



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Diseño Hidráulico del Canal L-02 Quemazón, en el Distrito de
Mórrope, Lambayeque – 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Pérez Dávila Marco Antonio (ORCID: 0000-0003-3346-2247)

ASESOR:

Mg. Llatas Villanueva Fernando Demetrio (ORCID: 0000-0001-5718-948X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

CHICLAYO - PERÚ
2021

Dedicatoria

El presente estudio está dedicado con el más inefable amor a Dios, por brindarme salud y sabiduría para alcanzar los objetivos propuestos.

También dedico el presente estudio con profundo amor y gratitud a mi madre Virginia Dávila Pérez; dadora de esas motivaciones y ejemplo de fortaleza que día tras día siguen cristalizándose en este viaje de la vida; cuya finalidad evoca el desarrollo y servicio a la comunidad.

A mi padre Taurino Pérez Vásquez y a mis queridos hermanos por su apoyo, compañía y comprensión.

Agradecimiento

Dirijo el agradecimiento de culminación de esta Tesis:

A Dios por todas las bondades, los días que me ha concedido y haberme permitido concluir esta meta trazada.

A mis padres Virginia Dávila Pérez y Taurino Pérez Vásquez por su apoyo incondicional.

A los Ing. Jorge Alejandro Pérez Acuña, Ing. Joel Santisteban Chapoñan, por su desinteresado apoyo desde el inicio del proyecto de este estudio.

Agradecer a la plana docente de la Universidad Privada César Vallejo, con especial consideración a los ingenieros: Ramón Jesús Samillán Farro; César Antonio Idrogo Pérez; Julio Almagro Huamán Iturbe; Miguel Berru Camino.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	16
3.1. Diseño de investigación	16
3.2. Variables, Operacionalización	16
3.3. Población y muestra	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	17
3.5. Procedimiento	18
3.6. Métodos de análisis de datos	19
3.7. Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS	20
V. DISCUSIÓN	30
VI. CONCLUSIONES	33
VII. RECOMENDACIONES	34
REFERENCIAS	35
ANEXOS	39

Índice de tablas

Tabla 1. Puntos de BMS en el área de estudio	20
Tabla 2. Cédula de cultivo actual del área del proyecto en hectáreas (has)	24
Tabla 3. Coeficientes de Cultivo (Kc)	25
Tabla 4. Cálculo de la evapotranspiración (ET _o) (mm/mes)	25

Índice de figuras

Figura 1. Fórmula polinómica del proyecto.	29
---	----

Resumen

El trabajo presentado está enfocado en mejorar las características geométricas e hidráulicas del Canal en estudio L-02 Quemazón perteneciente a la Comisión de Usuarios del Sub sector Hidráulico de Riego Mórrope ubicado en el distrito de Mórrope de la provincia de Lambayeque-Perú; mediante el “Diseño Hidráulico del Canal L-02 Quemazón”. En tal sentido se hicieron las revisiones bibliográficas pertinentes y los estudios de campo, se compararon con las normas y reglamentos. En el desarrollo de este proyecto se procedieron a realizar los estudios de campo como es el topográfico y el estudio exploratorio de los suelos; por último, el análisis en laboratorio de suelos; el primero con la finalidad de obtener las condiciones en las que se encuentra el canal en estudio; tanto en su geometría, como en las condiciones de funcionamiento; de esta manera realizar su diseño hidráulico. En tanto que los estudios de exploración y análisis de suelos se realizaron con la finalidad de proveer el comportamiento que se esperaría tener en estos suelos, para tomar las decisiones y criterios de revestimiento.

Como parte complementaria a este estudio se registraron la data histórica de las condiciones climatológicas de la zona; se hizo el estudio de los materiales a utilizar y se detallaron las partidas y presupuesto que se considerarían en la ejecución de este proyecto.

Para terminar, se tomaron algunos temas a considerar, como son los ítems de seguridad en el trabajo; medio ambiente; así como la operación y mantenimiento del diseño propuesto.

Palabras claves: Canal, infiltración, diseño.

Abstract

The work presented is focused on improving the geometric and hydraulic characteristics of the Canal under study L-02 Quemazón belonging to the Users Commission of the Mórrope Irrigation Hydraulic Sub sector located in the Mórrope district of the province of Lambayeque-Peru; through the “Hydraulic Design of the L-02 Burning Channel”. In this sense, the relevant bibliographic reviews and field studies were made, compared with the norms and regulations.

In the development of this project, field studies were carried out, such as topographic and exploratory study of soils; finally, the analysis in soil laboratory; the first in order to obtain the conditions in which the channel under study is found; both in its geometry, as in the operating conditions; in this way perform its hydraulic design. While the studies of exploration and analysis of soils were carried out with the purpose of providing the behavior that would be expected to have in these soils, to make the decisions and criteria of coating.

As a complementary part to this study, the historical data of the climatic conditions of the area were recorded; The study of the materials to be used was made and the items and budget that would be considered in the execution of this project were detailed.

Finally, some issues were considered, such as work safety items; environment; as well as the operation and maintenance of the proposed design.

Keywords: Channel, infiltration, design.

I. INTRODUCCIÓN

La conducción del agua de uso agrícola hacia los predios beneficiarios se efectúa por medio de canales artificiales, compuestos de estratos térreos de origen aluvial.

El canal materia de estudio se denomina canal “L-02 Quemazón” geopolíticamente pertenece al Sub Sector de riego Mórrope, distrito de Mórrope, provincia y departamento de Lambayeque, beneficia actualmente a 414 usuarios. Con una longitud de 6 413.19 km y 429.8661 ha agrícolas irrigables. Es alimentado mediante estructuras de derivación de concreto (barraje y compuerta); ubicadas en la progresiva 24+140.00 Km del canal L1-Túcume, abriéndose a la margen izquierda, con un caudal asignado de 0.4 m³/s.

Existen en su recorrido algunas estructuras de control cómo de distribución, tanto en concreto, como artesanales; las secciones del canal en su recorrido son irregulares, desde rectangulares a acunadas. Encontramos secciones conformadas por estratos permeables, secciones sedimentadas; que dificultan el buen aprovechamiento y uso del recurso hídrico.

Cuenta con una oferta de agua asignada, programada para abastecer dos campañas agrícolas por año; los cultivos predominantes son el cultivo de algodón, maíz amarillo y menor cuantía arveja.

Actualmente no se evidencia trabajos o proyectos que apunten a un mejoramiento o diseño del canal L 02-Quemazón. Por consecuencia la presente investigación nace atendiendo estas características del objeto de estudio y a las competencias formativas dentro del área de la ingeniería civil, (obras hidráulicas) que permiten el perfeccionamiento de los conocimientos adquiridos en la materia y la articulación de éstos a la demanda y necesidades del medio social.

Dentro de este panorama se genera la problemática expresándose como:

¿Cuál es el óptimo diseño hidráulico para el canal L-02Quemazón, en el distrito de Mórrope, Lambayeque?

La relevancia del presente estudio se justifica de manera técnica, económica, social y ambiental:

Técnicamente debido al estado deficiente de los parámetros hidráulicos del canal y las pérdidas por infiltración que se generan.

Económicamente por elevado costo que genera el mantenimiento.

Social por el mejoramiento del servicio en las áreas bajo riego.

Ambiental, desde la conservación de suelos del área hidráulica, al mejor manejo del recurso agua y la estimación del impacto ambiental en el medio de estudio.

Es importante ésta investigación, pues tiene a bien, mejorar el diseño y las condiciones hidráulicas; aminorar pérdidas por infiltración, reducción de costos de mantenimiento y mejorar el servicio en las áreas agrícolas bajo riego de su influencia; contemplando los posibles impactos ambientales que se pudieran generar.

Por la naturaleza de la investigación (descriptiva) no se contempla hipótesis.

En la presente investigación se ha planteado cómo objetivo general:

Realizar el diseño hidráulico del canal L-02 Quemazón en el distrito de Mórrope, Lambayeque.

En función al precedente objetivo se formulan los siguientes objetivos específicos:

Obtener la topografía del canal L-02 Quemazón.

Determinar los tipos de estratos según estudios de mecánica de suelos.

Estimar las pérdidas por infiltración en la conducción.

Calcular el Diseño Hidráulico del canal L-02 Quemazón.

Evaluar el impacto ambiental en el área del proyecto.

Estimar el presupuesto del diseño del canal L-02 Quemazón.

Evaluar el costo beneficio del mantenimiento del canal L-02 Quemazón

II. MARCO TEÓRICO

Dentro de los antecedentes encontramos las siguientes investigaciones respecto a este tema

A nivel internacional se menciona:

Respecto a los problemas encontrados en el diseño, operación y mantenimiento de canales, CHAN Gaxiola (2015), sostiene que existe un problema constante en los canales principales, respecto al manejo y mantenimiento; y en algunos canales problemas con el diseño realizado.

A nivel nacional:

En el planteamiento del problema ESPIR Nureña y MORALES (2015), describen que las deficiencias en la conducción limitan la capacidad del canal por la presencia de distorsiones no controladas en su recorrido. Siendo estos canales de uso agrícola productivo son de gran importancia para el crecimiento socio económico de la población beneficiaria.

En su estudio RUIZ Díaz (2017), afirma que el problema fundamental del abastecimiento agropecuario está en la infraestructura de conducción inadecuada aunado a la escasez de fuentes superficiales.

En tanto a nivel local:

En su estudio, TORRES Sánchez (2017), al respecto menciona que en el Valle chancay de Lambayeque, existen filtraciones en los canales hidráulicos que conducen el agua a los predios agrícolas viéndose afectada las eficiencias de riego

Respecto a los canales RUIZ Díaz (2017), menciona que son conductos abiertos donde se transporta el agua; estos trabajan por gravedad y con presión atmosférica libre.

Con respecto a la clasificación RODRÍGUEZ (2008), diferencia entre canales naturales, como los que forma en su recorrido el agua y los artificiales, construidos por el hombre; estos últimos geométricamente diseñados por lo general de forma prismática con secciones y pendientes constantes.

Las secciones transversales más usadas en canales en RODRÍGUEZ (2008), se menciona que los canales de sección trapezoidal por su estabilidad son aprovechados en tierra y en canales con revestimiento; los de sección rectangular son usados en estratos estables y también con revestimiento; los canales circulares son usados en alcantarillas, alcantarillados de diámetros chicos a medianos; los de forma parabólica se usan ocasionalmente en canales revestidos, uso frecuente en alcantarillas y obras hidráulicas de interés. Ésta forma es aproximadamente la que adoptan los canales artificiales antiguos y naturales

En ESPIR Nureña , y otros (2015), describe que existen canales de primer orden o derivación y son diseñados siempre con pendiente mínima; los hay también de segundo orden denominados laterales y nacen en el canal de derivación, repartiendo el caudal a los sub laterales.

Los radios mínimos en la proyección de canales según ANA; En los tramos de cambio de dirección en los canales se precisa de curvas diseñadas para evitar las pérdidas de energía y su óptimo desarrollo. Para los radios de curvas podemos observar que en los caudales de $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ el radio mínimo es de 5m (ANA, 2010).

