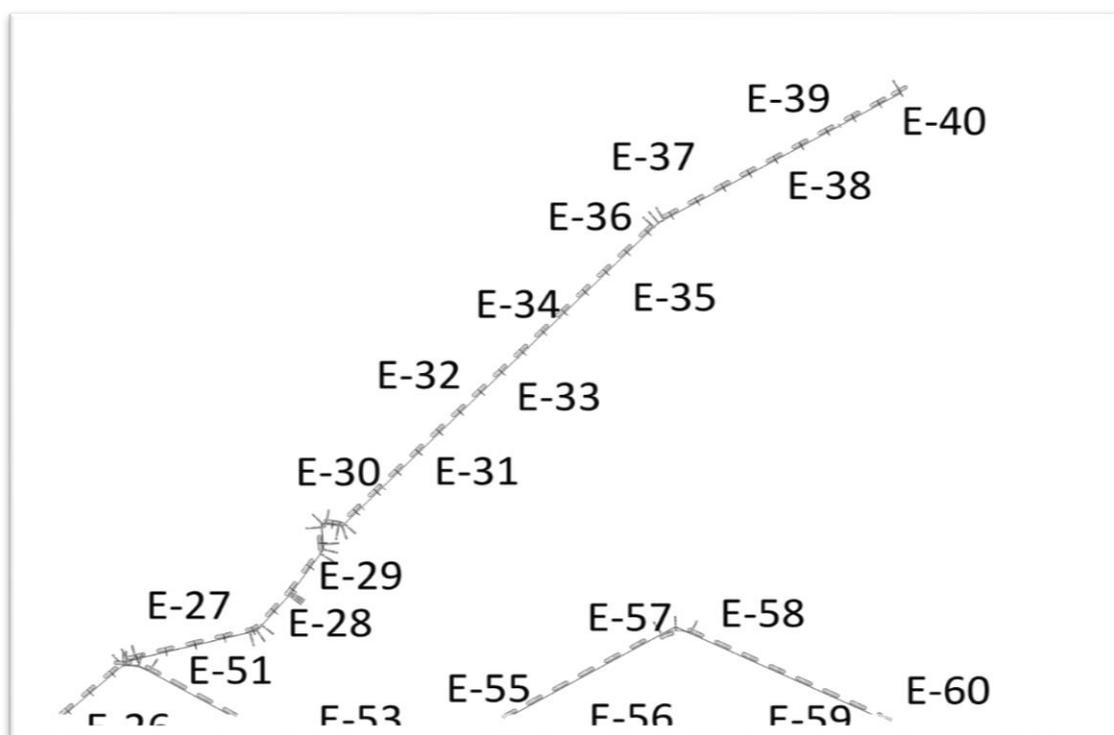
Fuente: Elaboración Propia

**Cuarto tramo: Canal Principal, desde el segundo canal de derivación hasta el final**

**Tabla 7.**  
**Resumen de resultados en el cuarto tramo**

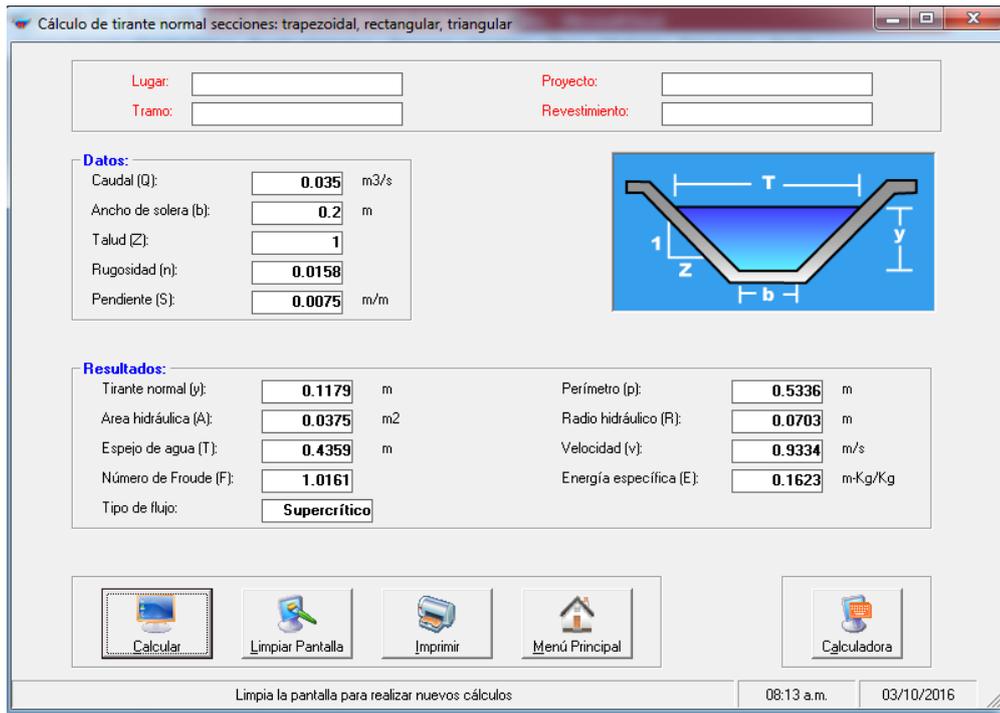
| Estación | b (m) | t (m) | d (m) | S (%)  | V (m/s) | Q (m3/s) | n       |
|----------|-------|-------|-------|--------|---------|----------|---------|
| 27       | 0.20  | 0.42  | 0.111 | 0.0013 | 0.3054  | 0.0105   | 0.01593 |
| 28       | 0.20  | 0.43  | 0.114 | 0.0011 | 0.2934  | 0.0105   | 0.01543 |
| 29       | 0.20  | 0.43  | 0.117 | 0.001  | 0.2807  | 0.0104   | 0.01555 |
| 30       | 0.20  | 0.42  | 0.108 | 0.0013 | 0.3078  | 0.0102   | 0.01562 |
| 31       | 0.20  | 0.41  | 0.107 | 0.0013 | 0.3086  | 0.0101   | 0.01552 |
| 32       | 0.20  | 0.43  | 0.113 | 0.0011 | 0.2836  | 0.0100   | 0.0159  |
| 33       | 0.20  | 0.32  | 0.059 | 0.0099 | 0.6517  | 0.0100   | 0.01569 |
| 34       | 0.20  | 0.32  | 0.058 | 0.0099 | 0.6472  | 0.0097   | 0.01568 |
| 35       | 0.20  | 0.33  | 0.064 | 0.0072 | 0.5730  | 0.0097   | 0.01577 |
| 36       | 0.20  | 0.33  | 0.064 | 0.0072 | 0.5712  | 0.0097   | 0.01582 |
| 37       | 0.20  | 0.32  | 0.062 | 0.0073 | 0.5800  | 0.0094   | 0.01547 |
| 38       | 0.20  | 0.32  | 0.062 | 0.0076 | 0.5824  | 0.0095   | 0.01572 |
| 39       | 0.20  | 0.32  | 0.06  | 0.0075 | 0.5822  | 0.0091   | 0.0154  |
| 40       | 0.20  | 0.32  | 0.062 | 0.0072 | 0.5694  | 0.0092   | 0.01565 |

Fuente: Elaboración Propia



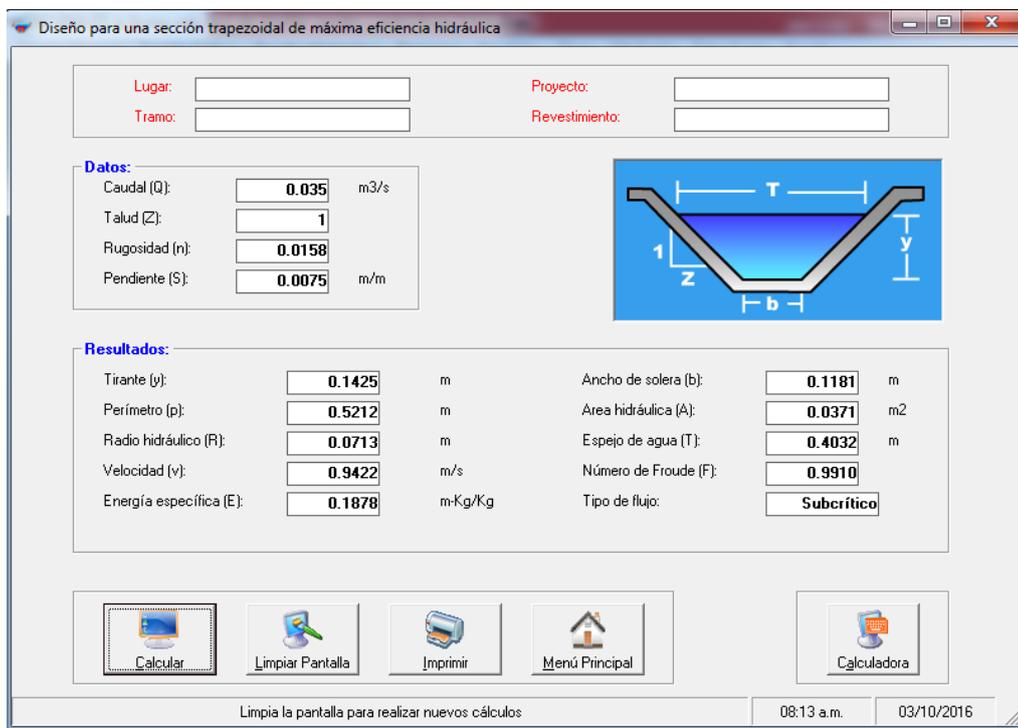
**Figura 287. Croquis cuarto tramo, señalando estaciones en estudio**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 298. Datos de diseño en el cuarto tramo**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 309. Rediseño con nuevo "n" índice de manning en el cuarto tramo**

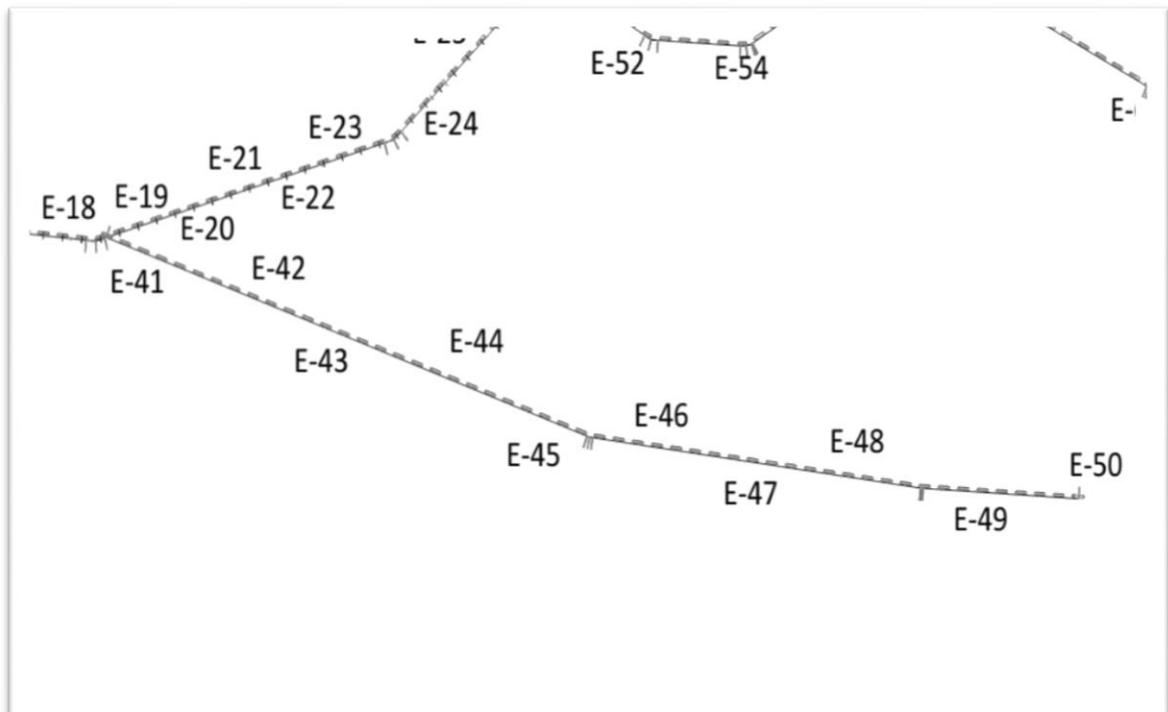
Fuente: Elaboración Propia

**Quinto tramo: Primer canal de derivación**

**Tabla 8.**  
**Resumen de resultados en el quinto tramo**

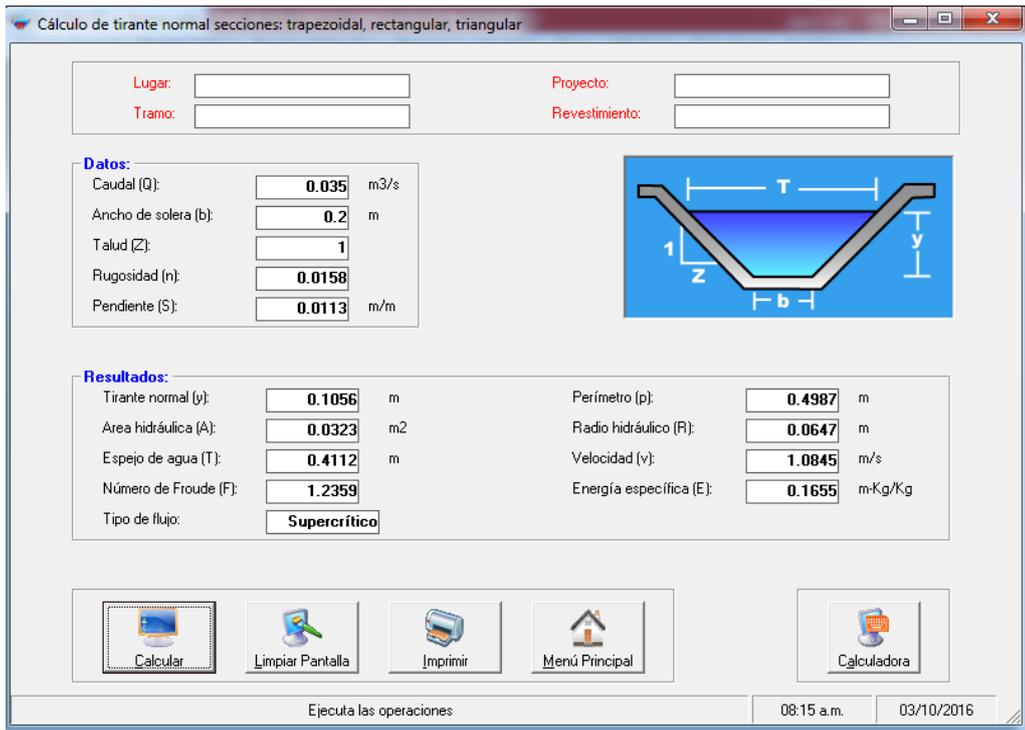
| Estación | b (m) | t (m) | d (m) | S (%)  | V (m/s) | Q (m3/s) | n       |
|----------|-------|-------|-------|--------|---------|----------|---------|
| 41       | 0.20  | 0.29  | 0.044 | 0.0205 | 0.8235  | 0.0088   | 0.01567 |
| 42       | 0.20  | 0.28  | 0.042 | 0.0205 | 0.7970  | 0.0081   | 0.01585 |
| 43       | 0.20  | 0.26  | 0.028 | 0.0696 | 1.2236  | 0.0078   | 0.01569 |
| 44       | 0.20  | 0.26  | 0.028 | 0.0697 | 1.2331  | 0.0079   | 0.01558 |
| 45       | 0.20  | 0.30  | 0.05  | 0.0113 | 0.6372  | 0.0080   | 0.01593 |
| 46       | 0.20  | 0.30  | 0.049 | 0.0116 | 0.6492  | 0.0079   | 0.0157  |
| 47       | 0.20  | 0.30  | 0.049 | 0.0112 | 0.6267  | 0.0076   | 0.01598 |
| 48       | 0.20  | 0.32  | 0.062 | 0.0047 | 0.4675  | 0.0076   | 0.0154  |
| 49       | 0.20  | 0.32  | 0.062 | 0.0047 | 0.4630  | 0.0075   | 0.01555 |
| 50       | 0.20  | 0.33  | 0.064 | 0.0043 | 0.4397  | 0.0074   | 0.01588 |