Para el talud de diseño; se precisa que, en secciones trapezoidales, la de mayor eficiencia es cuya inclinación con la horizontal es 60° ; también que, en cualquier sección de máxima eficiencia se aproxima a $R = y/2$. Todo esto no siempre es posible dada las circunstancias de cada proyecto que imponen un diseño en particular (ANA, 2010).

Para suelos arcillosos algunos autores recomiendan según tipo de suelo para suelos arcilloso 1:1; de 1.5:1 para suelos arenosos limosos; 2:1 suelos arenosos en tanto que para suelos arenoso sueltos 3:1 (Rojas, H, 2011).

Con respecto a las velocidades de diseño en canales tenemos:

Es aquella velocidad mínima y máxima del caudal en el canal, apta para evitar la sedimentación de partículas y el crecimiento de malezas (Perez,2016).

Las velocidades permisibles (m/s) recomendadas en función al material que conforma el canal por tipo de suelo según tablas del “Manual de Obras Hidráulicas”; para arena es de 0.20-0.60 m/s; grava de 0.60-1.20; suelos arcillosos de 0.70-1.20 (Pérez, G, 2016).

En tanto las velocidades permisibles en canales arenosos son de 0.3 m/s; de 0.40 para arcilla arenosa; de 4.5 para canales de concreto (Pérez, G, 2016).

En cuanto a la resistencia del concreto en función a la velocidad se tienen desde concretos con resistencia de 50 Kg/cm² a 200 Kg/cm² y con velocidades desde 9.6 a 15.6 respectivamente para un calado de 0.5 m (Pérez, G, 2016).

Se pueden evidenciar en tablas que acotan la velocidad máxima sobre recubrimientos de concreto de resistencias de 140 Kg/cm² son de 3.80-4.40 m/s y para concretos de resistencias de 210 Kg/cm² es de 12.00-30.00 m/s respectivamente (Rojas, H, 2011).

Para el diseño hay que tener en cuenta que las velocidades no sean excesivas evitando presiones negativas que erosionen el material que compone el canal, asimismo criterios de velocidad mínima que no causen sedimentación de partículas (ROJAS, 2011).

Sobre las velocidades bajas, ROJAS (2011), describe que un canal es estable cuando no presenta erosión ni es sedimentable. El pionero en estudiar la estabilidad de los canales fue Según Robert G Kennedy en base a investigaciones en Israel, India; la antigua Rusia y los EE. UU, estableciendo una expresión que no permite sedimentación. Donde la velocidad promedio que no produce sedimentos es igual a un coeficiente dependiente de las partículas en suspensión, multiplicado por el calado del pelo de agua elevado a una constante de 0.64.

Los valores del coeficiente se adoptan de acuerdo al tipo de estrato; valores desde 0.59 a 0.64 en el espectro arcillas y arenas muy finas, y barro arenoso (Rojas, H, 2011)

Para la distribución de velocidades de un canal se menciona que; el flujo es tridimensional, en su análisis se toma la sección transversa del canal, cuyo medio y perímetro de sección precisan las líneas de distribución de velocidades (ROCHA, 2007).

ROJAS (2010), menciona que las velocidades no se distribuyen uniformemente debido a la rugosidad que existe en las paredes y a la superficie del espejo de agua, encontrándose que la velocidad promedio máxima se encuentra entre cero punto cero cinco, a cero punto veinticinco del tirante.

La sección de máxima eficiencia hidráulica para el diseño en ROJAS (2011), menciona que la máxima eficiencia se da cuando para un caudal dado con sección, pendiente y revestimiento constantes, tiene un área mojada mínima; siendo, ancho de solera sobre tirante igual a dos veces la tangente del ángulo que forma el talud con la horizontal sobre dos.

La relación de máxima eficiencia hidráulica definida por (b/y) en secciones trapezoidales con talud 1:1 es 0.83, para 1.5/1 es 0.61, en tanto que en las circulares es 0.80 (Rojas Rubio, 2010).

Para la sección de mínima infiltración en el manual ANA (2010), refiere que se da cuando se desea minimizan las pérdidas por infiltración; estas dependen del estrato de conformación del canal y del tirante. La mínima infiltración viene dada por la relación de ancho de solera entre el tirante b/y ; esta tiene que ser igual a cuatro veces la tangente de teta medios.

En las secciones de canales podemos encontrar relaciones geométricas típicas entre estas las de 1:1 con ángulo de 45° relaciones de máxima eficiencia 0.8284, mínima infiltración de 1.6569; y promedios de estas de 1.2426; así también para el talud de 1.5/1 con un ángulo de $33^\circ 41'$, relaciones de máxima eficiencia de 0.6056, mínima infiltración de 1.2111 y su promedio de 0.9083 (ANA, 2010).

Los tipos de flujos en canales; según ESTRADA (2012); describe que los tipos de flujos, deben cumplir determinadas condiciones; Responde a la ecuación de Euler o continuidad; el flujo es en una sola dirección; el fluido es tratado como incompresible.

Se clasifica de acuerdo a la variación del tirante en función al tiempo o en función al espacio; así tenemos que: En el flujo uniforme las propiedades hidráulicas entre una y otra secciones no cambian; en el flujo no uniforme las propiedades hidráulicas si cambian entre una y otra sección; en el flujo permanente las propiedades hidráulicas son constantes respecto al tiempo; en el flujo no permanente las propiedades hidráulicas cambian respecto al tiempo. En el flujo rápidamente variado las propiedades hidráulicas cambian con rapidez en un corto espacio; en tanto que, en el flujo gradualmente variado, las propiedades hidráulicas cambian progresivamente.

El estado de flujo en superficies libres, o número de Reynolds (Re), está en función a la magnitud de las fuerzas de inercia sobre las viscosas y se dice que: si el número de Re es menor o igual a quinientos el estado es laminar, de quinientos a docemil quinientos es transitorio y mayor o igual a docemil quinientos es turbulento; el estado de flujo es laminar cuando las fuerzas viscosas son mayores a las fuerzas de inercia y turbulento cuando sucede lo contrario (Estrada,2012).

Si relacionamos las fuerzas inerciales con las fuerzas de gravedad, se obtiene un número adimensional denominado número de Froude (Fr), este discretiza y cataloga al flujo; en sub crítico cuando es menor que uno; crítico si es igual a uno y supercrítico cuando resulta mayor que uno. El número de Froude es igual a la velocidad entre la raíz cuadrada de la aceleración de la gravedad que multiplica a la profundidad media.(Estrada,2012).

Siendo la profundidad hidráulica conocida también como profundidad media y es igual a A/T .

En cuanto al estado de régimen de flujo en las condiciones mencionadas ROJAS (2010), sintetiza que: El régimen subcrítico se caracteriza por tirantes superiores y velocidades menores a los críticos con números de " Fr " por debajo de uno; régimen

tranquilo, apropiado en canales de primer orden, y canales navegables. En tanto el régimen supercrítico se caracteriza por tirantes menores y velocidades superiores, con números de Froude sobre uno; es un régimen veloz, estable que puede utilizarse en canales con revestimiento; Se representan con claridad en la curva de energía específica.

Propiedades de los canales abiertos; atendiendo al propósito de la investigación se describen las propiedades físico hidráulicas de los canales.

ESTRADA (2012) refiere al respecto que: El área hidráulica, A , definida como el área de la sección transversal por donde transcurre el caudal de un canal; Périmetro mojado, P , referido a la línea de superficie de canal en contacto con el agua; Tirante o profundidad hidráulica, " y ", es la altura vertical desde la superficie libre de agua al lecho más bajo del canal o base; suele confundirse con el tirante normal de la sección " d ", el cual es medido de forma perpendicular al ancho de la base. Cuando el ángulo que forma con la horizontal es despreciable se considera que el tirante es igual al tirante normal; la relación entre estos tirantes es $y = d \cos \theta$. Espejo de agua, T , es el ancho de sección de canal; Profundidad hidráulica o media, D , es la relación entre A/T ; Radio hidráulico, es el resultado de dividir A/P

Sobre el talud ESTRADA (2012), menciona que es la inclinación de las paredes de la sección del canal y corresponden a un determinado avance horizontal por cada unidad vertical; se expresa como 1:z

Respecto al borde libre ANA (2010), menciona que es la longitud vertical entre el punto de la corona y la superficie del agua; no hay regla establecida para el cálculo del borde libre.

Chow (2004), al respecto dice que éstos se encuentran entre el cinco por ciento al treinta por ciento de la profundidad del caudal; los bordes libres para canales menores que 0.05 m³/s revestidos son de 7.5 cm y sin revestir de 10 cm; para canales desde 0.25 a 0.50 m³/s borde libre de 0.20 cm revestidos y 0.40 cm sin revestir.

La rasante en un canal; ESTRADA (2012), comenta según recomendaciones de Sotelo que; la pendiente del perfil longitudinal del canal en la realidad debe ser menor o igual a ocho grados, siendo estos canales de pequeñas pendientes, de forma que esta se confunda con el seno de θ , evitando incidir en errores superiores al uno por ciento.

Ecuación de continuidad en canales; la ecuación de continuidad para fluidos incomprensibles se sustenta en la conservación de la masa en todo el recorrido del canal.

En su publicación ROCHA (2007), describe, que siendo el fluido incomprensible de densidad constante la ecuación de continuidad queda expresada: El caudal que transita es igual a la velocidad media multiplicada por el área de la sección del canal $Q=V*A$.

Fórmula de Manning; en ROJAS (2010) se menciona que:Es la formula mas utilizada de la cual puede determinarse distintos parámetros hidraulicos; donde el caudal es igual al área de la sección que multiplica al radio hidraulico elevado a los dos tercios, que multiplica a le pendiente elevada a un medio, todo esto sobre el coeficiente de rugocidad de manning “n”.

Teorema de Bernoulli y Ecuación de la energía

Sobre la ecuación de Bernulli, TORRES (2017) refiere: que la altura de energía en una determinada sección es igual a la cota de referencia mas el tirante normal en la sección, mas la velocidad media elevado al cuadrado dividida entre dos veces la aceleración de la gravedad.

Para complementar la ecuación de la energía debemos mencionar a los coeficientes que intervienen: Coeficiente de coriolis α ; el coeficiente de coriolis surge como respuesta a una acción práctica para idealizar la relación de energía de flujo de un canal.

ROCHA (2007), de alfa dice que: α representa la relación que existe, para una sección dada, entre la energía real y la que se obtendría considerando una distribución uniforme de velocidades. (p.22)

Para canales prismáticos se tienen usualmente: $1.03 < \alpha < 1.36$. (p.23)

Coeficiente de Boussinesq; llamado coeficiente de cantidad de movimiento

ROCHA (2007), del coeficiente describe:

El valor de la cantidad de movimiento de toda la sección a partir de la velocidad media, debe corregirse por medio de un coeficiente [...] β , que recibe el nombre de coeficiente de Boussinesq [...]. (p.23)

Para canales prismáticos se tiene usualmente $1.01 < \beta < 1.12$. (p.24)

De acuerdo a lo expuesto [...] α se usará para cálculos que intervengan la energía específica y [...] β en cálculos en los que intervengan la cantidad de movimiento.

El uso de los coeficientes [...] depende de la exactitud con la que se están haciendo los cálculos. En muchos casos se justifica considerar: $\alpha < \beta$ igual a uno. (p.24).