Fuente: Elaboración Propia



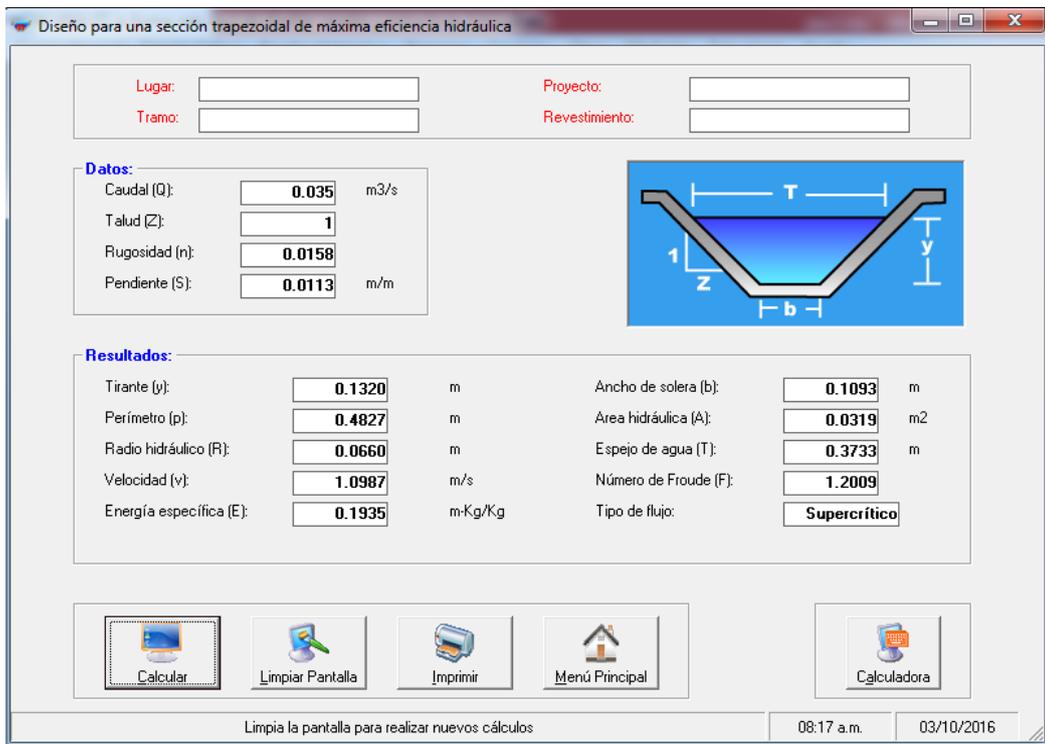
**Figura 310. Croquis quinto tramo, señalando estaciones en estudio**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 321. Datos de diseño en el quinto tramo**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 332. Rediseño con nuevo “n” índice de manning en el quinto tramo**

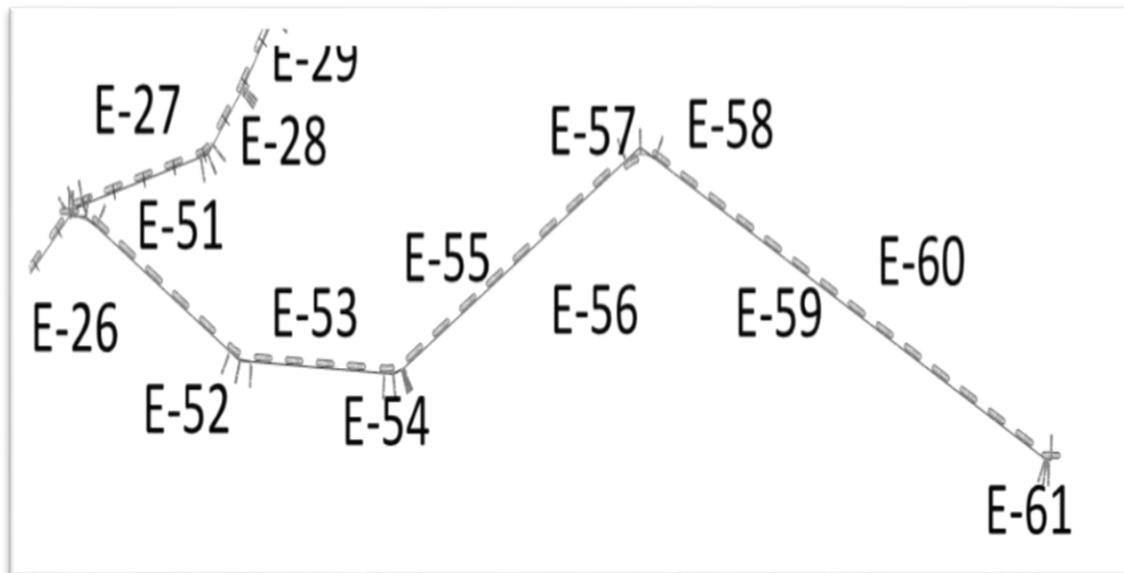
Fuente: Elaboración Propia

**Sexto tramo: Segundo canal de derivación**

**Tabla 9.**  
**Resumen de resultados en el sexto tramo**

| Estación | b (m) | t (m) | d (m) | S (%)  | V (m/s) | Q (m3/s) | n       |
|----------|-------|-------|-------|--------|---------|----------|---------|
| 51       | 0.20  | 0.29  | 0.046 | 0.015  | 0.7314  | 0.0083   | 0.0154  |
| 52       | 0.20  | 0.29  | 0.047 | 0.015  | 0.7172  | 0.0083   | 0.01586 |
| 53       | 0.20  | 0.33  | 0.064 | 0.0052 | 0.4882  | 0.0082   | 0.01573 |
| 54       | 0.20  | 0.33  | 0.063 | 0.0051 | 0.4762  | 0.0079   | 0.01586 |
| 55       | 0.20  | 0.32  | 0.062 | 0.0051 | 0.4799  | 0.0078   | 0.01563 |
| 56       | 0.20  | 0.29  | 0.045 | 0.016  | 0.7355  | 0.0081   | 0.01566 |
| 57       | 0.20  | 0.29  | 0.044 | 0.0159 | 0.7346  | 0.0079   | 0.01547 |
| 58       | 0.20  | 0.29  | 0.045 | 0.016  | 0.7203  | 0.0079   | 0.01599 |
| 59       | 0.20  | 0.29  | 0.043 | 0.017  | 0.7426  | 0.0078   | 0.01566 |
| 60       | 0.20  | 0.28  | 0.042 | 0.0171 | 0.7307  | 0.0074   | 0.01579 |
| 61       | 0.20  | 0.35  | 0.075 | 0.0023 | 0.3550  | 0.0073   | 0.01541 |

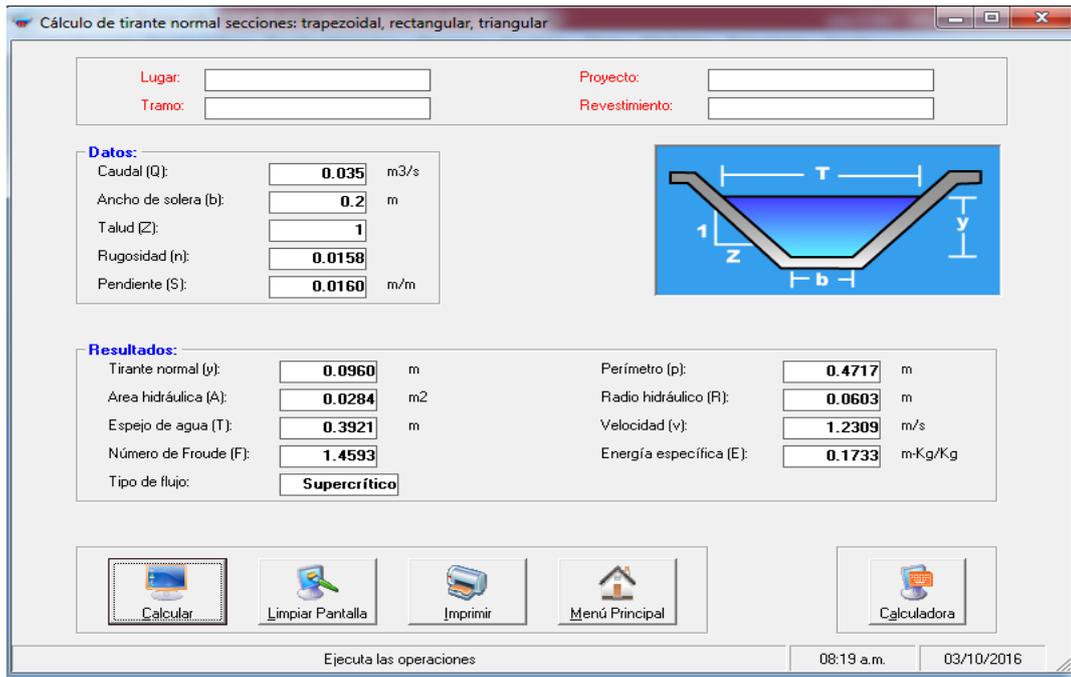
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 343. Croquis sexto tramo, señalando estaciones en estudio**

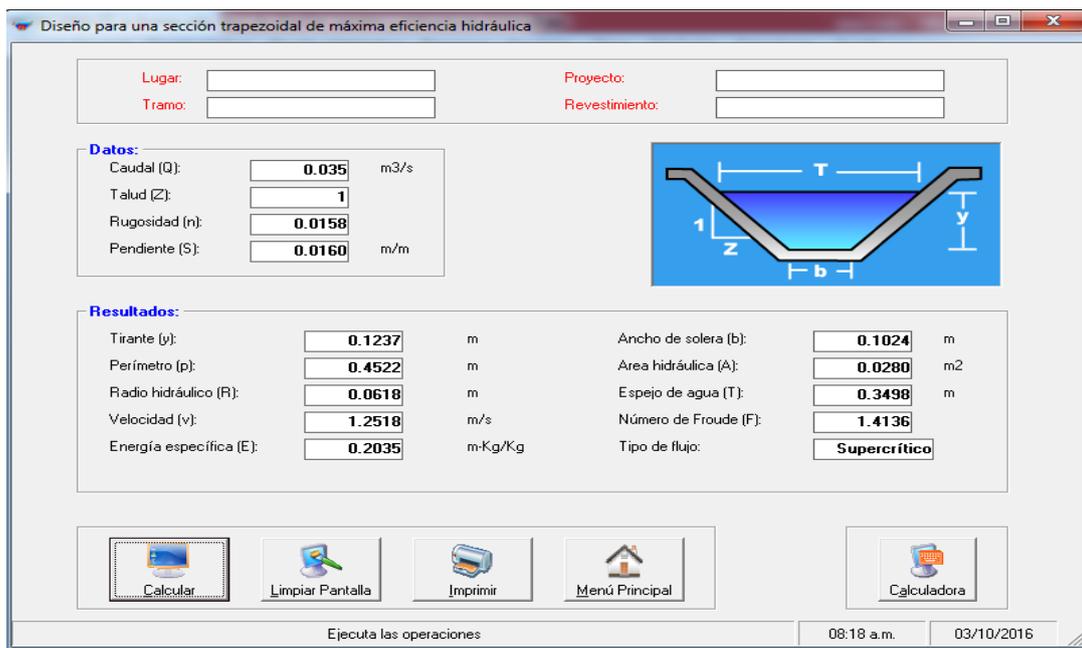
Fuente: Elaboración Propia

Estas variaciones en la rugosidad del concreto se deben a que el canal se encuentra fisuras en donde el caudal de agua varia, decir que el canal de concreto en la base de algunos tramos solo se veía el suelo y también cambia la velocidad y también se encontró que algunos tramos ya no cuenta el revestimiento adecuado en el concreto en donde tenemos variación de velocidad en donde afecta a la rugosidad.



**Figura 354. Datos de diseño en el sexto tramo**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 365. Rediseño con nuevo "n" índice de manning en el quinto tramo**

Fuente: Elaboración Propia

Muchos investigadores han usado la rugosidad de Manning como parámetro, de acuerdo a los resultados se aprecia que tenemos variación de rugosidad de Manning, Nótese que el cambio de rugosidad es variable en las tablas de resultados debido al cambio de velocidades.

Así como menciona que la rugosidad de Manning es  $n = 0.0014$  según varios investigadores y autores, en el ensayo realizado tenemos que nuestra rugosidad de Manning es  $n = 0.00158$  ya que tenemos una variación, también se explicó anteriormente que los cambios de velocidad media son fundamentales para el cambio de rugosidad. Es indudable que la fórmula existe en la actualidad, las que determinan los coeficientes de Manning solo en función de la rugosidad, y lo comparamos mediante un software a continuación.