Según Kolupaila, los valores que se pueden adoptar para alfa y beta aproximados; para canales y acueductos α mínimo 1.10, máximo 1.20 con un promedio de 1.15; para β mínimo 1.03, máximo 1.05 con un promedio de 1.07 (Rocha, 2007).

Sobre la fuerza tractiva en canales Galvis (2018), define que es la fuerza que actúa cuando fluye el agua sobre la superficie de la sección del canal; siendo esta el empuje del fluido en el área mojada; esta fuerza es igual al peso específico del fluido que multiplica al radio hidráulico del canal por la pendiente.

Aforos en canales; Los aforos son las observaciones realizadas a una fuente de agua con la intención de medir el caudal o gasto que está conduciendo, con una determinada velocidad de flujo. Hay diversos equipos y métodos de aforo que podrían ser utilizados según la cantidad de caudal del afluente, la precisión requerida y la capacidad tecnológica.

El MINAGRI (2005), menciona que el aforo de caudales es de gran importancia para la buena gestión de los recursos hídricos; es útil para determinar el caudal entregado o a distribuir, medir la eficiencia de conducción en los diversos sistemas de riego en función a la comparación de los caudales en distintos lugares de aforo..

Cadavid (2006) como se citó en NIZAMA (2019) afirma que: “Un aforo se completa con base en el cálculo de caudales pequeños, o incrementos de caudal, cuya suma determina el caudal total sobre la sección hidráulica” (p.32).

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (1992) afirma:

“El área puede determinarse usando sondas, ya sean rígidas o flexibles. La separación de los sondeos dependerá del ancho de la corriente” (p.5).

Para los espaciamientos de sondeo según ancho de corriente (T) se tiene que para 1.2 m el espaciamiento será de 0.2 m a 0.3 m y para 1.2 a 5 espaciamiento de 0.3 a 0.5 m (IMTA,1992).

Para procesar la información los correntómetros actuales funcionan mediante una consola programada, básicamente funcionan de la misma manera que los correntómetros mecánicos, siendo la diferencia la rapidez con la que procesa los datos.

Método del sensor de flujo

En Pozo (2011) describe: Es un dispositivo pequeño diseñado para su uso en canales hidráulicos abiertos, tiene muy buena precisión en la medición de (+/- 0.5 %), con el cual podemos obtener valores muy precisos., la medición lo realiza mediante campos magnéticos cuyas fluctuaciones son medidas por electrodos, es direccional y proporcional a la velocidad del fluido.

Aforador RBC; “Es un tipo de aforador que se adapta a casi todas las formas de sección transversal, sin necesidad de reconstruir los canales” (MINAGRI, 2005).

El tirante es medido aguas arriba, donde existe un flujo subcrítico y superficie constante (MINAGRI, 2005).

Dentro de las ventajas MINAGRI (2005), en cuanto a su construcción menciona que: Es sencilla; los costos son del diez a veinte por ciento menos que un aforador Parshall en tamaños usados frecuentemente y alrededor del cincuenta por ciento para vertederos grandes; funciona con desniveles pequeños con pérdidas de energía en canales pequeños aproximados de cinco centímetros; el porcentaje de sedimentos concentrados es mínimo y se puede adaptar a canales existentes; tirante mínimo.

Dentro de las desventajas: "En canales de tierra, con transporte de sedimentos, la rampa produce sedimentación aguas arriba de la cresta. El remanso producido puede influir en la operación de las compuertas aguas arriba" (MINAGRI, 2005. p.30).

Aforo en compuertas; la compuerta de acuerdo a INRENA como se citó en (NIZAMA, 2019), menciona que es un orificio diseñado en el que se ha establecido medidas de apertura en función del caudal.

Vertederos; LUX Monroy (2010), describe a los vertederos como orificios con borde libre superior y tienen la ventaja de; lograr aforos de precisión, construcción fácil, no se obstruyen por materiales flotantes; tienen una duración relativa larga.

La ecuación para vertedero triangular según King como se cita en MINAGRI (2005) resulta:

" $Q = C' \tan(\theta/2) H^{5/2}$, King encontró un valor de $C' = 1.38$. Para vertedero triangular con ángulos de escotadura y cargas entre 0.06 y 0.54 m" (p.16).

Método empírico para la infiltración en suelos; entre las aproximaciones de las pérdidas por infiltración por métodos matemáticos para canales sin revestimiento se pueden mencionar según PÉREZ (2016), la Fórmula de Pavlovski, donde se

realiza las estimaciones en función a el ancho de solera el tirante, talud y un coeficiente según permeabilidad (K) del estrato.

Una aproximación a valores promedios del coeficiente K, según clase de suelo tenemos: Para grava 10^2 a 10^{-1} cm/s; arena gruesa 10^{-1} a 10^{-3} cm/s; arena fina 10^{-2} a 10^{-4} cm/s, tierra arenosa 10^{-3} a 10^{-5} cm/s; para tierra franca arcillosa 10^{-5} a 10^{-9} cm/s (Pérez, C, 2016).

Davis (citado en PÉREZ,2016), menciona que todo canal se debe revestir cuando sus pérdidas excedan los 5.3×10^{-4} centímetros por segundo.

Hinds (citado en PÉREZ,2016), escribe que el revestimiento en hormigón de 3" de excelente calidad tiene que reducir las pérdidas a 1.41×10^{-7} centímetros por segundo.

Según Uginchus (citado en PÉREZ,2016), las pérdidas en un canal, se pueden estimar, afectando a las pérdidas en el mismo canal revestido por un factor; se ha observado que para un espesor de recubrimiento de 7.5 cm, el factor es igual a cero punto trece, con una reducción de la octava parte.

Método de diferencia de caudales

Consiste en realizar dos aforos en dos secciones diferentes del canal. Se realizan con el caudal de operación del canal (Satlari, 2011).

Algunos autores como Kinzli, K, citado en (Satlari, 2011), concluye que el método para determinar la eficiencia de conducción adecuado es el método de entradas y salidas.

Eficiencias de conducción (Efc); en MINAGRI (2015) se describe: que la Efc permite examinar las pérdidas volumétricas que se generan en el canal principal desde su entrega en la bocatoma hasta el fin de su recorrido.

Para determinar la eficiencia de aplicación se pueden referenciar lo siguiente; para riego tradicional o tendido entre 10 y 40 para surcos entre 40 y 85 (MINAGRI,2015).

Alcantarillas; dentro de los conceptos ANA (2010), menciona que son conductos que pueden tener secciones desde tipo marco a circulares; son usadas en desagües o cruce con vías terrestres, pueden funcionar a sección llena o llenas parcialmente; dependen de algunos factores como su diámetro, rugosidad, longitud y fundamentalmente por sus niveles de flujo a la entrada como a la salida; Para que no se sumerja la carga a la entrada debe estar entre 1.2 a 1.5 veces menor que su diámetro.

Por sus características hidráulicas de diseño de flujo de entrada y de salida se pueden diferenciar en sumergidas y no sumergidas (ANA ,2010).

Para la elección del diámetro de las tuberías se observan la naturaleza de las transiciones con velocidad máxima de 1.06 m/s para transiciones de tierra y de 1.52 m/s para transiciones de concreto. Para caudales entre 0 a 0.076 en tierra y 0 a 0.110 en concreto diámetros de 12 pulgadas es decir 30.48 cm con un área de 0.073 m². Para caudales entre 0.177 a 0.238 en tierra y 0.250 a 0.340 en concreto diámetros de 21 pulgadas es decir 53.54 cm con un área de 0.223 m². Para caudales entre 0.394 a 0.487 en tierra y 0.565 a 0.694 en concreto diámetros de 30 pulgadas es decir 76.20 cm con un área de 0.456 m² (Villon,2005).

Estudio de mecánica de suelos; dentro de los ensayos de suelos para determinar las características del perfil del suelo tenemos las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC); asimismo sus correspondientes con las normas de referencia American Society for Testing and Materials (ASTM) y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), su homólogo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Agregados y valores de referencia

Dentro de estos valores de referencia, encontramos los estudios realizados a la cantera Tres Tomas, la que se ajusta al tipo de uso para el proyecto. Teniendo

suelos identificados en el sistema AASHTO como A-1-a (0); gravas limosas, mezcla de gravas, arena y limo de baja plasticidad (MTC, 2011).

III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de investigación

El tipo de investigación es descriptiva con un diseño no experimental, transaccional.

3.2. Variables, Operacionalización

Variable

Diseño hidráulico del canal de riego L-02 Quemazón en el distrito de Mórrope, Lambayeque.

Definición Conceptual

Diseño hidráulico; Es un procesamiento de datos para obtener los parámetros hidráulicos de conducción de un canal; Utiliza los cálculos matemáticos, las medidas físicas, así como las características topográficas del canal.

Canal de riego; es un conducto, que funciona a flujo libre y está conformado por un conjunto de obras y elementos de control, destinadas a la conducción y distribución del agua de riego con fines agrícolas.

Dimensiones

Estudio topográfico; se desarrolla tomando las observaciones y medidas obtenidas en el área de estudio mediante los instrumentos de medida (Equipos Topográficos, GPS). con esta información se elaboran el perfil longitudinal y las secciones transversales del canal en estudio. El área de ubicación del proyecto tiene un relieve llano.

Estudio de Mecánica de Suelos; se obtiene como resultado del escrutinio de las muestras obtenidas en campo de los perfiles escavados (calicatas), a las cuales se les somete a ensayos en campo y en el laboratorio de mecánica de suelos; para observar las características de este suelo y saber si cumple con las propiedades técnicas que se buscan en el diseño de canales; para éstos parámetros se tendrá

en consideración el reglamento del (MTC), manual de la (ANA, 2010); contrastando con otras normas como la ASTM y la AASHTO.

Hidrología; como datos complementarios se recopilan para este estudio datos históricos en el área, por medio de las estaciones hidrológicas. En tanto que el ensayo de infiltración mediante sondeos nos permite aproximarnos a la cuantificación de pérdidas en la conducción.

Diseño hidráulico del canal; en esta dimensión con los datos de entrada como caudal de diseño, y demás criterios técnicos de canales, se prepara y procesa la memoria de cálculo teniendo en consideración las normativas, manuales de la ANA, como la bibliografía consultada.

Estudio Ambiental; el impacto ambiental en el área de estudio, se estima realizando un diagnóstico de la situación actual del medio y las posibles afectaciones de este con la realización del proyecto.

Costos y Presupuestos; estos costos serán a precio del mercado local en función de los metrados y los recursos a utilizar; obteniendo los gastos generales.

Evaluación económica de la operación y mantenimiento; se realiza la evaluación del costo beneficio del diseño hidráulico del canal.

3.3. Población y muestra

Como población se tomará para esta investigación la medida kilométrica del canal. Las muestras en el presente estudio se extraerán a juicio del investigador.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

- Técnicas
 - Observación (referentes al objeto de estudio).
 - Captura de imágenes Satelitales.
 - Captura de fotos del área de estudio.
 - Levantamiento Topográfico.