#### 4.1.2. Eficiencia de Conducción

##### *En Canal Principal*

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

$$Efc = \frac{0.0092497 + \sum(0.0088413 + 0.0082768)}{0.0289915} \times 100$$

$$Efc = 90.95\%$$

##### *En Canal de Derivación N° 01*

$$Efc = \frac{\text{Caudal que llega al final del Canal de Derivación}}{\text{Caudal de agua que entra al canal de derivación}} \times 100$$

$$Efc = \frac{0.0074297}{0.0088413} \times 100$$

$$Efc = 84.03\%$$

##### *En Canal de Derivación N° 02*

$$Efc = \frac{\text{Caudal que llega al final del Canal de Derivación}}{\text{Caudal de agua que entra al canal de derivación}} \times 100$$

$$Efc = \frac{0.0073214}{0.0082768} \times 100$$

$$Efc = 88.46\%$$

De acuerdo a los resultados de la eficiencia de conducción es debido a la rugosidad del concreto, según el expediente técnico del proyecto menciona que está al 100% durante un periodo de vida útil de 10 años, pero realizamos los ensayos en el periodo de vida útil de 5 años en donde obtuvimos los resultados donde nos muestran que tenemos la eficiencia de conducción de 87.813% en el proyecto de ejecución, en donde tenemos una varia el 12.187% de la eficiencia de conducción.

Finalmente, el coeficiente de la variable que recoge el canal es significativo, lo que indica un efecto negativo de la antigüedad sobre la eficiencia, con otras palabras, cuanto más conservado el canal de conducción es mayor es su eficiencia. Este resultado permite aceptar la hipó- tesis 3 de que la antigüedad de la canal afecta a su eficiencia.

## CONCLUSIONES

Como resultado final del presente trabajo de Análisis de la Rugosidad en Canal de Concreto, para la Evaluación de la Eficiencia de Conducción del Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautiña Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar – Cusco, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

Se ha logrado identificar un total de 61 puntos de donde se tomaron las mediciones de velocidad en el canal de concreto para analizar la rugosidad y evaluación de la eficiencia de conducción.

- La eficiencia de conducción de los canales del sistema de riego del “Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautiña Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar – Cusco” es solo del 87. %, esto debido al cambio de rugosidad pues este genera una pérdida de caudal, reduciendo la eficiencia de la misma.
- La variación de la rugosidad en las paredes del canal principal del Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautiña Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque - Espinar - Cusco, en un tiempo de 5 años de servicio produce una variación en la velocidad media de flujo, elevándola un promedio del 20% en la mayoría de los tramos.
- La rugosidad de las paredes y la base del canal de concreto, al transcurrir el tiempo aumenta de  $n = 0.014$  a  $n = 0.0158$  en promedio influyendo en el cambio de la velocidad media con relación al diseño.
- El Cambio de Velocidad media por la variación de la rugosidad en el canal, afecta en la estructura de la misma, deteriorando la superficie del canal y provocando erosión entre otros mencionados.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener en consideración la rugosidad de Manning ya que la rugosidad que es frecuente para el planteamiento de canales revestidos de concreto, se debe considerar en cuenta el desgaste del mismo.
- Se plantea realizar acciones de mantenimiento periódicamente para evitar el cambio brusco en la rugosidad del concreto.
- Respecto a avances en relación a la investigación se recomienda realizar el estudio de dicho índice bajo diferentes condiciones físicas, evaluadas a través del tiempo, es decir, realizar un cálculo del índice de rugosidad anual, de manera periódica para realizar un mejor análisis.
- Realizar un estudio del coeficiente de rugosidad en condiciones climáticas distintas, señalando distintos problemas generados por la variación del mismo.

## BIBLIOGRAFIA

- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*. Lima, Peru.
- Azevedo, N., & Alvarez, G. (2012). *Canales . Laderas Andinas*.
- Chanson, H. (2002). *Hidraulica del Flujo en Canales Abiertos*. Bogota, Colombia: McGraw-Hill.
- Chow, V. T. (1994). *Hidraulica de Canales Abiertos*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A.
- Sotelo, G. A. (2002). *Hidraulica de Canales*. Mexico, UNAM, Facultad de ingenieria, 836 p.
- Euler, L. (1707 - 1783).
- Gallegos, H. G. (s.f.). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Fundación Ica, Perú: UNAM.
- Gonzales , M. (2007). *Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning en tuberías de drenaje (Hormigón)*. Chillán, Chile: Universidad de Concepción.
- Guevara, E. M. (1986). *Teoría de Flujo Libre*. Cauca, Colombia: Universidad de Cauca.
- Huaiquivil, D. (2005). *Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning*. Universidad de Concepción, Fac. de Ing. Agríc., Depto.: Memoria de título, Ing. Civil.
- Lagrange, J.-L. (1736-1813).
- Ministerio de Vivienda. (2005). *Reglamento Nacional de Eficcaciones*. Lima, Perú.
- Moran, W. C. *Mecanica de Fluidos 2*. Lima - Peru: PUCP.
- Naudascher, E. (s.f.). *Hidráulica de Canales*. Limunsa.
- Ochoa, L. (1992). *Métodos y Sistemas de Medición de Gasto*. México D.F. - México: Instituto Mexicano de Tecnología de Agua.
- Hudson N. W. (1997). *Medicion sobre el terreno de la erosion del suelo y de la escorrentia*. FAO 68: Roma.
- Pedro Rodriguez, R. (2008). *Hidráulica de canales*. Oxaca Juarez: Limusa.
- Rocha Felices, A. (1978). *HIDRAULICA DE TUBERIAS Y CANALES*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.

- Rodriguez Diaz, A. (2009). *HIDRAULICA EXPERIMENTAL*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingenieria.
- Rodriguez Ruiz , P. (2008). *Hidráulica de canales*. Oxaca Juarez: Limusa.
- RODRIGUEZ RUIZ, P. (2008). *Hidráulica de canales*. Oxaca Juarez: Limusa.
- Ronald V. Giles, s. S. (s.f.). *Mecanica de Fluidos e Hidráulica*. Mc Graw - Hill.
- Ruberto , A., Carreras, J., & Depettris, C. (2003). *Estudio exploratorio de la sensibilidad del coeficiente de rugosidad en un rio de llanura*. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste.
- Shames, I. H. (1995). *Mecanica de fluidos*. Bogota: McGraw-Hill.
- Sotelo, G. Á. (s.f.). *Apuntes de hidráulica II*. Mexico.
- Streeter , V. L., Wylie , B. E., & Bedford, K. W. (2000). *Mecánica de Fluidos*. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- UNI. (2008). Determinación del Coeficiente de Rugosidad de Manning. *Universidad Nacional de Ingenieria*, 10-11.
- Ven Te Chow. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Santa Fé de Bogotá Colombia: Marthe Edna Suárez R.
- Villón, M. (2003). *Diseño de estructuras hidráulicas*. Lima: 2da Ed, Editorial Villón.
- Villón, M. (2007). *Hidráulica de canales*. Lima: 2da Ed, Editorial Villón.
- Weber, J., Menéndez, Á., & Elaskar, S. (2002). *La modelación numérica de la distribución del flujo a superficie libre en secciones compuestas* . Paraná: Universidad Nacional de Córdoba.
- White, F. (2004). *Mecánica de Fluidos*. (5a ed.). Madrid España: McGraw-Hill.

ANEXOS

# ANEXOS

**Anexo A. Cuadros de Aforo de la Autoridad Nacional del Agua**



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
 "Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

| <b>AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA</b>  |                      |              |                        |            |         |            |               |         |
|---|----------------------|--------------|------------------------|------------|---------|------------|---------------|---------|
| <b>ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA ALTO APURIMAC VELILLE</b>                   |                      |              |                        |            |         |            |               |         |
| <b>AFORO DE AGUA CAPTACIONES DEL CANALES PROYECTO DE RIEGO JAROÑAN 2016</b> |                      |              |                        |            |         |            |               |         |
| <b>RESUMEN GENERAL DE AFOROS CON CORRENTOMETRO MES, AGOSTO DE 2016</b>      |                      |              |                        |            |         |            |               |         |
| Nro   | ESTACION DE AFORO    | FUENTE       | Coordenadas UTM WGS-84 |            |         | FECHA      | AFORO /CAUDAL | UND     |
|   |                      |              | ESTE                   | NORTE      | ALTITUD |            |               |         |
| 1   | Toma Captación       | Rio Cangalle | 207992.00              | 8365772.00 | 4086.00 | 05/08/2016 | 0.029         | lts/seg |
| 2   | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 208059.00              | 8365692.00 | 4084.00 | 05/08/2016 | 0.029         | lts/seg |
| 3   | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 208140.00              | 8365607.00 | 4082.00 | 05/08/2016 | 0.028         | lts/seg |
| 4   | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 208290.00              | 8365526.00 | 4080.00 | 05/08/2016 | 0.028         | lts/seg |
| 5   | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 208443.00              | 8365542.00 | 4079.00 | 05/08/2016 | 0.028         | lts/seg |
| 6   | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 208519.00              | 8365643.00 | 4079.00 | 05/08/2016 | 0.028         | lts/seg |
| 7   | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 208582.00              | 8365730.00 | 4077.00 | 05/08/2016 | 0.028         | lts/seg |
| 8   | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 208649.00              | 8365769.00 | 4076.00 | 05/08/2016 | 0.028         | lts/seg |
| 9   | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 208820.00              | 8365832.00 | 4074.00 | 05/08/2016 | 0.028         | lts/seg |
| 10  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 208877.00              | 8365854.00 | 4073.00 | 05/08/2016 | 0.028         | lts/seg |
| 11  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 208943.00              | 8365900.00 | 4072.00 | 05/08/2016 | 0.028         | lts/seg |
| 12  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 209115.00              | 8366022.00 | 4069.00 | 05/08/2016 | 0.027         | lts/seg |



ADMINISTRACION LOCAL DEL AGUA  
 ALTO APURIMAC VELILLE

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

| AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA   |                      |              |                        |            |         |            |               |         |
|---|----------------------|--------------|------------------------|------------|---------|------------|---------------|---------|
| ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA ALTO APURIMAC VELILLE                      |                      |              |                        |            |         |            |               |         |
| AFORO DE AGUA CAPTACIONES DEL CANALES PROYECTO DE RIEGO<br>JAROÑAN 2016 |                      |              |                        |            |         |            |               |         |
| RESUMEN GENERAL DE AFOROS CON CORRENTOMETRO MES, AGOSTO DE 2016         |                      |              |                        |            |         |            |               |         |
| Nro   | ESTACION DE AFORO    | FUENTE       | Coordenadas UTM WGS-84 |            |         | FECHA      | AFORO /CAUDAL | UND     |
|   |                      |              | ESTE                   | NORTE      | ALTITUD |            |               |         |
| 13  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 209241.00              | 8366113.00 | 4067.00 | 05/08/2016 | 0.027         | lts/seg |
| 14  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 209307.00              | 8366155.00 | 4065.00 | 05/08/2016 | 0.027         | lts/seg |
| 15  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 209396.00              | 8366222.00 | 4064.00 | 05/08/2016 | 0.027         | lts/seg |
| 16  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 209457.00              | 8366255.00 | 4063.00 | 05/08/2016 | 0.027         | lts/seg |
| 17  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 209579.00              | 8366284.00 | 4060.00 | 05/08/2016 | 0.027         | lts/seg |
| 18  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 209633.00              | 8366303.00 | 4058.00 | 05/08/2016 | 0.027         | lts/seg |
| 19  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 209715.00              | 8366352.00 | 4057.00 | 05/08/2016 | 0.020         | lts/seg |
| 20  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 209803.00              | 8366411.00 | 4056.00 | 07/08/2016 | 0.020         | lts/seg |
| 21  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 209904.00              | 8366477.00 | 4055.00 | 07/08/2016 | 0.020         | lts/seg |
| 22  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 209962.00              | 8366520.00 | 4054.00 | 07/08/2016 | 0.020         | lts/seg |
| 23  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210012.00              | 8366541.00 | 4053.00 | 07/08/2016 | 0.020         | lts/seg |
| 24  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210075.00              | 8366534.00 | 4051.00 | 07/08/2016 | 0.019         | lts/seg |



ADMINISTRACIÓN LOCAL DEL AGUA  
ALTO APURIMAC VELILLE

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

| AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA   |                      |              |                        |            |         |            |               |         |
|---|----------------------|--------------|------------------------|------------|---------|------------|---------------|---------|
| ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA ALTO APURIMAC VELILLE                      |                      |              |                        |            |         |            |               |         |
| AFORO DE AGUA CAPTACIONES DEL CANALES PROYECTO DE RIEGO<br>JAROÑAN 2016 |                      |              |                        |            |         |            |               |         |
| RESUMEN GENERAL DE AFOROS CON CORRENTOMETRO MES, AGOSTO DE 2016         |                      |              |                        |            |         |            |               |         |
| Nro   | ESTACION DE AFORO    | FUENTE       | Coordenadas UTM WGS-84 |            |         | FECHA      | AFORO /CAUDAL | UND     |
|   |                      |              | ESTE                   | NORTE      | ALTITUD |            |               |         |
| 25  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210103.00              | 8366536.00 | 4050.00 | 07/08/2016 | 0.019         | lts/seg |
| 26  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210137.00              | 8366541.00 | 4049.00 | 07/08/2016 | 0.019         | lts/seg |
| 27  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210191.00              | 8366556.00 | 4048.00 | 07/08/2016 | 0.011         | lts/seg |
| 28  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210288.00              | 8366583.00 | 4047.00 | 08/08/2016 | 0.011         | lts/seg |
| 29  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210385.00              | 8366614.00 | 4046.00 | 08/08/2016 | 0.010         | lts/seg |
| 30  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210430.00              | 8366641.00 | 4045.00 | 08/08/2016 | 0.010         | lts/seg |
| 31  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210474.00              | 8366684.00 | 4045.00 | 08/08/2016 | 0.010         | lts/seg |
| 32  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210554.00              | 8366755.00 | 4044.00 | 08/08/2016 | 0.010         | lts/seg |
| 33  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210624.00              | 8366784.00 | 4043.00 | 08/08/2016 | 0.010         | lts/seg |
| 34  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210696.00              | 8366849.00 | 4042.00 | 08/08/2016 | 0.010         | lts/seg |
| 35  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210776.00              | 8366939.00 | 4041.00 | 08/08/2016 | 0.010         | lts/seg |
| 36  | Canal Sector Pautiña | Rio Cangalle | 210852.00              | 8367016.00 | 4040.00 | 08/08/2016 | 0.010         | lts/seg |



ADMINISTRACION LOCAL DEL AGUA  
ALTO APURIMAC VELILLE

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

| AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  |                         |                      |                        |            |         |            |               |         |
|--|-------------------------|----------------------|------------------------|------------|---------|------------|---------------|---------|
| ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA ALTO APURIMAC VELILLE                   |                         |                      |                        |            |         |            |               |         |
| AFORO DE AGUA CAPTACIONES DEL CANALES PROYECTO DE RIEGO JAROÑAN 2016 |                         |                      |                        |            |         |            |               |         |
| RESUMEN GENERAL DE AFOROS CON CORRENTOMETRO MES, AGOSTO DE 2016      |                         |                      |                        |            |         |            |               |         |
| Nro  | ESTACION DE AFORO       | FUENTE               | Coordenadas UTM WGS-84 |            |         | FECHA      | AFORO /CAUDAL | UND     |
|  |                         |                      | ESTE                   | NORTE      | ALTITUD |            |               |         |
| 37   | Canal Sector Pautiña    | Rio Cangalle         | 210911.00              | 8367079.00 | 4039.00 | 08/08/2016 | 0.009         | lts/seg |
| 38   | Canal Sector Pautiña    | Rio Cangalle         | 210938.00              | 8367095.00 | 4038.00 | 08/08/2016 | 0.009         | lts/seg |
| 39   | Canal Sector Pautiña    | Rio Cangalle         | 210977.00              | 8367119.00 | 4037.00 | 08/08/2016 | 0.009         | lts/seg |
| 40   | Canal Sector Pautiña    | Rio Cangalle         | 211075.00              | 8367175.00 | 4036.00 | 08/08/2016 | 0.009         | lts/seg |
| 41   | Canal Derivación Nro 01 | Canal Sector Pautiña | 210121.00              | 8366531.00 | 4050.00 | 08/08/2016 | 0.009         | lts/seg |
| 42   | Canal Derivación Nro 01 | Canal Sector Pautiña | 210199.00              | 8366501.00 | 4049.00 | 08/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 43   | Canal Derivación Nro 01 | Canal Sector Pautiña | 210256.00              | 8366483.00 | 4048.00 | 08/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 44   | Canal Derivación Nro 01 | Canal Sector Pautiña | 210376.00              | 8366443.00 | 4045.00 | 08/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 45   | Canal Derivación Nro 01 | Canal Sector Pautiña | 210470.00              | 8366409.00 | 4044.00 | 08/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 46   | Canal Derivación Nro 01 | Canal Sector Pautiña | 210634.00              | 8366356.00 | 4043.00 | 08/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 47   | Canal Derivación Nro 01 | Canal Sector Pautiña | 210747.00              | 8366343.00 | 4041.00 | 08/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 48   | Canal Derivación Nro 01 | Canal Sector Pautiña | 210851.00              | 8366327.00 | 4039.00 | 08/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 49   | Canal Derivación Nro 01 | Canal Sector Pautiña | 210994.00              | 8366311.00 | 4037.00 | 08/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 50   | Canal Derivación Nro 01 | Canal Sector Pautiña | 211109.00              | 8366306.00 | 4035.00 | 08/08/2016 | 0.007         | lts/seg |



ADMINISTRACION LOCAL DEL AGUA  
ALTO APURIMAC VELILLE

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
 "Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

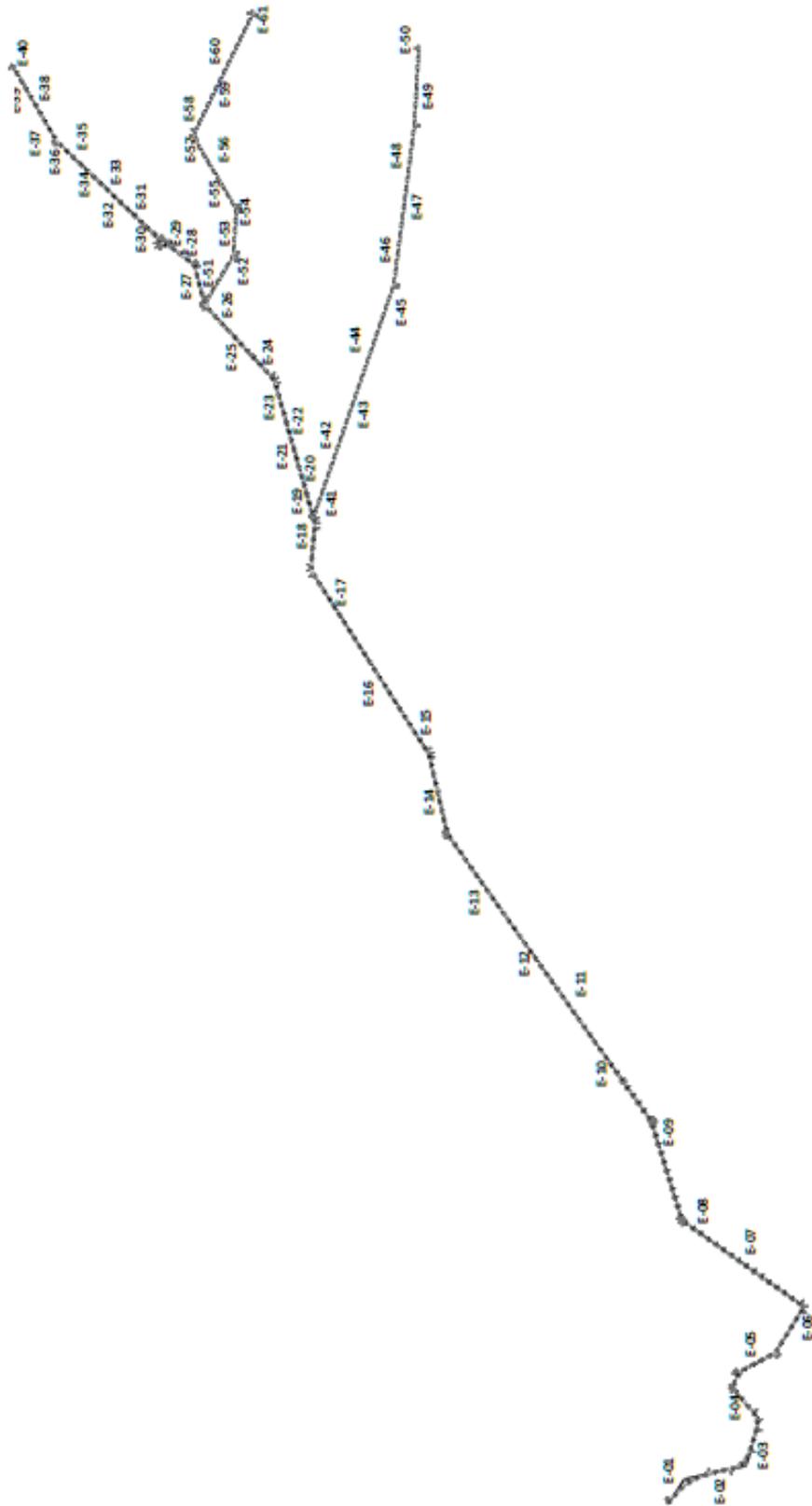
| AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA                                     |                         |                      |                        |            |         |            |               |         |
|---|-------------------------|----------------------|------------------------|------------|---------|------------|---------------|---------|
| ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA ALTO APURIMAC VELILLE              |                         |                      |                        |            |         |            |               |         |
| AFORO DE AGUA CAPTACIONES DEL CANALES PROYECTO DE RIEGO         |                         |                      |                        |            |         |            |               |         |
| JAROÑAN 2016  |                         |                      |                        |            |         |            |               |         |
| RESUMEN GENERAL DE AFOROS CON CORRENTOMETRO MES, AGOSTO DE 2016 |                         |                      |                        |            |         |            |               |         |
| Nro   | ESTACION DE AFORO       | FUENTE               | Coordenadas UTM WGS-84 |            |         | FECHA      | AFORO /CAUDAL | UND     |
|   |                         |                      | ESTE                   | NORTE      | ALTITUD |            |               |         |
| 51  | Canal Derivación Nro 02 | Canal Sector Pautiña | 210585.00              | 8366757.00 | 4044.00 | 09/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 52  | Canal Derivación Nro 02 | Canal Sector Pautiña | 210662.00              | 8366710.00 | 4043.00 | 09/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 53  | Canal Derivación Nro 02 | Canal Sector Pautiña | 210697.00              | 8366704.00 | 4042.00 | 09/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 54  | Canal Derivación Nro 02 | Canal Sector Pautiña | 210759.00              | 8366700.00 | 4041.00 | 09/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 55  | Canal Derivación Nro 02 | Canal Sector Pautiña | 210787.00              | 8366705.00 | 4040.00 | 09/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 56  | Canal Derivación Nro 02 | Canal Sector Pautiña | 210853.00              | 8366738.00 | 4039.00 | 09/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 57  | Canal Derivación Nro 02 | Canal Sector Pautiña | 210925.00              | 8366788.00 | 4038.00 | 09/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 58  | Canal Derivación Nro 02 | Canal Sector Pautiña | 210965.00              | 8366775.00 | 4039.00 | 09/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 59  | Canal Derivación Nro 02 | Canal Sector Pautiña | 211049.00              | 8366735.00 | 4038.00 | 09/08/2016 | 0.008         | lts/seg |
| 60  | Canal Derivación Nro 02 | Canal Sector Pautiña | 211136.00              | 8366691.00 | 4037.00 | 09/08/2016 | 0.007         | lts/seg |
| 61  | Canal Derivación Nro 02 | Canal Sector Pautiña | 211193.00              | 8366664.00 | 4036.00 | 09/08/2016 | 0.007         | lts/seg |



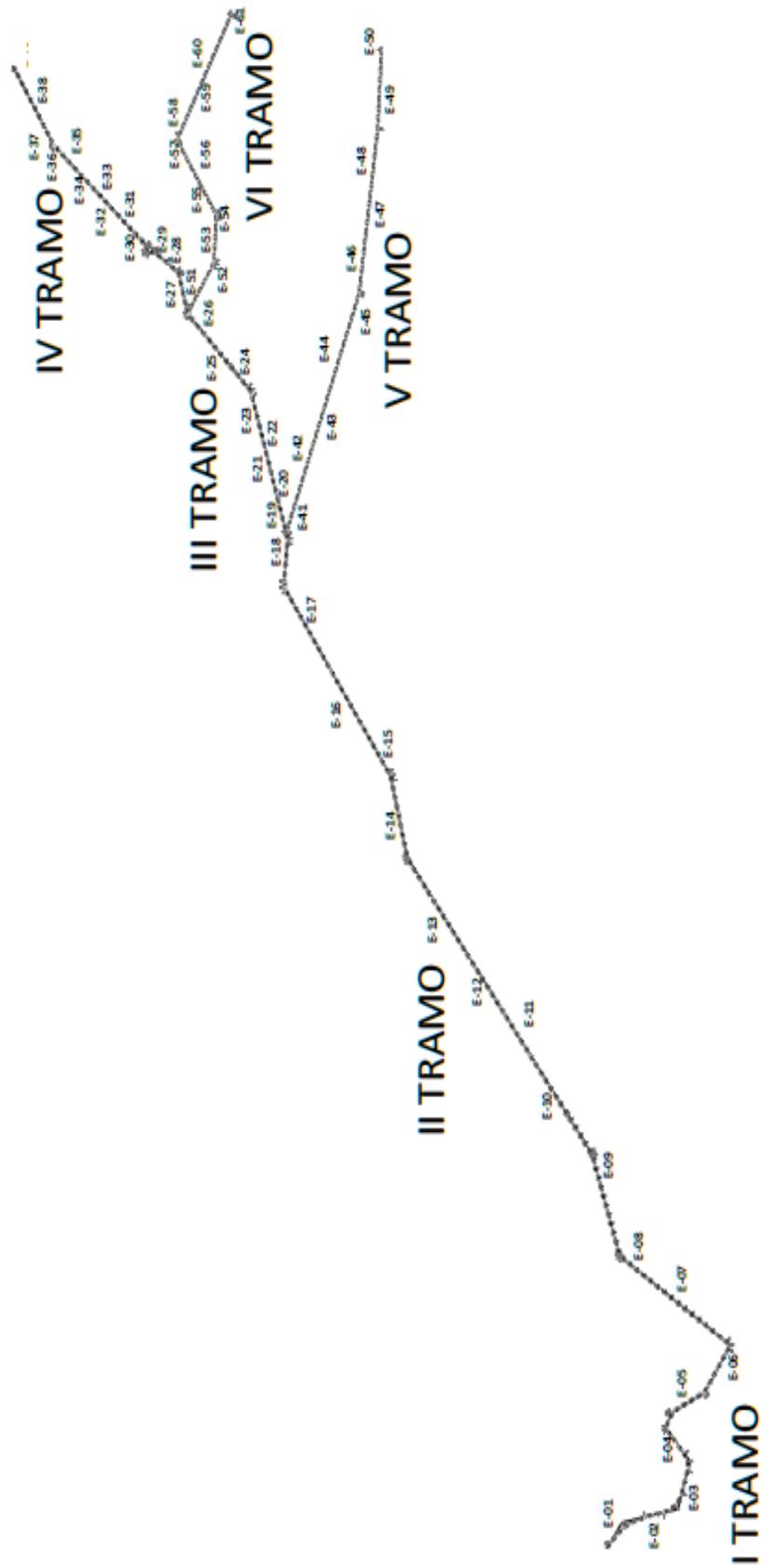
ADMINISTRACION LOCAL DEL AGUA  
 ALTO APURIMAC VELILLE

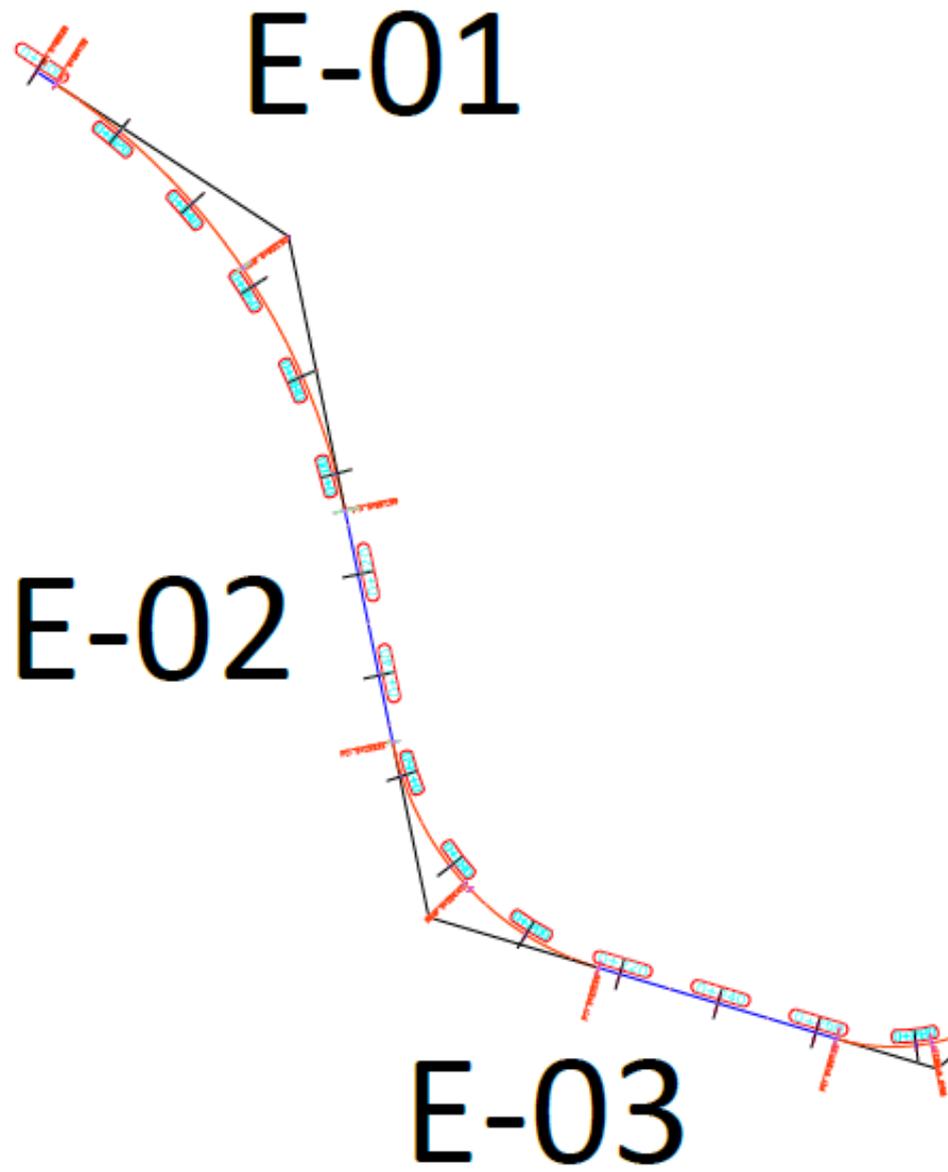
*Anexo B. Memorias de cálculos*

Croquis General del Canal de Concreto



# Croquis de Divicion por Tramos







# MEMORIA DE CALCULO



*Análisis de la Rugosidad en Canal de Concreto, para la Evaluación de la Eficiencia de conducción del Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautiña Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque - Espinar - cusco.*