- Muestreo y clasificación del perfil del Suelo
- Análisis de datos (de acuerdo a la información documentaria y datos encontrados en el lugar de estudio).
 - Gabinete (análisis de datos para obtener diseño del canal optimo).
 - Calculo del metrado del proyecto (para obtener cantidad de recursos).
- Instrumentos
 - Plataforma virtual de Google Maps, Google Earth.
 - GPS 62SC.
 - Equipo Topográfico (Estación total).
 - Equipos del Laboratorio de Suelos.
 - Estaciones de monitoreo hidrológico.
 - Laptop HP i7-Sistema Operativo Window 10 de 64 bits / 8 GB de memoria RAM)
 - Software (AutoCAD 2015; AutoCAD civil 3D; H Canales; S10; Excel; MS Project).
 - Celular Android con cámara incorporada.
 - Libreta de campo.
- Validez y confiabilidad
 - Juicio de expertos y parámetros normativos.

3.5. Procedimiento

Para la investigación se realizaron los siguientes procedimientos:

- Se gestionaron los permisos con las autoridades respectivas (Comisión de Usuarios de Mórrope).
- Se hizo la búsqueda bibliográfica y análisis de la información científica del objeto de estudio.
- Mediante seguimiento en plataformas virtuales se delimitó y ubicó el área de estudio.
- Se Inspección el área en campo; realizándose; el recorrido del canal en toda su longitud, previendo posibles obstáculos para el levantamiento topográfico.
- Se coordinó con los usuarios del canal la limpieza de los tramos con mayores dificultades para el levantamiento topográfico.

- Se realizó el Levantamiento topográfico del canal; considerando 13 BMs en su recorrido.
- Se realizaron seis calicatas en eje de canal para la observación del perfil estratigráfico y extracción de muestras alteradas e inalteradas para su respectivo análisis en laboratorio de mecánica de suelos (Granulometría; corte directo).
- Se analizó el material de la cantera Tres Tomas mediante la clasificación SUCS; para su uso del material en la elaboración de concreto y material para afirmado.
- Se procesó la información de campo y se efectuó el Diseño Hidráulico del canal L-02 Quemazón; conforme la normativa vigente y los datos encontrados en las referencias.
- Se evaluó el impacto ambiental del área del proyecto de acuerdo a la metodología Matriz de Leopold.
- Se estimó el presupuesto y el costo beneficio del mantenimiento del canal L-02 Quemazón.

3.6. Métodos de análisis de datos

- Procesamiento de datos del Equipo topográfico (estación total).
- Método de interpolación digital para el trazó de curvas de nivel del canal con uso de Software (AutoCAD 2015 y AutoCAD civil 3D 2018).
- Ensayos de laboratorio de suelos (SUCS; AASHTO).
- Ecuaciones de diseño de canales.
- Programación de los cálculos con Excel (cálculo de datos con funciones matemáticas)
- Calculo de diseño geométrico contrastado con H-Canales
- Procesamiento de análisis de precios unitarios y presupuesto con el programa S10-2005.

3.7. Aspectos éticos

El presente proyecto guarda relación directa con la realidad encontrada por el investigador, cuenta con el respaldo de ensayos desarrollados en laboratorio, antecedentes y la bibliografía consultada.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudio topográfico

En este estudio se colocaron los BMs de control en todo el recorrido del canal, utilizando para este propósito el equipo topográfico (estación total), estableciendo las cotas o niveles de referencia; observando que por la naturaleza del estudio (canales) los errores de nivel se minimizan con la pendiente.

Tabla 1. *Puntos de BMS en el área de estudio*

CUADRO DE BMS				
Nº	N	E	Z	DESCRIPCION
BM01	9281235.3712	614573.3466	49.695	Compuerta bocatoma
BM02	9281058.3058	614157.8347	48.493	Puente alcantarilla pista asfaltada
BM03	9280770.1869	613888.9230	47.743	Estaca de fierro
BM04	9280654.6291	614132.1076	47.188	Estaca de fierro
BM05	9280546.3650	614328.6505	47.118	Estaca de fierro
BM06	9280021.7880	614232.5178	46.858	Estaca de fierro
BM07	9279504.6403	614067.0463	45.149	Estaca de fierro
BM08	9278413.5766	613465.1299	43.639	Poste de alta tensión
BM09	9278409.2010	613286.4843	43.116	Estaca de fierro
BM10	9278201.0135	612951.8142	42.382	Estaca de fierro
BM11	9277732.2205	612338.7657	41.652	Estaca de fierro
BM12	9277474.8791	612059.1214	40.654	Estaca de fierro
BM13	9277247.8761	611970.9807	41.028	Puente alcantarilla

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1. Levantamiento planimétrico

Una vez ubicado el punto de referencia BM1 del canal, se procedió a iniciar el levantamiento planimétrico a lo largo de su recorrido con el apoyo de la estación total. Encontrándose una longitud de canal igual a 6 413.19 metros

A lo largo del recorrido se referenciaron estaciones de medida, de fácil ubicación en el terreno, detallados en los planos respectivos.

4.1.2. Levantamiento altimétrico

El levantamiento del perfil longitudinal se determinó con las lecturas de miras y anotación de las cotas relativas de terreno obtenidas en el canal obteniéndose una rasante de diseño en el fondo del canal de 0.0013; asimismo se levantaron la información topográfica de las secciones transversales cada 20 m. a cada lado del eje del canal.

4.2. Estudio de suelo

A lo largo del canal en estudio se realizaron seis (06) calicatas a cielo abierto designados como C-1; C-2; C-3; C-4; C-5; C-6, con profundidades según estrato encontrado desde 1.20-1.50 m, obteniendo muestras alteradas e inalteradas para el consiguiente análisis en el laboratorio de suelos. Teniendo los resultados de estos estudios se pudo afinar los criterios para el diseño hidráulico del canal L02 Quemazón.

4.2.1. Perfil estratigráfico

Con los resultados obtenidos en los estudios de suelos, se llegó a los siguientes registros en el perfil de suelo del canal.

- **Progresiva 0+500 (C-1)**
 - De 0.00 - 0.50 m; se encontró un estrato de arcilla arenosa de baja plasticidad, clasificada en el sistema SUCS como un suelo CL, con una humedad natural de 26.26%.

- **Progresiva 1+500 (C-2)**
 - De 0.00–0.60 m; se encontró un estrato de arena limosa, clasificada el sistema SUCS como un suelo SM, con una humedad natural de 4.94%.

- De 0.60-1.50 m; se encontró un estrato de arena pobremente graduada, clasificada el sistema SUCS como un suelo SP, con una humedad natural de 4.93%.
- **Progresiva 2+500 (C-3)**
 - De 0.00–0.95 m; se encontró un estrato de arcilla de baja plasticidad, clasificada el sistema SUCS como un suelo CL, con una humedad natural de 26.64%.
 - De 0.95–1.50 m de profundidad, se encontró un estrato de arcilla de baja plasticidad con arena, clasificada el sistema SUCS como un suelo CL, con una humedad natural de 19.75%.
 - **Progresiva 3+500 (C-4)**
 - De 0.00–1.20 m de profundidad, se encontró un estrato de arena limosa, clasificada el sistema SUCS como un suelo SM, con una humedad natural de 19.63%.
 - **Progresiva 4+500 (C-5)**
 - De 0.00–1.50 m de profundidad, se encontró un estrato de arcilla de baja plasticidad, clasificada el sistema SUCS como un suelo CL, con una humedad natural de 23.21%.
 - **Progresiva 5+500 (C-6)**
 - De 0.00–1.50 m de profundidad, se encontró un estrato de arena arcillosa, clasificada el sistema SUCS como un suelo SC, con una humedad natural de 8.31%.

4.2.2. Obras de arte

Los tipos de concreto a utilizar en el proyecto son:

Revestimiento de canal $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$

Obras de Arte $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

4.2.3. Clasificación de cantera para concreto y relleno del canal

A través del estudio realizado se pudo clasificar la cantera Tres Tomas para su explotación.

CANTERA PARA CONCRETO

Usos : Para fabricación de concreto
Ubicación : TRES TOMAS.
Tipo de Material : Cantos rodados de origen fluvial
Clasificación SUCS : Clasificada en el sistema SUCS como GW-GM.
Abrasión : 19.58%.

CANTERA DE AFIRMADO

Usos : Para camino de vigilancia
Ubicación : TRES TOMAS.
Tipo de Material : gravas limosas, mezcla de grava, arena y limo
Clasificación SUCS : Clasificada en el sistema SUCS como GW-GM
CBR al 100% : 87.75%.

4.2.4. Capacidad portante

De los estudios de laboratorio obtuvimos la resistencia del suelo frente a cargas, también se halló el ángulo de corte o ángulo de fricción interna:

Esfuerzo cortante del suelo: $\sigma = 0.22 \frac{kg}{cm^2}$

Ángulo de fricción de: $\phi = 15.26^\circ$

4.3. Estudio de impacto ambiental

Se realizó el análisis utilizando la metodología Matriz de Leopold, que tiene como finalidad reconocer las actividades humanas a realizarse, en las fases de construcción, operación y mantenimiento de las obras proyectados. Los factores ambientales se refieren a los componentes descritos en el diagnóstico ambiental, los cuales son: los recursos hídricos, suelo, fisiográfico, geomorfológico, vegetación, fauna y aspectos socioeconómicos cultural.

De acuerdo al análisis; los impactos positivos alcanzan (31.61%) siendo estos superiores que los negativos (20.0%) y los impactos nulos alcanzan el (48.39 %), lo que significa que la mayoría de actividades no afectaran a los componentes del medio ambiente.

4.4. Estudio Hidrológico

4.4.1. Cedula de cultivo

La superficie bajo riego es de 424.76 hectáreas (has), de las cuales 230.47 has tienen licencia y 194.29 has tiene permiso. El número de has sembradas varia cada año (las aprobadas según declaración de intensión de siembra), en la campaña 2017 - 2018 el área declarada es de 233.77 has.

Los cultivos de mayor área sembrada son: el algodón, en mediana escala el maíz amarillo duro, para el estudio se ha tomado en consideración un cultivo alternativo como es la alverja fresca previendo la oferta de agua.

Tabla 2. Cédula de cultivo actual del área del proyecto en hectáreas (has)

Cultivo	Has	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Sistema regulado													
Algodón	130.00	x	x	x							x	x	x
Maíz													
Amarillo	101.26			x	x	x	x	x					
Duro													
Arverja fresca	85.00					x	x	x					
Área Total	316.26												

Fuente: Elaboración propia

4.4.1.1. Coeficiente de cultivo (kc)

El Kc es el coeficiente de uso consuntivo del cultivo; siendo este la relación que existe entre el consumo de agua del cultivo en cada mes del año y la ubicación del área agroclimática.

Para este estudio se está trabajando con datos que actualmente la Junta de usuarios utiliza para los diferentes cultivos.

Tabla 3. Coeficientes de Cultivo (Kc)

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Algodón	1.20	1.20	0.60							0.40	0.50	0.81
Maíz												
Amarillo			0.50	1.10	1.20	0.60	0.40					
Duro												
Arverja fresca					0.45	0.50	1.60					

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas

4.4.1.2. Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (Etp)

En proceso del cálculo de la evapotranspiración se usaron datos meteorológicos (1984-2004) de la estación UNPRG ubicada en la ciudad de Lambayeque, Latitud 06°42`sur, Longitud 79°55`Este, Altitud 18 m.s.n.m.