---

---

Cálculo del índice de Manning, en el trabajo de tesis presentado por:  
*Max Oswaldo Hancoccallo Achircana*

---

---

---

## 1 Toma Captación

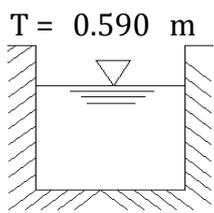
---

| Coordenadas UTM |       |
|-----------------|-------|
| 8365772.00      | Norte |
| 207992.00       | Este  |
| 4086.00         | msnm  |

---

## Datos de Campo

---

| Sección Transversal   | Perfil Longitudinal |
|---|---------------------|
| <br>T = 0.590 m<br>B = 0.380 m | S = 2.4600%         |
| d = 0.105 m   | Correntómetro       |
|   | V = 1.8590 m/s      |

---

## Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)

---

---

### Parámetros Geométricos

---

---

### Perímetro Mojado (P)

---

**Lado**

$$= 0.235 \text{ m}$$

$$B = 0.380 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.850 \text{ m}$$

---

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.590 \text{ m}$$

$$B = 0.380 \text{ m}$$

$$d = 0.105 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.051 \text{ m}^2$$

---

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.051 \text{ m}^2$$

$$P = 0.850 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.06 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.051 \text{ m}^2$$

$$V = 1.859 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.094670 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.051 \text{ m}^2$$

$$R = 0.060 \text{ m}$$

$$S = 2.4600\%$$

$$Q = 0.0947 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.012922$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

---

## 2 Canal Sector Pautiña

---

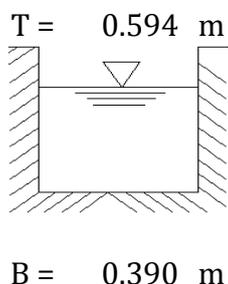
| Coordenadas UTM |       |
|-----------------|-------|
| 8365692.00      | Norte |
| 208059.00       | Este  |
| 4084.00         | msnm  |

---

## Datos de Campo

---

### Sección Transversal



### Perfil Longitudinal

S = 2.4500%

### Correntómetro

V = 1.8030 m/s

---

## Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)

---

### Parámetros Geométricos

---

#### Perímetro Mojado (P)

---

Lado = 0.228 m

B = 0.390 m

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.846 \text{ m}$$

#### Área Hidráulica (A)

---

T = 0.594 m

B = 0.390 m

d = 0.102 m

$$A = \left(\frac{B + T}{2}\right) * d$$

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$

---

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$

$$P = 0.846 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.06 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$

$$V = 1.803 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.090482 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$

$$R = 0.059 \text{ m}$$

$$S = 2.4500\%$$

$$Q = 0.0905 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013203$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

---

### 3 Canal Sector Pautiña

---

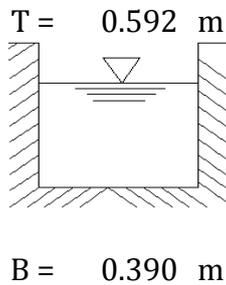
| Coordenadas UTM |       |
|-----------------|-------|
| 8365607.00      | Norte |
| 208140.00       | Este  |
| 4082.00         | msnm  |

---

### Datos de Campo

---

#### Sección Transversal



#### Perfil Longitudinal

$$S = 2.4600\%$$

#### Correntómetro

$$V = 1.8540 \text{ m/s}$$

---

### Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)

---

#### Parámetros Geométricos

#### Perímetro Mojado (P)

$$Lado = 0.226 \text{ m}$$

$$B = 0.390 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.842 \text{ m}$$

#### Área Hidráulica (A)

$$T = 0.592 \text{ m}$$

$$B = 0.390 \text{ m}$$

$$d = 0.101 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$

---

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$

$$P = 0.842 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.06 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$

$$V = 1.854 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.091942 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$

$$R = 0.059 \text{ m}$$

$$S = 2.4600\%$$

$$Q = 0.0919 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.012809$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

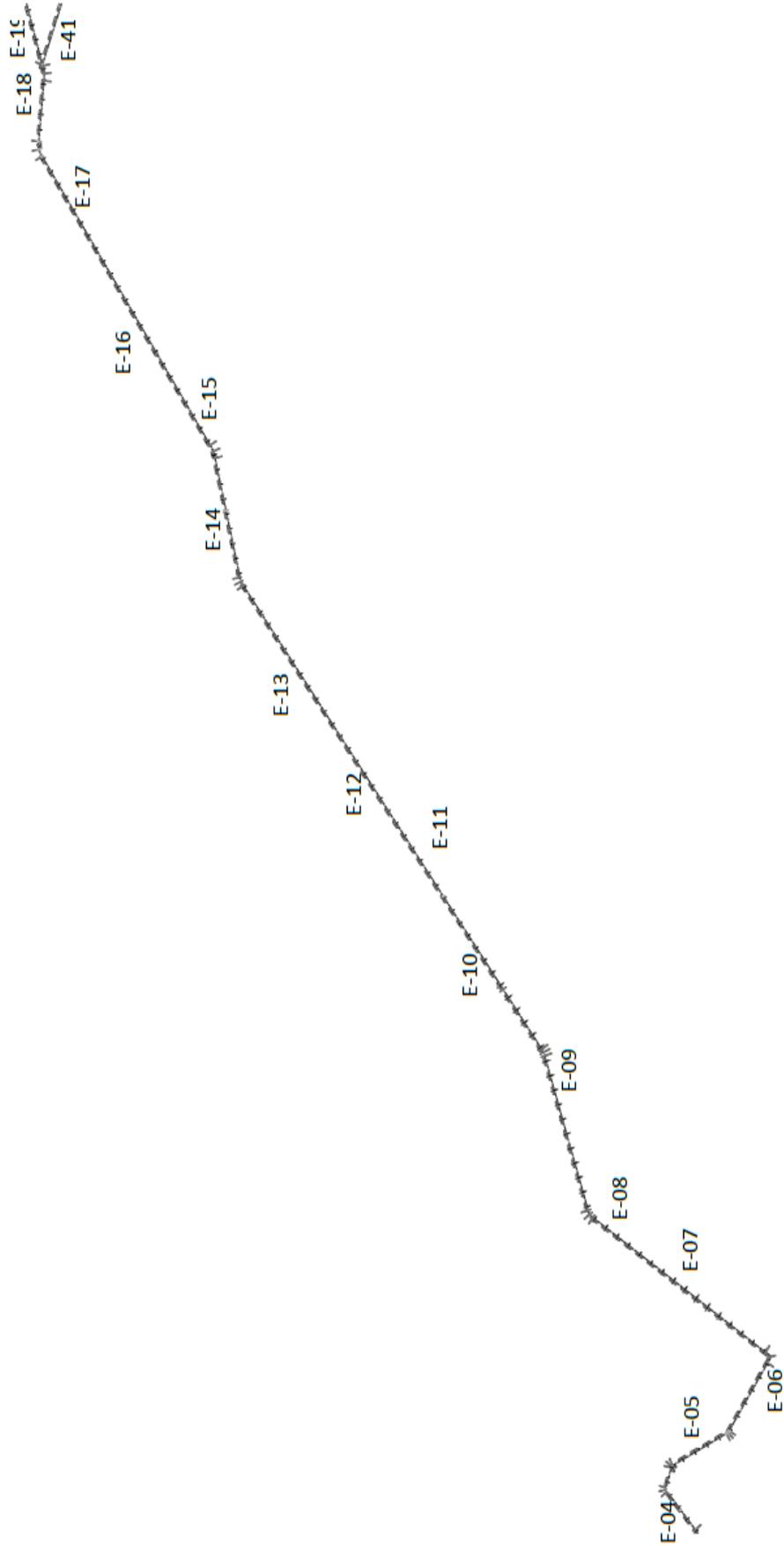
---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

# Croquis del Segundo Tramo y Memoria de Calculo



---

#### 4 Canal Sector Pautiña

---

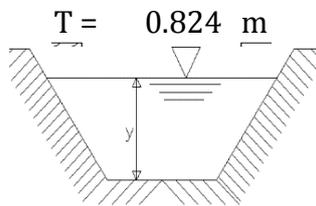
| Coordenadas UTM |       |
|-----------------|-------|
| 8365526.00      | Norte |
| 208290.00       | Este  |
| 4080.00         | msnm  |

---

#### Datos de Campo

---

##### Sección Transversal



$$B = 0.300 \text{ m}$$

$$d = 0.262 \text{ m}$$

##### Perfil Longitudinal

$$S = 0.1500\%$$

##### Correntómetro

$$V = 0.6210 \text{ m/s}$$

---

#### Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)

---

##### Parámetros Geométricos

---

##### Perímetro Mojado (P)

---

$$Lado = 0.586 \text{ m}$$

$$B = 0.300 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.472 \text{ m}$$

##### Área Hidráulica (A)

---

$$T = 0.824 \text{ m}$$

$$B = 0.300 \text{ m}$$

$$d = 0.262 \text{ m}$$

$$A = \left(\frac{B + T}{2}\right) * d$$

$$A = 0.147 \text{ m}^2$$

---

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.147 \text{ m}^2$$

$$P = 1.472 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.1 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.147 \text{ m}^2$$

$$V = 0.621 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.091439 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.147 \text{ m}^2$$

$$R = 0.100 \text{ m}$$

$$S = 0.1500\%$$

$$Q = 0.0914 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013441$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

---

*sesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

---

## 5 Canal Sector Pautiña

---

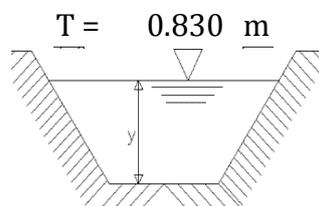
| Coordenadas UTM |       |
|-----------------|-------|
| 8365542.00      | Norte |
| 208443.00       | Este  |
| 4079.00         | msnm  |

---

## Datos de Campo

---

### Sección Transversal



$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.260 \text{ m}$$

### Perfil Longitudinal

$$S = 0.1400\%$$

### Correntómetro

$$V = 0.6260 \text{ m/s}$$

---

## Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)

---

### Parámetros Geométricos

---

#### Perímetro Mojado (P)

---

$$Lado = 0.581 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.473 \text{ m}$$

#### Área Hidráulica (A)

---

$$T = 0.830 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.260 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.148 \text{ m}^2$$

---

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.148 \text{ m}^2$$

$$P = 1.473 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.1 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.148 \text{ m}^2$$

$$V = 0.626 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.092773 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.148 \text{ m}^2$$

$$R = 0.101 \text{ m}$$

$$S = 0.1400\%$$

$$Q = 0.0928 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.012931$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

---

**7 Canal Sector Pautiña**

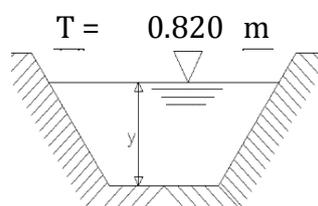
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8365730.00             | Norte |
| 208582.00              | Este  |
| 4077.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.255 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.1500\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.6300 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.570 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.450 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.820 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.255 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.144 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.144 \text{ m}^2$$
$$P = 1.450 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.1 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.144 \text{ m}^2$$
$$V = 0.630 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$
$$Q = 0.090767 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.144 \text{ m}^2$$
$$R = 0.099 \text{ m}$$
$$S = 0.1500\%$$
$$Q = 0.0908 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013186$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

---

**9 Canal Sector Pautiña**

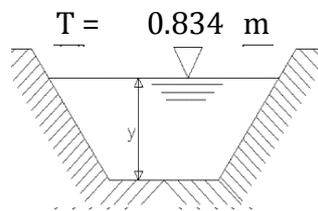
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8365832.00             | Norte |
| 208820.00              | Este  |
| 4074.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.262 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.1300\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.5990 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.586 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.482 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.834 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.262 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.150 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.150 \text{ m}^2$$
$$P = 1.482 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.1 \text{ m}$$

---

### Caudal (Q)

---

$$A = 0.150 \text{ m}^2$$
$$V = 0.599 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$
$$Q = 0.089769 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

### Índice de Manning (n)

---

$$A = 0.150 \text{ m}^2$$
$$R = 0.101 \text{ m}$$
$$S = 0.1300\%$$
$$Q = 0.0898 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013067$$

---

### Observaciones

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

**10 Canal Sector Pautiña**

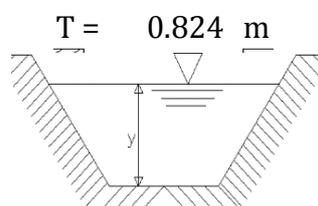
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8365854.00             | Norte |
| 208877.00              | Este  |
| 4073.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.300 \text{ m}$$

$$d = 0.262 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.1500\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.6250 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.586 \text{ m}$$

$$B = 0.300 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.472 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.824 \text{ m}$$

$$B = 0.300 \text{ m}$$

$$d = 0.262 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.147 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.147 \text{ m}^2$$
$$P = 1.472 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.1 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.147 \text{ m}^2$$
$$V = 0.625 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$
$$Q = 0.092028 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.147 \text{ m}^2$$
$$R = 0.100 \text{ m}$$
$$S = 0.1500\%$$
$$Q = 0.0920 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013355$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