Se utilizó esta estación debido a la semejanza en las variables meteorológicas con la zona de estudio, para ello se usaron las variables como: T° Max, T° min, Velocidad de viento, Horas de sol y Humedad Relativa.

Para determinar la evapotranspiración utilizamos el software CROPWAT 8.0, donde es una herramienta que usa el método de Penman – Monteith.

Tabla 4. Cálculo de la evapotranspiración (ETo) (mm/mes)

	Evapotranspiración (eto)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Eto día	4.2	4.9	5.0	4.5	4.0	3.3	3.2	3.4	3.8	4.1	4.4	4.6
Nº días	31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0
Eto mes	131.4	136.4	156.2	135.9	122.5	99.0	98.6	104.2	114.0	126.2	132.3	143.8

Nota: Cálculo a través del programa CROPWAT 8.0.

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Demanda de agua para riego

Para ello se realizó aforos en el canal cada km, donde se obtuvo una eficiencia de riego de 23.4%.

De acuerdo estudio hidrológico, donde se realizó la demanda de los diferentes cultivos, se verifica que en el mes de marzo se requiere mayor caudal, siendo el caudal máximo 0.4 m³/s (caudal de diseño para el canal Quemazón).

4.5. Diseño de canal de riego

4.5.1. Descripción de las obras existentes

La longitud para revestir el canal es 6 413.19 metros netos de canal trapezoidal; en su recorrido encontramos las obras de arte siguientes.

4.5.1.1. Tomas lateral

Mediante el diseño hidráulico del presente proyecto el canal Quemazón, será mejorado en su capacidad de conducción, el mismo que comprende cinco (05) tomas laterales. Las mencionadas estructuras son de concreto armado, construidas para regular el ingreso del agua a los canales laterales de tercer orden en el caudal requerido mediante una Compuerta deslizante

Se construirá con material de concreto $f_c=210$ Kg/cm² y tendrá un espesor de muros de 0.20m.

4.5.1.2. Transiciones de entrada y salida

Se proyecta el diseño de éstas en concreto armado $f_c=210$ kg/cm² de espesor 20 cm; que servirán para darle continuidad a diversas estructuras y obras de arte con el canal trapezoidal.

4.5.1.3. Tomas directas

A lo largo del diseño hidráulico del canal Quemazón se ha considerado el diseño de la toma directa de los predios existentes, que son 137, estas estructuras también son de concreto armado, construidas para regular el ingreso del agua a las parcelas según caudal requerido mediante una compuerta deslizante.

Se construirá con material de concreto $f_c=210$ Kg/cm² y tendrá un espesor de muros de 0.20m.

4.5.1.4. Retención

Se proyectan 12 retenciones a lo largo del canal, en concreto armado construida para regular el ingreso del agua a los laterales o tomas directas en el caudal requerido.

Para el diseño de las retenciones se ha tomado en cuenta el caudal de diseño de las tomas laterales y tomas directas.

4.5.1.5. Enrocado de salida en tomas directas

Se proyectan transiciones de salida con enrocado de piedra, asentada y emboquillada en Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, de espesor 20 cm y una longitud de 1.30 m, de salida empalmado con los tramos del canal parcelario.

4.5.1.6. Medidor RBC

Se ha considerado la construcción de un medidor RBC para poder medir la cantidad de agua que conduce el canal. Se construirá con material de concreto $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ y tendrá un espesor de muros de 0.20m.

4.5.1.7. Alcantarillas

Se ha considerado la construcción de 21 alcantarillas en los cruces con el camino de vigilancia y otros, se construirá con material de concreto $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ y tendrá un espesor de 0.20m, de sección cuadrada para las secciones de tipo I y II y circular para las secciones de tipo III.

4.5.1.8. Proyección de revestimiento del canal

Se revestirán una longitud de 6 413.19 m. el cual será de tipo trapezoidal destinado para 0.40 m³/s de caudal de diseño. En lo siguiente, se detallan algunas características del canal:

El canal será de forma trapezoidal, se utilizará concreto simple $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ con un espesor (fondo y taludes de 0.075m). y un camino de vigilancia de 4.00 m

El canal tendrá un talud de 1.5:1; una solera de 0.80 m; un calado de 0.60 m, considerando un borde libre de 0.20 m; con una pendiente de diseño del orden 1‰ a 0.13%.

En la excavación del canal, este tendrá que ser perfilado y se hará el refine en toda su longitud, con el propósito de originar un talud compactado.

La forma y las dimensiones se podrán visualizar en los planos correspondientes de planta y perfil longitudinal indicando el inicio y final con sus respectivas progresivas.

A lo largo el canal tendrá un alero de 0.20 metros a la margen derecha y 0.30 a la margen izquierda que ira a la altura de la corona; asimismo, la base del canal se diseñará de acuerdo a la rasante asignada en el perfil longitudinal.

Las juntas de dilatación serán cada 15 m y las juntas de contracción serán cada 3 m, que serán hechas con material de sello elastomérico.

4.6. Costos y presupuesto

4.6.1. Metrados

En el cuadro de resumen de metrados se presenta todos los metrados por partida.
Análisis de costos unitarios

El precio unitario consta de la mano obra, materiales, maquinaria, equipo y todo lo que sea necesario para que los trabajos sean ejecutados correctamente.

4.6.1.1. Rendimientos

Los rendimientos de equipo, mano de obra, se han adoptado de trabajos similares y de los especificados por CAPECO.

4.6.1.2. Precios

Se relaciona al precio de materiales, mano de obra, equipo y maquinaria.

El precio de materiales se ha obtenido por medio de cotizaciones realizadas en dependencias comerciales de la ciudad de Chiclayo y de la zona; listado de precios oficiales (CAPECO). Los montos cotizados en los materiales son puestos en obra.

4.6.2. Presupuesto

El presupuesto total de la obra, se estima al monto de 6,618,799.63 (Seis millones seiscientos dieciocho mil setecientos noventa nueve y 63/100 nuevos soles), el cual

incluye, gastos generales con precios referidos a la fecha de elaboración del presupuesto.

4.6.3. Fórmula polinómica

La fórmula polinómica resultante es:

$$K = 0.071*(Cr/Co) + 0.133*(BAr/BAo) + 0.303*(MEr/MEo) + 0.066*(MHr/MHo) + 0.297*(Mr/Mo) + 0.130(Ir/Io)$$

Fórmula Polinómica					
Presupuesto	1006001	DISEÑO HIDRAULICO DEL CANAL L02 QUEMAZÓN MORROPE LAMBAYEQUE			
Fecha Presupuesto	21/07/2020				
Moneda	NUEVOS SOLES				
Ubicación Geográfica	140306	LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - MORROPE			
K = 0.071*(Cr / Co) + 0.133*(BAr / BAo) + 0.303*(MEr / MEo) + 0.066*(MHr / MHo) + 0.297*(Mr / Mo) + 0.130*(Ir / Io)					
Monomio	Factor	(%)	Símbolo	Indice	Descripción
1	0.071	100.000	C	21	CEMENTO PORTLAND TIPO I
2	0.133	33.083	BA	05	AGREGADO GRUESO
		66.917	BA	14	BALDOSA ACUSTICA
3	0.303	100.000	ME	48	MAQUINARIA Y EQUIPO NACIONAL
4	0.066	81.818	MH	43	MADERA NACIONAL PARA ENCOF. Y CARPINT.
		18.182	MH	37	HERRAMIENTA MANUAL
5	0.297	100.000	M	47	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES
6	0.130	100.000	I	39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR

Figura 1. Fórmula polinómica del proyecto.

Fuente: Elaboración propia con el software S10.

V. DISCUSIÓN

En el estudio topográfico; La rasante del diseño del canal está en el orden del 1/1000; en ESTRADA (2012), se comenta que la pendiente del perfil longitudinal del canal debe ser menor o igual a ocho grados, siendo estos canales de pequeñas pendientes, de forma que esta se confunda con el seno de θ , evitando incidir en errores superiores al uno por ciento.

Sobre perfil estratigráfico; con los resultados obtenidos en los estudios de suelos, se obtuvieron registros del perfil de suelo del canal siendo estratos desde arenas pobres, no plásticas "SP" a arena arcillosa "SC", según la clasificación SUCS; cuyas características indican que hay buen porcentaje de pérdida por infiltración.

En el estudio Hidrológico Para determinar los parámetros del canal en estudio como la pendiente, velocidad se recurrió a aforos con sondas de flujo en distintos puntos del canal, con estos datos también se obtuvo las pérdidas del canal por km; complementando con la estratigrafía y métodos empíricos como el de Kinzli, K, citado en (Satlari, 2011), el cual concluye que el método para determinar la eficiencia de conducción adecuado es el método de entradas y salidas, lo que se presentan en los estudios básicos realizados.

En Una aproximación a valores promedios del coeficiente "K"; Pérez, C (2016)., referencia que según clase de suelo tenemos: Para grava 10² a 10⁻¹ cm/s; arena gruesa 10⁻¹ a 10⁻³ cm/s; arena fina 10⁻² a 10⁻⁴ cm/s, tierra arenosa 10⁻³ a 10⁻⁵ cm/s; para tierra franca arcillosa 10⁻⁵ a 10⁻⁹ cm/s

Sobre el revestimiento; se precisa que la cantera Tres Tomas, ubicada a 4 km del Distrito de Mesones Muro, con una distancia aproximada a la obra de 52 km cuenta con material para la fabricación de concreto, tanto para el revestimiento del canal como para su uso en obras de arte. Dentro de estos valores de referencia, encontramos los estudios realizados a la cantera Tres Tomas, la que se ajusta al tipo de uso para el proyecto. Teniendo suelos identificados en el sistema AASHTO

como A-1-a (0); gravas limosas, mezcla de gravas, arena y limo de baja plasticidad (MTC, 2011), ver anexo 13. Características del material Cantera Tres Tomas.

Del estudio hidrológico y de suelos obtuvimos que la infiltración esperada en estos tipos de suelos excede los 24.13×10^{-4} centímetros por segundo; En tanto Davis (citado en PÉREZ, 2016), menciona que todo canal debe ser revestido cuando las pérdidas exceden los 5.3×10^{-4} centímetros por segundo.

El canal se diseñó de forma trapezoidal, para un concreto simple $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ con un espesor (fondo y taludes de 0.075m). y un camino de vigilancia de 4.00 m; El canal de sección trapezoidal tendrá un talud de 1.5:1. Con una pendiente del 0.13% y un caudal de 0.4 m³/s.

La sección de diseño del canal L02 Quemazón se obtuvo a razón de los cálculos realizados para sección de máxima eficiencia con un talud de 1.5:1 que fue de 0.601 y mínima infiltración que fue de 1.21, para el caudal de diseño de 0.4 m³/s. Concordante el diseño con Rojas Rubio (2010), donde menciona que la relación de máxima eficiencia hidráulica definida por (b/y) en secciones trapezoidales con talud para 1.5/1 es 0.61. también ANA (2010), sobre las secciones de canales nos dice que para el talud de 1.5/1, relaciones de máxima eficiencia es de 0.6056, mínima infiltración de 1.2111 y su promedio de 0.9083. teniendo estos dos criterios y las recomendaciones BOREAU RECLAMATION, se pudo llegar a al diseño de ancho de plantilla en el fondo de 0.80 m, además de las comprobaciones por métodos matemáticos de las cargas que incidirán en el lecho de fundación.

De acuerdo al diseño se contempló un borde libre de 0.20; en Chow (2004) nos dice que; los bordes libres para canales menores que 0.05 m³/s revestidos son de 7.5 cm y sin revestir de 10 cm; para canales dese 0.25 a 0.50 m³/s el bordo libre es de 0.20 cm revestidos y 0.40 cm sin revestir.

En cuanto al diseño según el régimen de flujo se diseñó con flujo subcrítico con velocidades que van desde 0.35 y 1.04 m/s; teniendo una velocidad de diseño de 0.858 m/s, con un número de Froude "Fr" de 0.536; en Rojas (2010) nos dice que

el régimen subcrítico se caracteriza por tirantes superiores y velocidades menores a los críticos con números de “Fr” por debajo de uno.

Sobre los radios mínimos en la investigación tenemos que para un caudal de diseño de 0.4 m³/s, se encontraron tramos sinuosos, con áreas de cultivo y linderos de construcciones rústicas cercanas al canal, cuyos radios fueron entre 2 a 5 m, lo que supondría en un estudio definitivo un saneamiento de esas áreas a ambos márgenes del canal. Vemos también en cuanto a los radios mínimos en la proyección de canales en ANA (2010); que para caudales de 0.5 m³/s señala que es de 5 m;

Sobre la resistencia del concreto; en el recubrimiento se optó por una dosificación de resistencia de concreto de 175 kg/cm²; según Pérez (2016); en función a la velocidad del fluido las resistencias del concreto van desde 50 Kg/cm² a 200 Kg/cm²; para velocidades desde 9.6 a 15.6 m/s respectivamente para un tirante de 0.5 m. En Rojas, H (2011), nos menciona que la velocidad máxima para resistencias de concreto de 140 Kg/cm² son de 3.80-4.40 m/s y para concretos de resistencias de 210 Kg/cm² es de 12.00-30.00 m/s.

En cuanto a las retenciones se pudo observar en el “Anexo 52. Curva de Remanso provocadas aguas arriba de la contracción de la sección de compuerta Tipo I”, se espera una curva de remanso con tirante máximo de 0.487 metros a una distancia de 233.01 aguas arriba del punto de control; esto vemos es concordante con el diseño del calado del canal que fue de 0.60 m.

En tanto que para el diseño de las alcantarillas circulares en las compuertas de las tomas directas se obtuvo un diámetro de 0.3048 m con una velocidad 0.70 m/s. Por otro lado, Villón (2005), Para la elección del diámetro de las tuberías observa la naturaleza de las transiciones teniendo estas velocidades máximas de 1.06 m/s para transiciones de tierra y de 1.52 m/s para transiciones de concreto.

VI. CONCLUSIONES

- 1) Los trabajos topográficos efectuados consistieron en levantamiento topográfico en planta del trazo de canal, el perfil longitudinal, secciones transversales y ubicación de las obras proyectadas (21 Alcantarillas, 01 Medidor RBC, 05 Tomas Laterales, 12 retenciones y 137 Tomas directas o prediales); para el control vertical se ubicaron 13 BMs, con los cuales se ejecutó una nivelación cerrada como poligonal de apoyo con una pendiente en fondo de canal de 0.13%.
- 2) En el estudio de suelos se realizaron 06 calicatas a una profundidad de 1.20-1.50 metros, a lo largo del canal Quemazón, obteniendo como resultado suelos del tipo “SP” arenas pobremente graduadas, no plásticas, “CL” de arcilla de poca plasticidad y “SC” de arena arcillosa, según la clasificación SUCS y una capacidad portante 0.22 kg/cm² con un ángulo de fricción de 15.26°.
- 3) El estudio impacto ambiental de acuerdo a la metodología Matriz de Leopold, los impactos positivos alcanzaron (31.61%) siendo estos superiores que los negativos (20.0%) y los impactos nulos alcanzan el (48.39 %), lo que significa que la mayoría de actividades no afectaran a los componentes del medio ambiente.
- 4) Teniendo en cuenta el estudio hidrológico, según los cultivos predominantes (algodón, Maíz Amarillo duro), aplicando el coeficiente de cultivo (KC) y realizando el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) se determinó que en el mes de marzo hay más demanda hídrica, así mismo se obtuvo un caudal de diseño de 0.40 m³/s el cual concuerda con el caudal asignado a este sub sector de riego.
- 5) El presupuesto referencial de obra, se estima al monto de 6,618,799.63 (Seis millones seiscientos dieciocho mil setecientos noventa nueve y 63/100 nuevos soles), el cual incluye, gastos generales con precios referidos a la fecha de elaboración del presupuesto.

VII. RECOMENDACIONES

1. En el levantamiento topográfico para mayor precisión del cálculo de volumen de corte y relleno, se recomienda realizar seccionamiento cada 20 metros en tramos rectos y cada 10 metros en tramos curvos, teniendo como base la red de control vertical (BMs).
2. De acuerdo al estudio de suelos realizado, se recomienda la construcción de alcantarillas tipo cajón técnicamente concordante con las características encontradas en las muestras.
3. En el estudio de impacto ambiental se recomienda programar actividades de gestión e inducción al cuidado del medio ambiente con respecto al canal Quemazón.
4. Para complementar y hacer uso más eficiente del agua de riego en la zona de estudio, se recomienda desarrollar programas y manuales de capacitación.
5. Según los resultados obtenidos, se recomienda para el diseño geométrico del canal, una sección trapezoidal, con un talud de 1.5:1, con pendiente que oscilen entre 1.00‰ y 1.50‰, solera de 0.80 m, tirante que oscilen entre 0.35 m y 0.40 m. y un borde libre de 0.20 m, con un calado a fondo de canal de 0.60; asimismo para el revestimiento de esta sección se recomienda un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ con un espesor de 7.5 cm. conforme a los alcances de las normas de ANA, USBR y criterios de otros autores citados.
6. Se recomienda actualizar los precios del proyecto para fines de evolución económica en su debido periodo de análisis (estudio /ejecución), teniendo 02 cotizaciones como mínimo de materiales equipos y maquinaria o en su defecto precios de actualizados de CAPECO.

REFERENCIAS

ALVARADO, Batres César y BARHONA, Palomo Marco. 2016. Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la Cuenca del río Suquiapa, El Salvador. [pdf] [El Salvador], [El Salvador] : [s.n], 15 de Setiembre de 2016.

ANA. 2010. Criterios de diseños de obras hidraulicas para la formulacion de proyectos hidraulicos multisectoriales y de afianzamiento hidrico. [Manual en pdf] Lima, Lima, Perú : [s.n], Diciembre de 2010. La Autoridad Nacional del Agua (ANA), a través de la Dirección de Estudios de Proyectos Hidraulicos Multisectoriales, ponen a disposición de los interesados este Manual.

CHAN Gaxiola, Eduardo. 2015. Revisión de la capacidad y funcionamiento hidráulico de un canal mediante modelación. [Tesis en pdf] México D.F, México : [s.n], 2015.

ESPIR Nureña , Jan Juliver y MORALES Leiva, Javier Alex. 2015. Evaluación de fenomenos hidraulicos en el canal chaquin del sistema de riego del valle de viru primer tramo. [Tesis en pdf] Trujillo, Perú : [s.n], Abril de 2015.

ESTRADA Gutiérrez, Guadalupe. 2012. Laboratorio de Hidráulica de Canales. [pdf] [Lima] : [s.n], 24 de Agosto de 2012.

GUNT. Flujo en canales abiertos. www.gunt.de. [En línea] [Citado el: 14 de Junio de 2019.] https://www.gunt.de/images/download/open-channel_flow_spanish.pdf.

<http://repositorio.pucp.edu.pe/>. Máximas velocidades medias permitidas según For.tier y Scobey. [PDF] Lima, Perú : s.n.

HUAYLLANI Matamoros, Katty, y otros. 2013. es.scribd.com. [En línea] 28 de Noviembre de 2013. [Citado el: 17 de Noviembre de 2018.] <https://es.scribd.com/presentation/266378647/Ensayos-de-Suelos-Para-Canal-de-Irrigacion>.

Instituto mexicano de tecnología del agua (IMTA). 1992. Manual de aforos. [pdf] Morelos, México : s.n., 1992.

Instituto Nacional De Defensa Civil. 2004. Mapa de peligros de la ciudad de Morrope. [pdf] Lambayeque, Lambayeque, Perú : s.n., 04 de 2004. Proyecto INDECI – PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2017. inei.gob.pe/. [En línea] INEI, 2017. [Citado el: 01 de 06 de 2019.] <https://www.inei.gob.pe/>.

JIMÉNEZ Terán, José Manuel, y otros. Manual de Apuntes de la Experiencia Educativa de Tuberías y Canales. [pdf] Veracruz : Universidad Veracruzana.

LUX Monroy, Manuel Agustín. 2010. Medidores de flujo en canales abiertos (Trabajo de graduación). [pdf] Guatemala, Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, 4 de Setiembre de 2010.

Ministerio de Agricultura (MINAGRI). 2005. Consideraciones hidráulicas para el diseño de estructuras de medición en canales abiertos (Manual-Guía). [pdf] Lima : MINAGRI, 2005. s.n.

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). 2015. Manual del cálculo de eficiencia para los sistemas de riego. [pdf] Lima, Lima, Perú : Dirección General de Infraestructura Agraria Y Riego - DGIAR, 2015.

—. 2015. Manual N° 5 medición de agua. [pdf] 2nd ed., Lima, Lima, Perú : s.n., Setiembre de 2015. Manual N° 5 medición de agua. s.n.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (MTC). 2011. Proyecto de Infraestructura Vial de Transporte Nacional. [pdf] 1, Lima, Lima, Lima : MTC, 2011. Vol. I.

Municipalidad de Morrope. 2019. munimorrope.gob.pe. [En línea] 2019. [Citado el: 19 de 03 de 2019.] <http://www.munimorrope.gob.pe>.

Municipalidad distrital de Morrope. 2019. Diagnóstico de Brechas de Infraestructura o de Acceso a Servicios. [pdf] Morrope, Lambayeque, Perú : s.n., 2019.

NIZAMA Bobadilla, Manuel Wenceslao. 2019. Evaluación de la eficiencia de conducción del canal Sinchao desde la progreciva 0+000 Hasta la progreciva 7+600, para optimizar la dotación del agua del sub sector hidráulico Sinchao parte alta (Tesis). [pdf] Piura, Piura, Perú : s.n., 2019.

NUÑEZ Rafael, Ramiro. 2013. Determinación de la eficiencia de conducción del canal de riego del centro poblado tartar distrito de baños del inca-Cajamarca (Tesis). [pdf] Cajamarca, Perú : s.n., 2013. T627.52 N962-2013.

PÉREZ Campomanes, Giovane. 2016. Diseño Hidráulico de Canales. [pdf] Lima : s.n., 2016.

PEREZ Campomanes, Giovane. 2016. Manual de obras hidraulicas. [pdf] Lima, Lima, Perú : [s.n], [11] de Febrero de 2016.