## 11 Canal Sector Pautiña

---

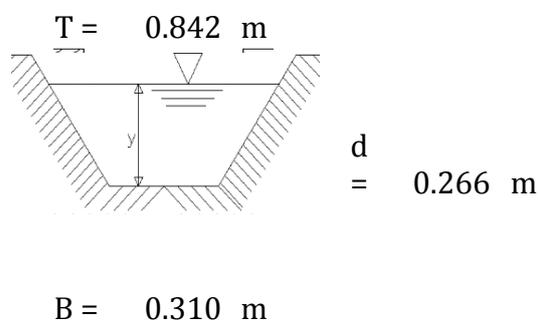
| Coordenadas UTM |       |
|-----------------|-------|
| 8365900.00      | Norte |
| 208943.00       | Este  |
| 4072.00         | msnm  |

---

## Datos de Campo

---

### Sección Transversal



### Perfil Longitudinal

$$S = 0.1300\%$$

### Correntómetro

$$V = 0.5880 \text{ m/s}$$

---

## Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)

---

### Parámetros Geométricos

---

#### Perímetro Mojado (P)

---

$$Lado = 0.595 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.500 \text{ m}$$

#### Área Hidráulica (A)

---

$$T = 0.842 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.266 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.153 \text{ m}^2$$

#### Radio Hidráulico (R)

---

$$A = 0.153 \frac{m}{2}$$

$$P = 1.500 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.1 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.153 \frac{m}{2}$$

$$V = 0.588 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.090091 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.153 \text{ m}$$

$$R = 0.102 \text{ m}$$

$$S = 0.1300\%$$

$$0.090$$

$$Q = 1 \text{ m}$$

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

$$n = 0.013401$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**14 Canal Sector Pautiña**

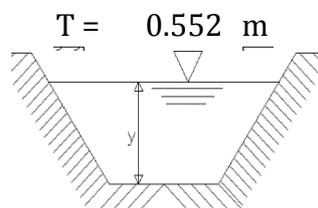
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366155.00             | Norte |
| 209307.00              | Este  |
| 4065.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.121 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 2.2900\%$$

**Correntómetro**

$$V = 1.7780 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.271 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.851 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.552 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.121 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.052 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.052 \frac{m}{2}$$

$$P = 0.851 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.06 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.052 \frac{m}{2}$$

$$V = 1.778 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.092724 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.052 \text{ m}$$

$$R = 0.061 \text{ m}$$

$$S = 2.2900\%$$

$$0.092$$

$$Q = 7 \text{ m}$$

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

$$n = 0.013228$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**15 Canal Sector Pautiña**

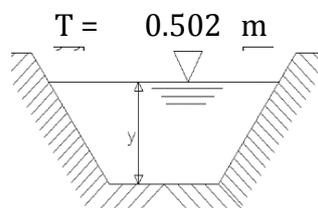
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366222.00             | Norte |
| 209396.00              | Este  |
| 4064.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.096 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 5.0600\%$$

**Correntómetro**

$$V = 2.3430 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.215 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.739 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.502 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.096 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.039 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.039 \frac{m}{2}$$

$$P = 0.739 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.05 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.039 \frac{m}{2}$$

$$V = 2.343 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.091321 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.039 \text{ m}$$

$$R = 0.053 \text{ m}$$

$$S = 5.0600\%$$

$$0.091$$

$$Q = 3 \text{ m}$$

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

$$n = 0.013498$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**16 Canal Sector Pautiña**

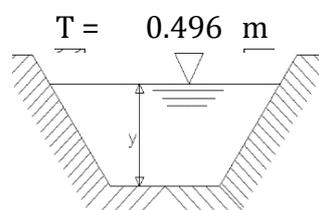
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366255.00             | Norte |
| 209457.00              | Este  |
| 4063.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.300 \text{ m}$$

$$d = 0.098 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 5.0300\%$$

**Correntómetro**

$$V = 2.3570 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.219 \text{ m}$$

$$B = 0.300 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.738 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.496 \text{ m}$$

$$B = 0.300 \text{ m}$$

$$d = 0.098 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.039 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.039 \frac{m}{2}$$

$$P = 0.738 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.05 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.039 \frac{m}{2}$$

$$V = 2.357 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.091932 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.039 \text{ m}$$

$$R = 0.053 \text{ m}$$

$$S = 5.0300\%$$

$$0.091$$

$$Q = 9 \text{ m}$$

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

$$n = 0.013397$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**17 Canal Sector Pautiña**

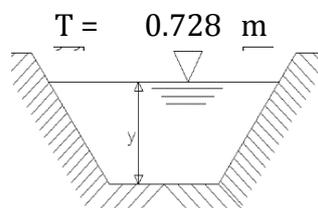
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366284.00             | Norte |
| 209579.00              | Este  |
| 4060.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.209 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.3100\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.8270 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.467 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.245 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.728 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.209 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.108 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.108 \text{ m}^2$$

$$P = 1.245 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.09 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.108 \text{ m}^2$$

$$V = 0.827 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.089706 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.108 \text{ m}^2$$

$$R = 0.087 \text{ m}$$

$$S = 0.3100\%$$

$$0.0031$$

$$Q = 0.0897 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013234$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**18 Canal Sector Pautiña**

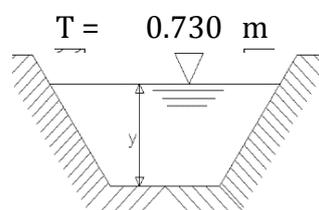
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366303.00             | Norte |
| 209633.00              | Este  |
| 4058.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$d = 0.205 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.3200\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.8560 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.458 \text{ m}$$

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.237 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.730 \text{ m}$$

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$d = 0.205 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.108 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.108 \text{ m}^2$$

$$P = 1.237 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.09 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.108 \text{ m}^2$$

$$V = 0.856 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.092127 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.108 \text{ m}^2$$

$$R = 0.087 \text{ m}$$

$$S = 0.3200\%$$

$$0.0032$$

$$Q = 0.092127 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

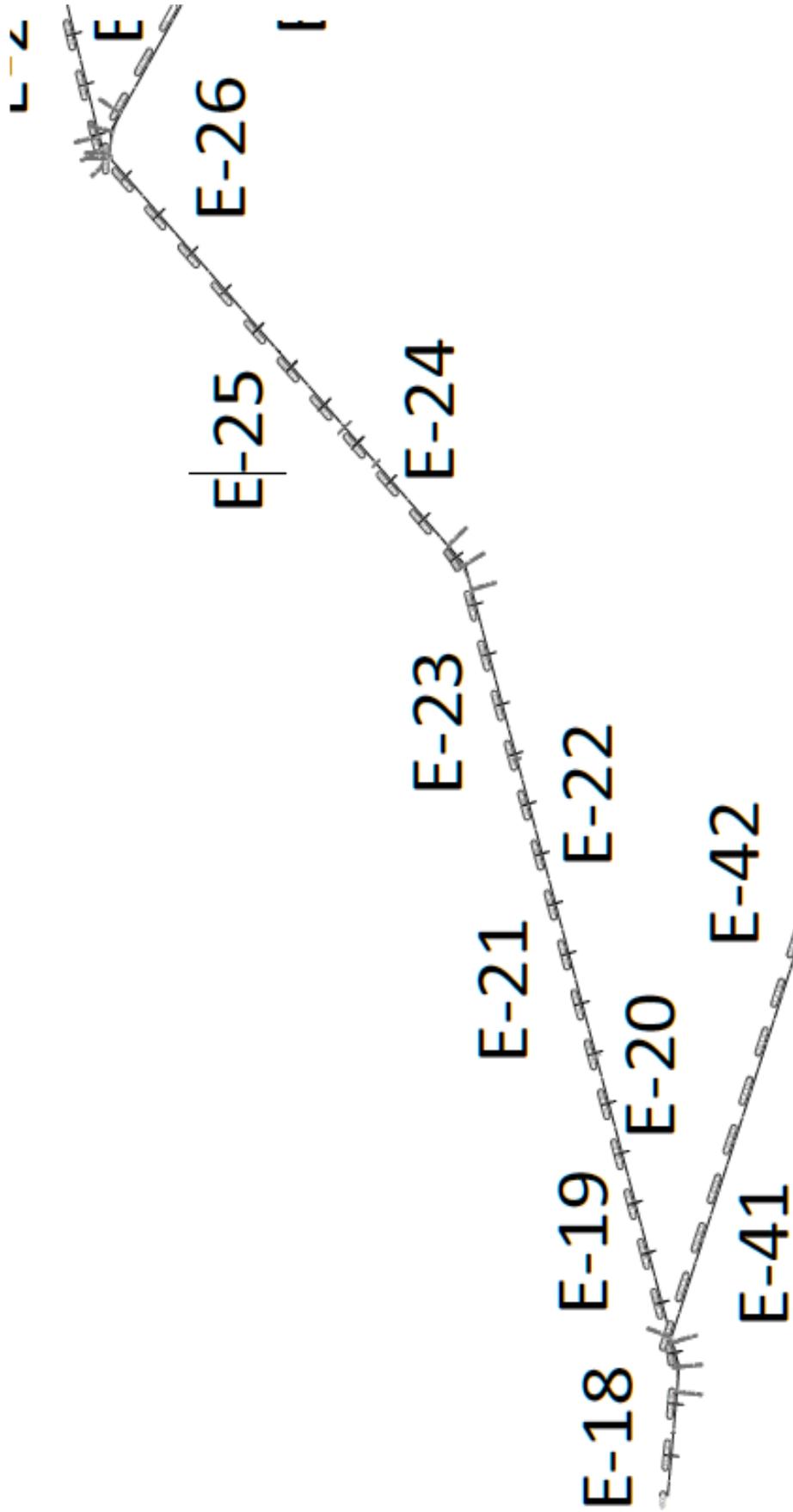
$$n = 0.012977$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

Croquis del Trecer Tramo y Memoeria de Calculo



---

**19 Canal Sector Pautiña**

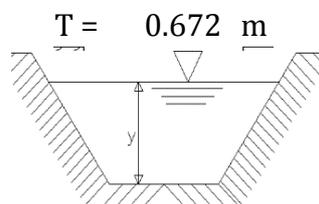
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366352.00             | Norte |
| 209715.00              | Este  |
| 4057.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$d = 0.176 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.3200\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.7920 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.394 \text{ m}$$

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.107 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.672 \text{ m}$$

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$d = 0.176 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.087 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.087 \text{ m}^2$$

$$P = 1.107 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.08 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.087 \text{ m}^2$$

$$V = 0.792 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.069138 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.087 \text{ m}^2$$

$$R = 0.079 \text{ m}$$

$$S = 0.3200\%$$

$$0.0032$$

$$Q = 0.069138 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013134$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**20 Canal Sector Pautiña**

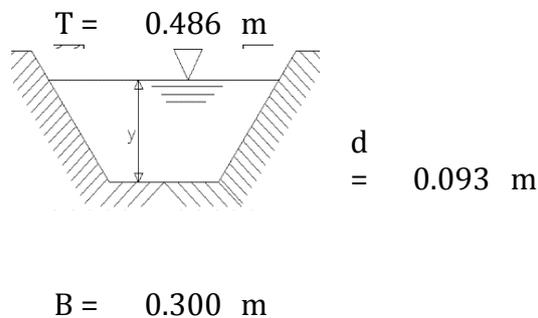
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366411.00             | Norte |
| 209803.00              | Este  |
| 4056.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal****Perfil Longitudinal**

$$S = 3.2000\%$$

**Correntómetro**

$$V = 1.8750 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.208 \text{ m}$$

$$B = 0.300 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.716 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.486 \text{ m}$$

$$B = 0.300 \text{ m}$$

$$d = 0.093 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

$$P = 0.716 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.05 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

$$V = 1.875 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.068529 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

$$R = 0.051 \text{ m}$$

$$S = 3.2000\%$$

$$0.068$$

$$Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013130$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**21 Canal Sector Pautiña**

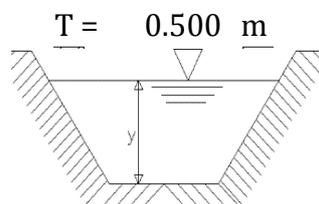
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366477.00             | Norte |
| 209904.00              | Este  |
| 4055.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$d = 0.090 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 3.1800\%$$

**Correntómetro**

$$V = 1.8740 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.201 \text{ m}$$

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.722 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.500 \text{ m}$$

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$d = 0.090 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

$$P = 0.722 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.05 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

$$V = 1.874 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.069151 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

$$R = 0.051 \text{ m}$$

$$S = 3.1800\%$$

$$0.069$$

$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013099$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**23 Canal Sector Pautiña**

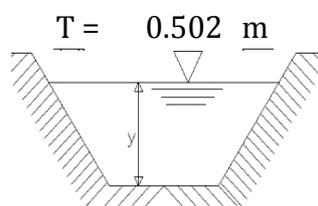
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366541.00             | Norte |
| 210012.00              | Este  |
| 4053.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$d = 0.091 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 3.1900\%$$

**Correntómetro**

$$V = 1.8590 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.203 \text{ m}$$

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.727 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.502 \text{ m}$$

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$d = 0.091 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.037 \frac{m}{2}$$

$$P = 0.727 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.05 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.037 \frac{m}{2}$$

$$V = 1.859 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.069528 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.037 \text{ m}$$

$$R = 0.051 \text{ m}$$

$$S = 3.1900\%$$

$$0.069$$

$$Q = 5 \text{ m}$$

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

$$n = 0.013290$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**24 Canal Sector Pautiña**

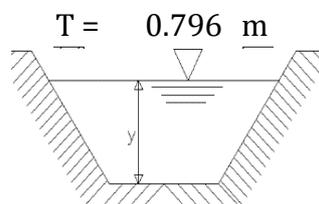
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366534.00             | Norte |
| 210075.00              | Este  |
| 4051.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$d = 0.238 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.1100\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.5210 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.532 \text{ m}$$

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.384 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.796 \text{ m}$$

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$d = 0.238 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.133 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.133 \frac{m}{2}$$

$$P = 1.384 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.1 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.133 \frac{m}{2}$$

$$V = 0.521 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.069191 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.133 \text{ m}$$

$$R = 0.096 \text{ m}$$

$$S = 0.1100\%$$

$$0.069$$

$$Q = 2 \text{ m}$$

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

$$n = 0.013340$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**25 Canal Sector Pautiña**

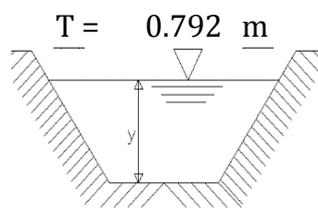
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366536.00             | Norte |
| 210103.00              | Este  |
| 4050.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$d = 0.236 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.1200\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.5410 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.528 \text{ m}$$