POZO Díaz, Liliana Andrea. 2011. Construcción de un prototipo del molinete universal para la medición de la velocidad del agua en ríos, basado en el molinete universal utilizado en el INAMHI. [pdf] Quito, Ecuador : s.n., Octubre de 2011.

ROCHA Felices, Arturo. 2007. Hidráulica de tuberías y canales. Lima, Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, Enero de 2007.

RODRÍGUEZ Ruiz, Pedro. 2008. Hidráulica II. [Libro en pdf] Oaxaca., Oaxaca. A.C., México : [s.n], Agosto de 2008.

ROJAS Rubio, Hugo Amado. 2011. Curso de irrigación y drenaje. [pdf] [Nuevo Chimbote], Perú : [s.n], 4 de Mayo de 2011.

ROJAS Rubio, Hugo Armando. 2010. Manual de mecanica de fluidos II. [pdf] Chimbote, Perú : [s.n], Octubre de 2010.

RUIZ Diaz, José Ulises. 2017. Mejoramiento del canal Chaquil-Chicolon para el riego del valle Llaucano Hualgayoc, Bambamarca, Cajamarca - 2017. [Tesis en pdf] Chiclayo : [s.n], 2017.

SATLARI, Juan Gustavo. 2011. Infiltración y erosión: sus efectos sobre la red de canales a partir de la regulación del río mendoza.(Tesina). [pdf] Mendoza, Argentina : Uiversidad Nacional De Cuyo, Febrero de 2011.

seba-hydrometrie. 2019. seba-hydrometrie. [En línea] 2019. [Citado el: 3 de Mayo de 2019.] <https://www.seba-hydrometrie.com>.

snirh.ana.gob.pe. 2019. snirh.ana.gob.pe. [En línea] 13 de Marzo de 2019. [Citado el: 02 de Junio de 2019.] http://snirh.ana.gob.pe/RepositorioComunicados/01_EMBALSES.pdf. 01.

Subgerencia de Planificación Estratégica y Ordenamiento Territorial. 2006. Estudio de diagnostico y zonificacion de Lambayeque. [pdf] [prod.] SGPP. Lima : GRPP-Subgerencia de Planificación Estratégica y Ordenamiento Territorial, 2006.

TICONA Baldárrago, Augusto Isrrael. 2018. edoc.site. [pdf] [Lima] : [s.n], 09 de Mayo de 2018. Topografía aplicada a canales.

TORRES Sanchez, Jeimy Maylin. 2017. Diseño Hidráulico y Modelamiento en HEC-RAS del Canal de Concreto y de Obras de Arte del Proyecto Carpintero –Tramo Km 0+000 al Km 5+000. [Tesis en pdf] 25 de Noviembre de 2017. 0000-0001-5669-3756.

VILLÓN Béjar, Máximo. 2005. Diseño de estructuras Hidráulicas (Libro). [pdf] [ed.] Villón. 2, Lima, Lima, Perú : Villón, Marzo de 2005.

VILLÓN Bejar, Máximo. 2002. Hidrología. [pdf] 2da ed, Lima, Lima, Perú : Editorial Villón, Febrero de 2002.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia- Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Diseño hidráulico del canal de riego L-02 Quemazón	Diseño hidráulico; Es un procesamiento de datos para obtener los parámetros hidráulicos de conducción de un canal; Utiliza los cálculos matemáticos, las medidas físicas, así como las características topográficas del área de estudio. (Propia).	El Diseño hidráulico del canal: Se realiza con los datos de las observaciones obtenidas en campo; como el levantamiento topográfico, estudio mecánica de suelos y otros estudios, con la finalidad de diseñar las características del canal y sus obras complementarias como compuertas y estaciones de medida.	Estudio topográfico	Localización	Nominal
				Trazo del eje	Razón
				Longitudinal	Razón
				Curvas de nivel	Razón
			Estudio de Mecánica de Suelos	Ensayos Granulométricos	Razón
				Limites Líquido y Plástico	Razón
				Clasificación del Suelo	Razón
				Contenido de humedad	Razón
				Corte directo	Razón
			Hidrología	Histórial de Precipitaciones	Razón
	Infiltración			Razón	
	Diseño hidráulico del canal		Caudal de diseño	Razón	
			Calidad del agua de la fuente	Intervalo	
			Pendiente de canal	Razón	
			Radio de curva	Razón	
			Cálculo hidráulico del canal	Razón	
	Estudio Ambiental		Impactos (al medio, al hombre)	Razón	
	Costos y Presupuestos		Mestrados	Razón	
			Programación	Ordinal	
			Costos (Directo, indirecto)	Razón	
Evaluación económica de la operación y mantenimiento	Gastos Generales	Razón			
	Costo de operación y mantenimiento del canal	Razón			
	Costo de operación y mantenimiento del diseño hidráulico del canal	Razón			
	Costo beneficio	Razón			

Fuente: Propia.

Anexo 2. Velocidad límite de sedimentación

Formula de la velocidad limite que no produce sedimentación

$$V_0 = \beta * h^{0.64}$$

V_0 = Velocidad media limite que no produce asolvamiento (m/s).

β = Coeficiente que depende del material en suspensión

h = Profundidad del agua (m)

. (p.6)

Fuente: Rojas, H (2011, p.6).

Anexo 3. Régimen de flujo según número de Reynolds

Régimen de Flujo

- Laminar $Re \leq 500$
 - Transitorio $500 \leq Re \leq 12500$
 - Turbulento $12500 \leq Re$
-

Fuente: Estrada. (2012). Laboratorio de Hidráulica de Canales. (p.8)

Anexo 4. Ecuación de Reynolds

$$R_e = \frac{VL}{\nu} = \frac{4VR}{\nu}$$

donde

V = velocidad del flujo en m/s

L = longitud característica, m. La longitud característica en conductos a superficie libre es igual a cuatro veces el radio hidráulico R.

ν = viscosidad cinemática del fluido en m²/s

Fuente: Estrada. (2012). Laboratorio de Hidráulica de Canales. (p.9)

Anexo 5. Régimen de flujo según número de Froude

Número de Froude (Fr) según régimen de flujo

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * D}}$$

Dónde

V= velocidad media del flujo, m/s

g = aceleración de la gravedad, m/s²

D=profundidad hidráulica, m

Cuando:

-Subcrítico Fr < 1

-Crítico Fr = 1

-Supercrítico Fr > 1

Fuente: Estrada. (2012).Laboratorio de Hidráulica de Canales. (p.9)

Anexo 6. Viscosidad cinemática V; en función a la temperatura del agua, en °C

Temperatura °C	Temperatura °C
Viscosidad cinemática (m ² /s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)
5	1.520 * 10 ⁻⁶
10	1.308 * 10 ⁻⁶
15	1.142 * 10 ⁻⁶
20	1.007 * 10 ⁻⁶
25	0.897 * 10 ⁻⁶
30	0.804 * 10 ⁻⁶
35	0.727 * 10 ⁻⁶
40	0.661 * 10 ⁻⁶
50	0.556 * 10 ⁻⁶
65	0.442 * 10 ⁻⁶

Nota: Adaptado del "Laboratorio de Hidráulica de Canales".

Fuente: Estrada, G (2012,p.11). Editado: Marco Pérez.

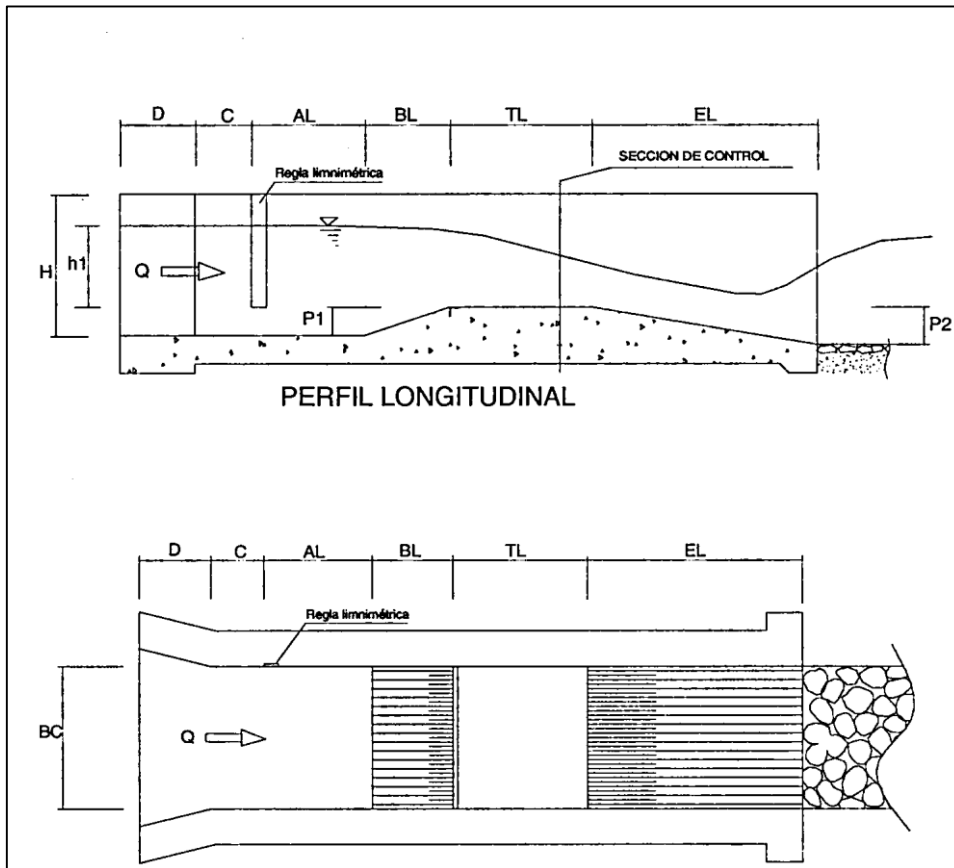
Anexo 7. Máximas velocidades medias permitidas según Fortier y Scobey

Material	n	Agua Clara		Agua con limo coloidal	
		V (m/s)	τ_0 (N/m ²)	V (m/s)	τ_0 (N/m ²)
Arena fina. coloidal	0.020	0.46	1.3	0.76	3.6
Greda arenosa, no coloidal	0.020	0.53	1.77	0.76	3.60
Greda limosa, no coloidal	0.020	0.61	2.30	0.91	5.28
Limo aluvial, no coloidal	0.020	0.61	2.30	1.07	7.20
Greda común firme	0.020	0.76	3.60	1.07	7.20
Arcilla dura muy coloidal	0.025	1.14	12.47	1.52	22.07
Limo aluvial, coloidal	0.025	1.14	12.47	1.52	22.07
Grava gruesa	0.025	1.22	14.39	1.83	32.14

Nota: Extraído repositorio.pucp.edu.pe/mecanica_fluidos_cap02.pdf, p.31

Fuente: <http://repositorio.pucp.edu.pe> (2020,pág.31). Elaboración: Marco Pérez.