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.375 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.792 \text{ m}$$

$$B = 0.320 \text{ m}$$

$$d = 0.236 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.131 \text{ m}^2$$

---

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.131 \text{ m}^2$$
$$P = 1.375 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.1 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.131 \text{ m}^2$$
$$V = 0.541 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$
$$Q = 0.070988 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.131 \text{ m}^2$$
$$R = 0.095 \text{ m}$$
$$S = 0.1200\%$$
$$S = 0.0012$$
$$Q = 0.071 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013369$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

---

**26 Canal Sector Pautiña**

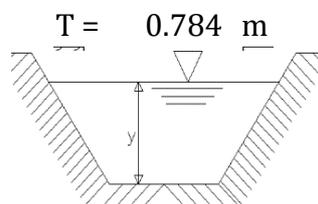
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366541.00             | Norte |
| 210137.00              | Este  |
| 4049.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.237 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.1100\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.5330 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.530 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.370 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.784 \text{ m}$$

$$B = 0.310 \text{ m}$$

$$d = 0.237 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.130 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.130 \text{ m}^2$$

$$P = 1.370 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.09 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.130 \text{ m}^2$$

$$V = 0.533 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.069098 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.130 \text{ m}^2$$

$$R = 0.095 \text{ m}$$

$$S = 0.1100\%$$

$$0.0069$$

$$Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

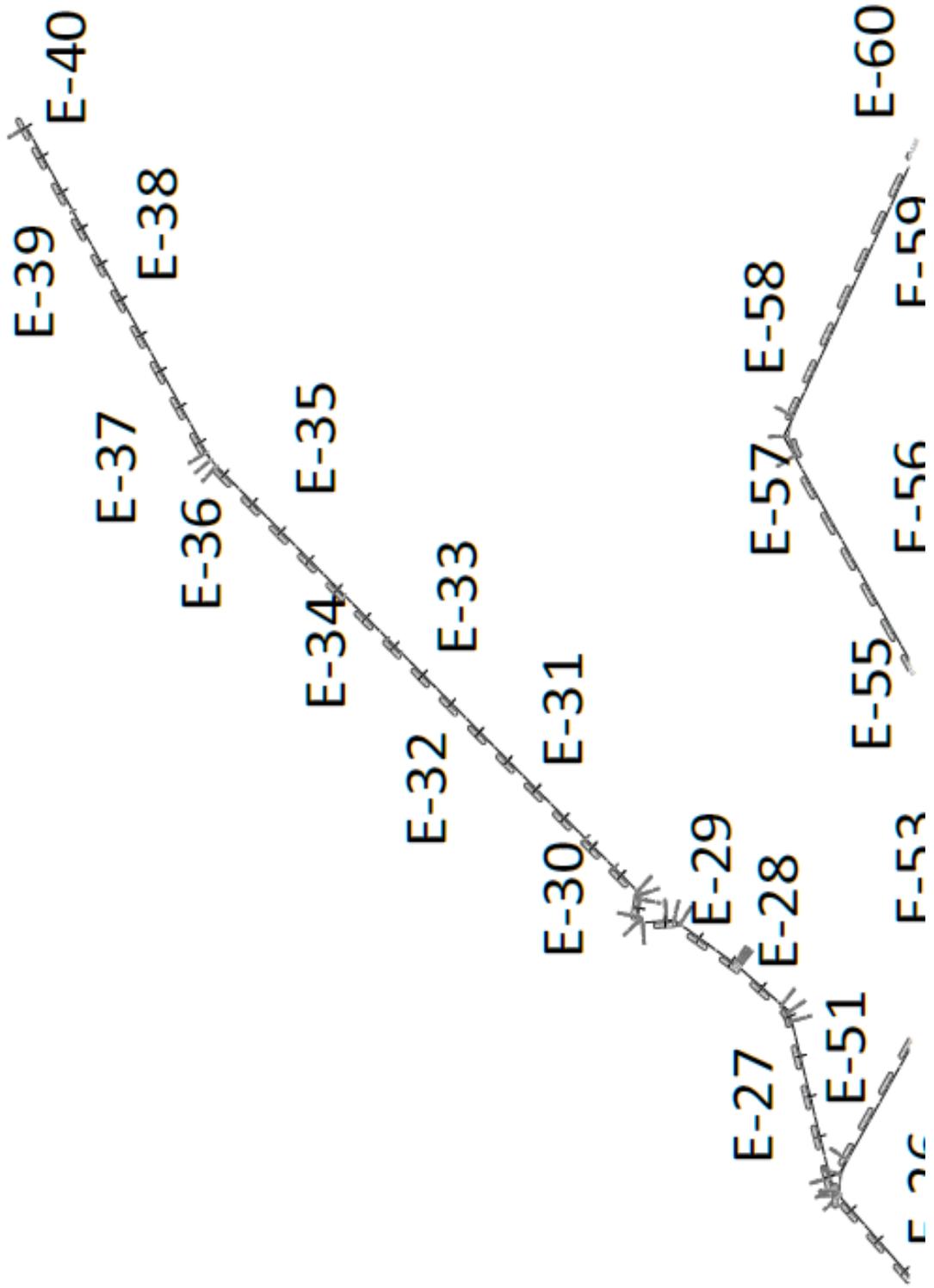
$$n = \frac{A}{Q} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

$$n = 0.012922$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*



---

**27 Canal Sector Pautiña**

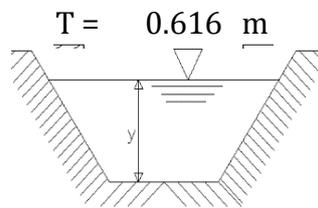
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366556.00             | Norte |
| 210191.00              | Este  |
| 4048.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.208 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.1300\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.4910 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos****Perímetro Mojado (P)**

$$Lado = 0.465 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.130 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

$$T = 0.616 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.208 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.085 \text{ m}^2$$

---

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.085 \text{ m}^2$$
$$P = 1.130 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.08 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.085 \text{ m}^2$$
$$V = 0.491 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$
$$Q = 0.041668 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.085 \text{ m}^2$$
$$R = 0.075 \text{ m}$$
$$S = 0.1300\%$$
$$S = 0.0013$$
$$Q = 0.041668 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013070$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

---

**28 Canal Sector Pautiña**

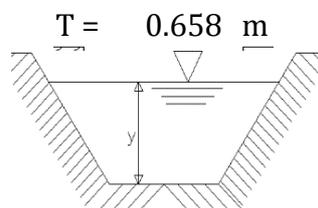
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366583.00             | Norte |
| 210288.00              | Este  |
| 4047.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.220 \text{ m}$$

$$d = 0.219 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.1100\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.4670 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.490 \text{ m}$$

$$B = 0.220 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.199 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.658 \text{ m}$$

$$B = 0.220 \text{ m}$$

$$d = 0.219 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.096 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.096 \text{ m}^2$$

$$P = 1.199 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.08 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.096 \text{ m}^2$$

$$V = 0.467 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.044898 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.096 \text{ m}^2$$

$$R = 0.080 \text{ m}$$

$$S = 0.1100\%$$

$$0.044$$

$$Q = 9 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013203$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**30 Canal Sector Pautiña**

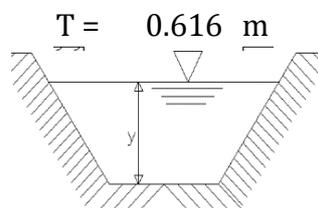
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366641.00             | Norte |
| 210430.00              | Este  |
| 4045.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.208 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.1300\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.4910 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.465 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.130 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.616 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.208 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.085 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.085 \text{ m}^2$$

$$P = 1.130 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.08 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.085 \text{ m}^2$$

$$V = 0.491 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.041668 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.085 \text{ m}^2$$

$$R = 0.075 \text{ m}$$

$$S = 0.1300\%$$

$$0.041$$

$$Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013070$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**32 Canal Sector Pautiña**

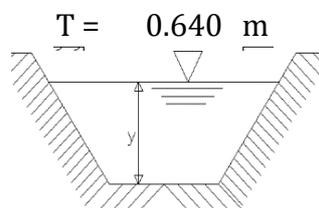
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366755.00             | Norte |
| 210554.00              | Este  |
| 4044.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.220 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.1100\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.4600 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.492 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 1.184 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.640 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.220 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.092 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.092 \text{ m}^2$$

$$P = 1.184 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.08 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.092 \text{ m}^2$$

$$V = 0.460 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.042504 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.092 \text{ m}^2$$

$$R = 0.078 \text{ m}$$

$$S = 0.1100\%$$

$$0.042$$

$$Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013168$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**34 Canal Sector Pautiña**

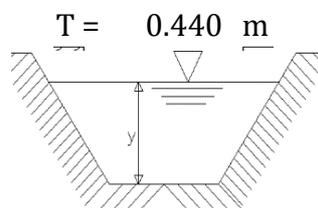
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366849.00             | Norte |
| 210696.00              | Este  |
| 4042.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.115 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.9900\%$$

**Correntómetro**

$$V = 1.0630 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.257 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.724 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.440 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.115 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

$$P = 0.724 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.05 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

$$V = 1.063 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.039730 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

$$R = 0.052 \text{ m}$$

$$S = 0.9900\%$$

$$0.039$$

$$Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.012974$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

---

**36 Canal Sector Pautiña**

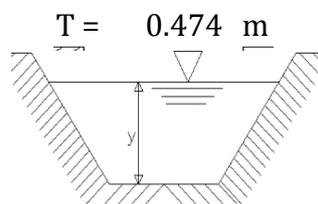
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8367016.00             | Norte |
| 210852.00              | Este  |
| 4040.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.132 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.7200\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.9320 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.295 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.800 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.474 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.132 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.045 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.045 \text{ m}^2$$

$$P = 0.800 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.06 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.045 \text{ m}^2$$

$$V = 0.932 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.042074 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.045 \text{ m}^2$$

$$R = 0.056 \text{ m}$$

$$S = 0.7200\%$$

$$0.042$$

$$Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013391$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**38 Canal Sector Pautiña**

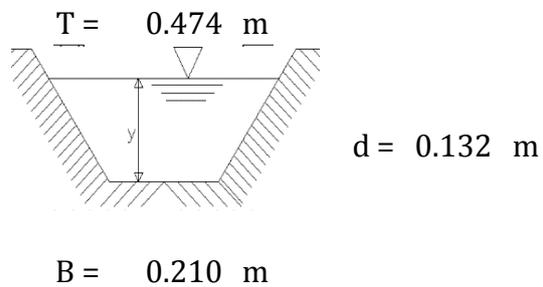
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8367095.00             | Norte |
| 210938.00              | Este  |
| 4038.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal****Perfil Longitudinal**

$$S = 0.7600\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.9750 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos****Perímetro Mojado (P)**

$$Lado = 0.295 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.800 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

$$T = 0.474 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.132 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.045 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.045 \text{ m}^2$$

$$P = 0.800 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.06 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.045 \text{ m}^2$$

$$V = 0.975 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.044015 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.045 \text{ m}^2$$

$$R = 0.056 \text{ m}$$

$$S = 0.7600\%$$

$$0.044$$

$$Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013151$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**40 Canal Sector Pautiña**

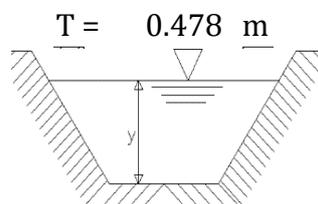
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8367175.00             | Norte |
| 211075.00              | Este  |
| 4036.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.139 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.7200\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.9370 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.311 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.822 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.478 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.139 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.047 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.047 \text{ m}^2$$

$$P = 0.822 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.06 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.047 \text{ m}^2$$

$$V = 0.937 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.044152 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.047 \text{ m}^2$$

$$R = 0.057 \text{ m}$$

$$S = 0.7200\%$$

$$0.044$$

$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

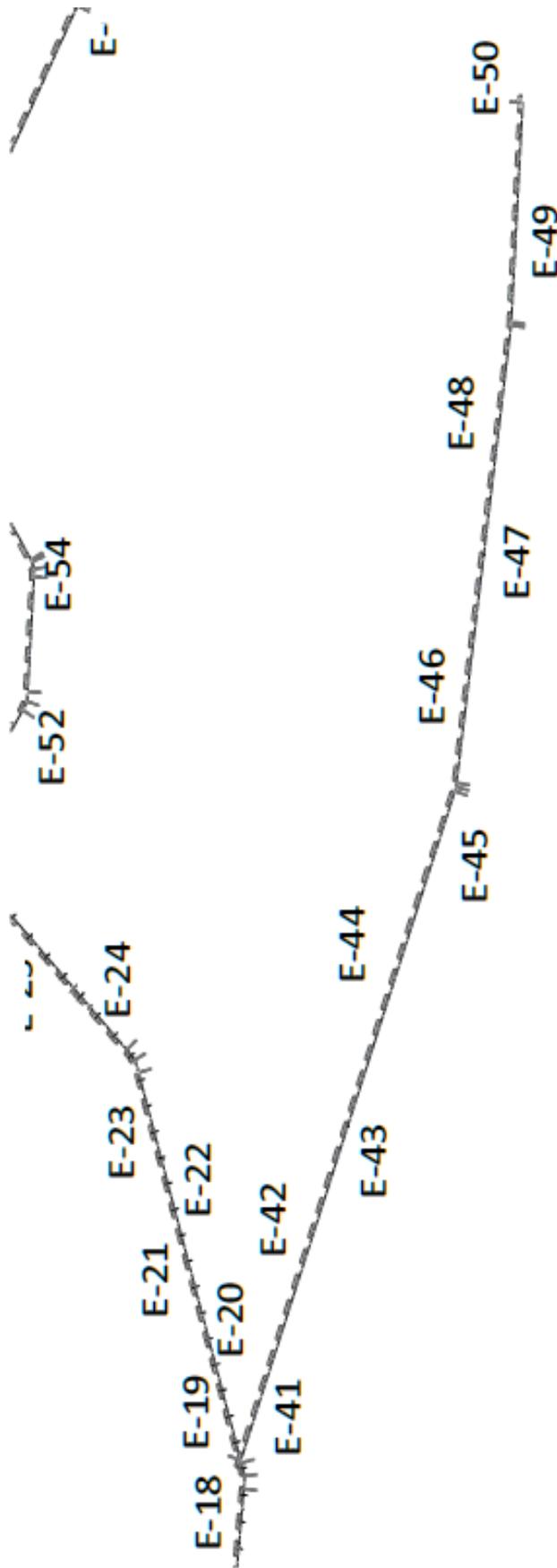
$$n = 0.013467$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

Croquis del Quinto Tramo y Memoria de Calculo



---

**41 Canal Derivación Nro 01**

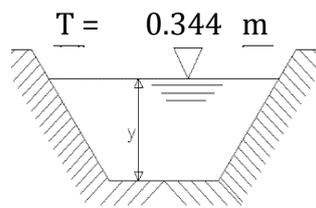
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366531.00             | Norte |
| 210121.00              | Este  |
| 4050.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.220 \text{ m}$$

$$d = 0.062 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 2.0500\%$$

**Correntómetro**

$$V = 1.1540 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.139 \text{ m}$$

$$B = 0.220 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.497 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.344 \text{ m}$$

$$B = 0.220 \text{ m}$$

$$d = 0.062 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.017 \text{ m}^2$$

---

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.017 \text{ m}^2$$
$$P = 0.497 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.04 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.017 \text{ m}^2$$
$$V = 1.154 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$
$$Q = 0.020177 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.017 \text{ m}^2$$
$$R = 0.035 \text{ m}$$
$$S = 2.0500\%$$
$$0.020$$
$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013316$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

**42 Canal Derivación Nro 01**

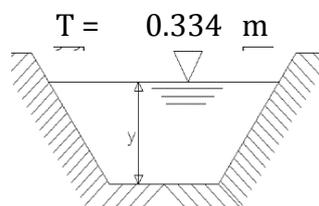
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366501.00             | Norte |
| 210199.00              | Este  |
| 4049.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.067 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 2.0500\%$$

**Correntómetro**

$$V = 1.2110 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.150 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.500 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.334 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.067 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.018 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.018 \text{ m}^2$$

$$P = 0.500 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.04 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.018 \text{ m}^2$$

$$V = 1.211 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.021664 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.018 \text{ m}^2$$

$$R = 0.036 \text{ m}$$

$$S = 2.0500\%$$

$$0.021$$

$$Q = 0.021664 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.012844$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**44 Canal Derivación Nro 01**

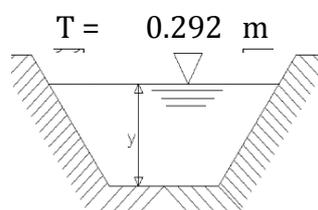
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366443.00             | Norte |
| 210376.00              | Este  |
| 4045.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.046 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 6.9700\%$$

**Correntómetro**

$$V = 1.8340 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos****Perímetro Mojado (P)**

$$Lado = 0.103 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.406 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

$$T = 0.292 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.046 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.011 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.011 \text{ m}^2$$
$$P = 0.406 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.03 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.011 \text{ m}^2$$
$$V = 1.834 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$
$$Q = 0.020754 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.011 \text{ m}$$
$$R = 0.028 \text{ m}$$
$$S = 6.9700\%$$
$$0.020$$
$$Q = 8 \text{ m}$$

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

$$n = 0.013239$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

---

**46 Canal Derivación Nro 01**

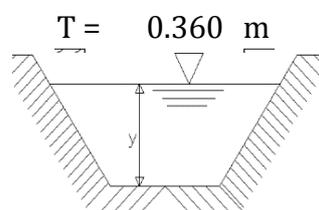
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366356.00             | Norte |
| 210634.00              | Este  |
| 4043.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.080 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 1.1600\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.9690 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos****Perímetro Mojado (P)**

$$Lado = 0.179 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.558 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

$$T = 0.360 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.080 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.022 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.022 \text{ m}^2$$
$$P = 0.558 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.04 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.022 \text{ m}^2$$
$$V = 0.969 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$
$$Q = 0.021706 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.022 \text{ m}^2$$
$$R = 0.040 \text{ m}$$
$$S = 1.1600\%$$
$$0.021$$
$$Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013035$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

---

**48 Canal Derivación Nro 01**

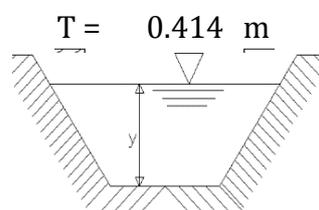
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366327.00             | Norte |
| 210851.00              | Este  |
| 4039.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.102 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.4700\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.7050 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos****Perímetro Mojado (P)**

$$Lado = 0.228 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.666 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

$$T = 0.414 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.102 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.032 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.032 \text{ m}^2$$

$$P = 0.666 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.05 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.032 \text{ m}^2$$

$$V = 0.705 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.022436 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.032 \text{ m}^2$$

$$R = 0.048 \text{ m}$$

$$S = 0.4700\%$$

$$0.022$$

$$Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.012803$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**50 Canal Derivación Nro 01**

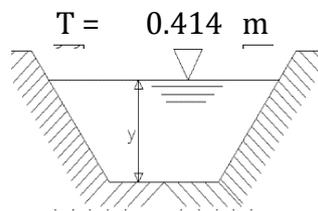
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366306.00             | Norte |
| 211109.00              | Este  |
| 4035.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.102 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.4300\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.6710 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.228 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.666 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.414 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.102 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.032 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.032 \text{ m}^2$$

$$P = 0.666 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.05 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.032 \text{ m}^2$$

$$V = 0.671 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.021354 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.032 \text{ m}^2$$

$$R = 0.048 \text{ m}$$

$$S = 0.4300\%$$

$$0.021$$

$$Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.012867$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

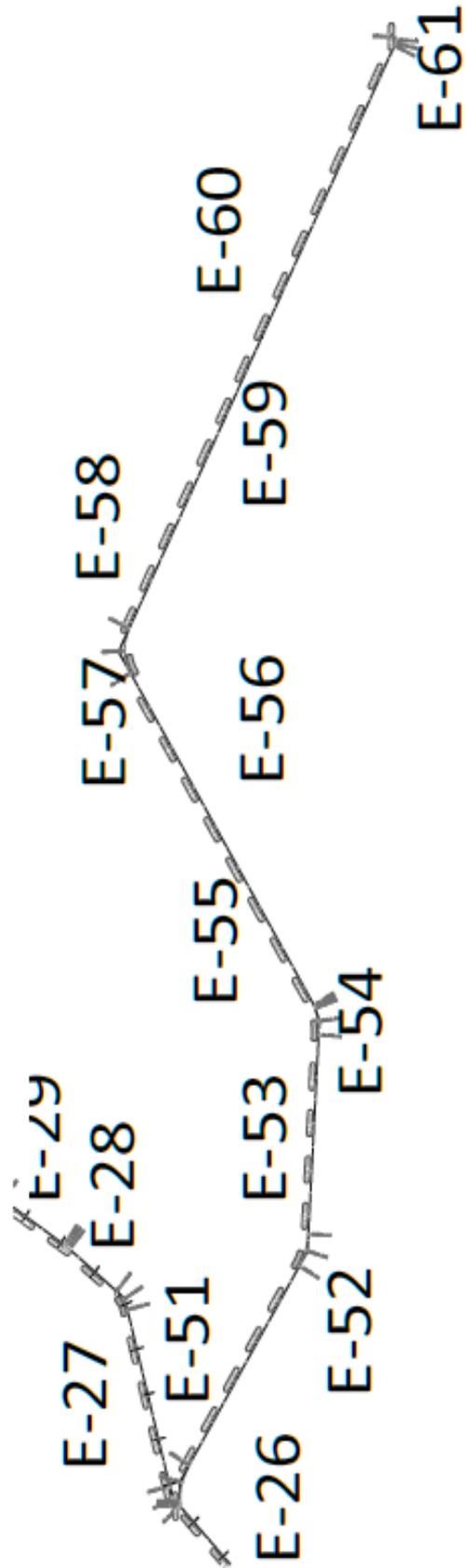
---

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---



---

**51 Canal Derivación Nro 02**

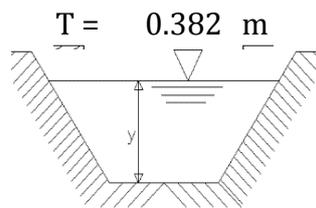
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366757.00             | Norte |
| 210585.00              | Este  |
| 4044.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal****Perfil Longitudinal**

$$S = 1.5000\%$$

**Correntómetro**

$$V = 1.1410 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.181 \text{ m}$$

$$B = 0.220 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.582 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.382 \text{ m}$$

$$B = 0.220 \text{ m}$$

$$d = 0.081 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

---

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$
$$P = 0.582 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.04 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$
$$V = 1.141 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$
$$Q = 0.027819 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$
$$R = 0.042 \text{ m}$$
$$S = 1.5000\%$$
$$0.027$$
$$Q = 8 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.012944$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

---

---

**52 Canal Derivación Nro 02**

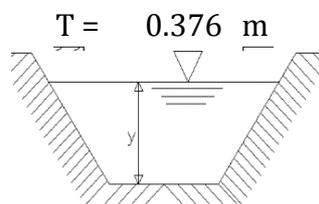
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366710.00             | Norte |
| 210662.00              | Este  |
| 4043.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.083 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 1.5000\%$$

**Correntómetro**

$$V = 1.1300 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.186 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.581 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.376 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.083 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

$$P = 0.581 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.04 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

$$V = 1.130 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.027480 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

$$R = 0.042 \text{ m}$$

$$S = 1.5000\%$$

$$0.027$$

$$Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013063$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**54 Canal Derivación Nro 02**

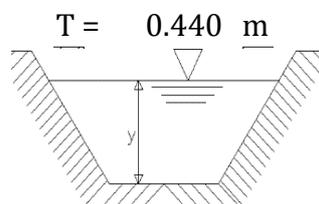
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366700.00             | Norte |
| 210759.00              | Este  |
| 4041.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.115 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 0.5100\%$$

**Correntómetro**

$$V = 0.7380 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.257 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.724 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.440 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.115 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

$$P = 0.724 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.05 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

$$V = 0.738 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.027583 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.037 \text{ m}^2$$

$$R = 0.052 \text{ m}$$

$$S = 0.5100\%$$

$$0.027$$

$$Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013412$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**56 Canal Derivación Nro 02**

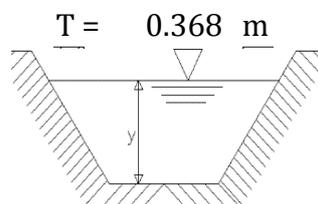
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366738.00             | Norte |
| 210853.00              | Este  |
| 4039.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.084 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 1.6000\%$$

**Correntómetro**

$$V = 1.1550 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos****Perímetro Mojado (P)**

$$Lado = 0.188 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.576 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

$$T = 0.368 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.084 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

$$P = 0.576 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.04 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

$$V = 1.155 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.027554 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Índice de Manning (n)

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

$$R = 0.041 \text{ m}$$

$$S = 1.6000\%$$

$$0.027$$

$$Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$n = 0.013115$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**58 Canal Derivación Nro 02**

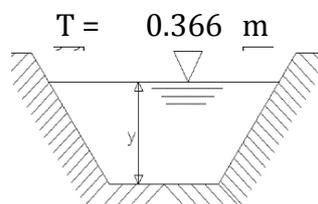
---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366775.00             | Norte |
| 210965.00              | Este  |
| 4039.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.083 \text{ m}$$

**Perfil Longitudinal**

$$S = 1.6000\%$$

**Correntómetro**

$$V = 1.1610 \text{ m/s}$$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos****Perímetro Mojado (P)**

$$Lado = 0.186 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$P = B + 2L$$

$$P = 0.571 \text{ m}$$

**Área Hidráulica (A)**

$$T = 0.366 \text{ m}$$

$$B = 0.200 \text{ m}$$

$$d = 0.083 \text{ m}$$

$$A = \left( \frac{B + T}{2} \right) * d$$

$$A = 0.023 \text{ m}^2$$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.023 \text{ m}^2$$

$$P = 0.571 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = 0.04 \text{ m}$$

### Caudal (Q)

$$A = 0.023 \text{ m}^2$$

$$V = 1.161 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.027271 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Indice de Manning (n)

$$A = 0.023 \text{ m}^2$$

$$R = 0.041 \text{ m}$$

$$S = 1.6000\%$$

$$0.027$$

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

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

$$n = 0.012980$$

### Observaciones

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

*Asesor : Ing Ecler Mamani Chambi*

---

**60 Canal Derivación Nro 02**

---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366691.00             | Norte |
| 211136.00              | Este  |
| 4037.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

**Sección Transversal**

$T = 0.374 \text{ m}$

$d = 0.082 \text{ m}$

$B = 0.210 \text{ m}$

**Perfil Longitudinal**

$S = 1.7100\%$

**Correntómetro**

$V = 1.1710 \text{ m/s}$

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

**Parámetros Geométricos**

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$Lado = 0.183 \text{ m}$

$B = 0.210 \text{ m}$

$P = 0.577 \text{ m}$

**Área Hidráulica (A)**

---

$T = 0.374 \text{ m}$

$B = 0.210 \text{ m}$

$d = 0.082 \text{ m}$

$A = 0.024 \text{ m}^2$

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

$$P = 0.577 \text{ m}$$

$$R = 0.04 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

$$V = 1.171 \text{ m/s}$$

$$Q = 0.028038 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.024 \text{ m}$$

$$R = 0.042 \text{ m}$$

$$S = 1.7100\% \\ 0.028$$

$$Q = 0 \text{ m}$$

$$n = 0.013390$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

---

*Asesor : Ing. Ecler Mamani Chambi*

---

---

---

**61 Canal Derivación Nro 02**

---

| <b>Coordenadas UTM</b> |       |
|------------------------|-------|
| 8366664.00             | Norte |
| 211193.00              | Este  |
| 4036.00                | msnm  |

---

**Datos de Campo**

---

| <b>Sección Transversal</b> | <b>Perfil Longitudinal</b> |
|----------------------------|----------------------------|
| T = 0.496 m                | S = 0.2300%                |
| d = 0.143 m                | <b>Correntómetro</b>       |
| B = 0.210 m                | V = 0.5460 m/s             |

---

**Datos necesarios para el Cálculo del Índice de Rugosidad (Manning)**

---

---

**Parámetros Geométricos**

---

---

**Perímetro Mojado (P)**

---

$$Lado = 0.320 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$P = 0.850 \text{ m}$$

---

**Área Hidráulica (A)**

---

$$T = 0.496 \text{ m}$$

$$B = 0.210 \text{ m}$$

$$d = 0.143 \text{ m}$$

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$

---

**Radio Hidráulico (R)**

---

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$
$$P = 0.850 \text{ m}$$

$$R = 0.06 \text{ m}$$

---

**Caudal (Q)**

---

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$
$$V = 0.546 \text{ m/s}$$

$$Q = 0.027562 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

**Índice de Manning (n)**

---

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$
$$R = 0.059 \text{ m}$$
$$S = 0.2300\%$$
$$0.027$$
$$Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = 0.013375$$

---

**Observaciones**

---

*Del resultado se concluye que el índice de Manning es menor al usado en el diseño de canales, esto debido al desgaste del concreto*

---

*Asesor : Ing. Ecler Mamani Chambi*

---

---