Anexo 8. Aforador RBC



Fuente: MINAGRI (2005, p.30). Elaborado: Marco Pérez

Dónde:

- BC, es el ancho de cresta
 - H, es la altura del flotador
 - AL, es la distancia a la mira
 - BL, es la longitud de rampa convergente
 - P1, es la altura de cresta de entrada
 - TL, es la longitud de cresta
 - P2, es la altura de cresta de salida
 - EL, es la longitud de rampa divergente
- . (MINAGRI, 2005. p.30)

Anexo 9. Aforo en Compuertas

Aforo en compuertas ecuación de descarga del caudal

$$Q = C_d b a \sqrt{2gy_1}$$

Dónde:

Q	:	caudal (m ³ /s)
C _d	:	coeficiente de descarga
a	:	abertura de la compuerta (m)
b	:	ancho de la compuerta (m)
g	:	gravedad (m/s ²)
y ₁	:	tirante de agua (m)

Fuente: NIZAMA (2019, p.15).

Anexo 10. Coeficiente para obtener caudal real en compuertas planas

Coeficiente para obtener caudal real en compuertas planas

$$C_d = \frac{C_c C_v}{\sqrt{1 + \frac{C_c a}{y_1}}}$$

Dónde:

C_c : coeficiente de contracción

C_v : coeficiente de velocidad

NIZAMA (2019), Knapp propone para calcular del coeficiente de velocidad en compuerta vertical con descarga libre:

$$C_v = 0.960 + 0.0979 \frac{a}{y_1}$$

En su estudio según Sotelo como se citó en (NIZAMA, 2019), El coeficiente de contracción para fines prácticos según es $C_c = 0.62$

Fuente: NIZAMA (2019).

Anexo 11. Cálculo de las pérdidas por método matemático según Fórmula de Pavlovski

Cálculo de las pérdidas por método matemático
según Fórmula de Pavlovski

$$P = 1000 K [b + 2y(1 + Z)]$$

Dónde:

P: Pérdidas en m³/s-km

K: Coeficiente que representa la permeabilidad
m/s

B: Ancho de solera en m

Y: Tirante en m

Z: Talud.

Fuente: PÉREZ (2016, p.99).

Anexo 12. Ensayos y su correspondencia con las normas de referencia

Ensayo	Método de Ensayo	Normas de Referencia	
		ASTM	AASHTO
Análisis Granulométrico por Tamizado	MTC 204	D 422	T 88
Contenido de Humedad	MTC 108	D 2216	
Límite Líquido	MTC 110	D 4318	T 89
Límite Plástico	MTC 111	D 4318	T 90
Corte Directo	MTC 123	D1557	T180

Fuente: Adaptado de "Ensayos de suelos para canal de irrigación", de Huayllani, K, *et al*, 2013

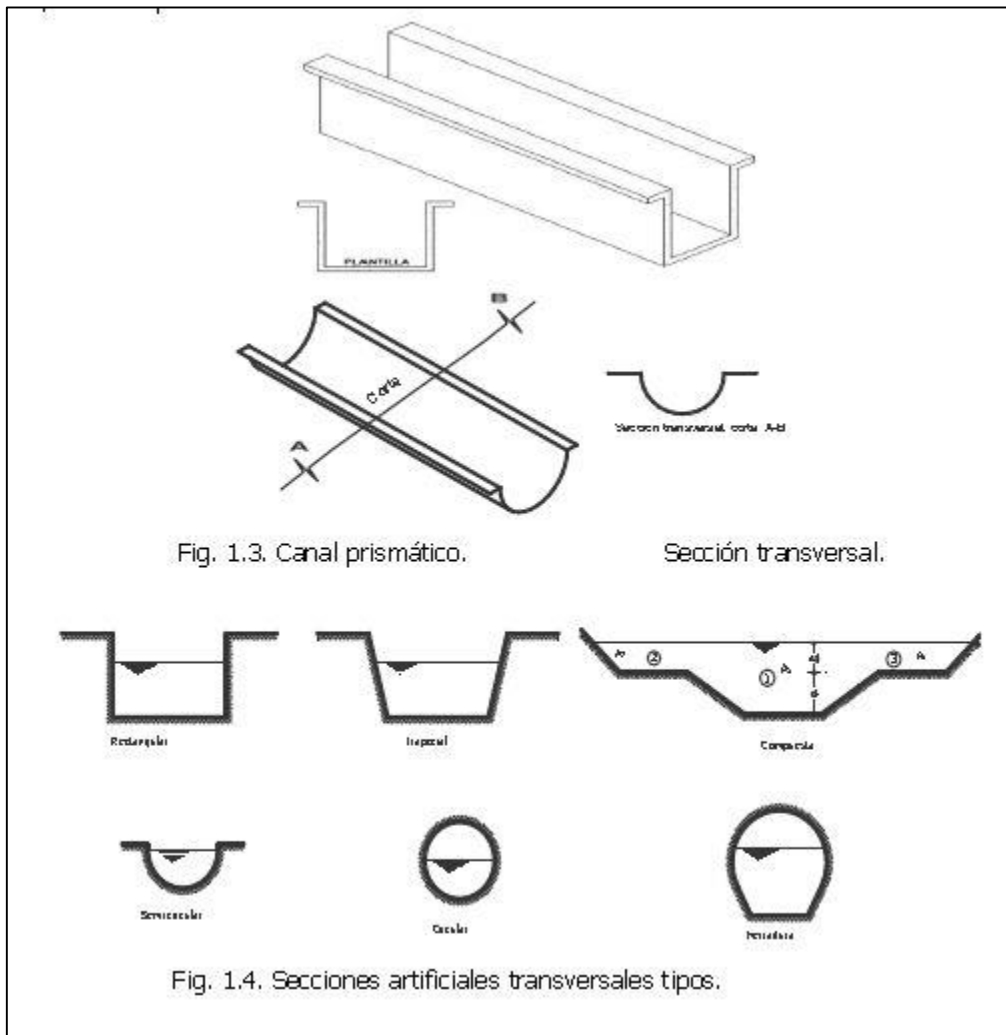
Anexo 13. Características del material Cantera Tres Tomas

Uso:	Base, sub base, Relleno, Piedra para concreto
Ubicación:	Tres Tomas Área "21,347.98".
Potencia Útil:	45,472.08 m3
Rendimiento para Base:	90.3%
Rendimiento para Sub base:	77.3%
Rendimiento para Relleno:	100%
Rendimiento para Concreto:	51%
Granulometría:	Uniforme
Acceso:	Tiene
Clasificación SUCS:	GW-GM
Límite Líquido:	23.22
Límite Plástico:	3.01
Máxima Densidad:	2.21 gr/cm3
Humedad Optima:	2.21 gr/cm3
C.B.R para Base al 100%:	102.30%
C.B.R para Sub Base al 100%:	87.75%
Abrasión:	19.58%

Nota: Adaptado de "Proyecto De Infraestructura Vial de Transporte Nacional"

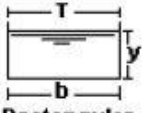

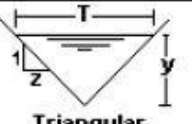
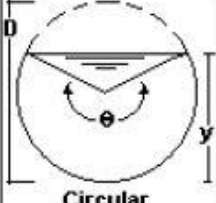
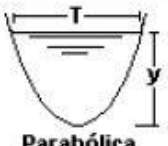
Fuente: MTC (2011, p.25). Editado: Marco Pérez.

Anexo 14. Secciones Típicas de Canales artificiales



Fuente: Hidráulica de Canales II, Rodríguez (2008, p.3).

Anexo 15. Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 <p>Rectangular</p>	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 <p>Trapezoidal</p>	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 <p>Triangular</p>	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 <p>Circular</p>	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 <p>Parabólica</p>	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: ANA. (2010). Manual de Hidráulica. (p.14)

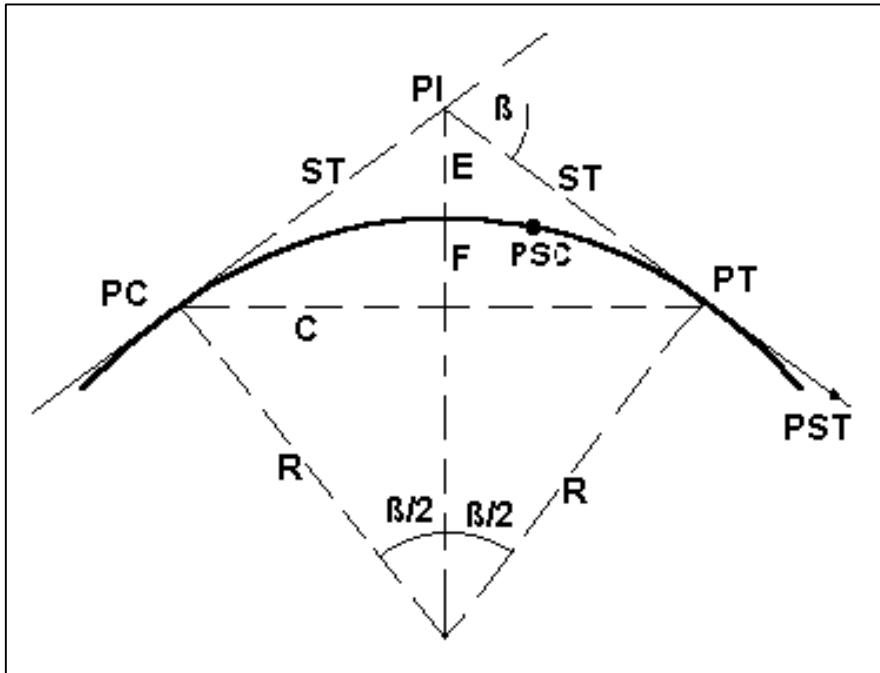
Anexo 16. Taludes Recomendados

TALUDES RECOMENDADOS	
PARA CORTES EN	TALUD
- Suelos arcillosos	1:1
- Suelos areno limoso	1.5:1
- Suelos arenosos	2:1
- Roca alterada suelta	0.5:1
- Roca sana	0.25:1
- Tierra vegetal, arcilla	1.5:1
- Suelos arcillosos	1:1

Nota: Adaptado del "Curso de irrigaciones y drenaje".

Fuente: Rojas, H (2011,p.28). Editado: Marco Pérez.

Anexo 17. Elementos de Curva



Fuente: Manual de Hidráulica, ANA (2010, p.9).

Anexo 18. Descripción de los elementos de Curva

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

Fuente: Manual de Hidráulica, ANA (2010, p.10). Elaborado: Marco Pérez.

Anexo 19. Velocidad de flujo m/s permisible sin erosión

Material	Vn.e
Canales arenosos	0.3
Arcilla arenosa	0.40
Materiales aglomerados	2.0
consistentes	
Muro de piedra	2.50
Canales con roca compacta	4.00
Canales con concreto	4.50

Nota: Adaptado del Libro "Manual de Obras Hidráulicas".

Fuente: Adaptado de Perez, G. (2016,p.97). Elaborado: Marco Pérez.

Anexo 20. Resistencia del concreto y velocidad

Resistencia del Hormigón Kg/cm ²	Profundidad en metros				
	0.5	1	3	2	10
150	14	15.6	18	19.1	21
200	15.6	17.3	20	21.2	23

Nota: Adaptado del Libro "Manual de Obras Hidráulicas".

Fuente: Adaptado de Perez, G. (2016,p.96). Elaborado: Marco Pérez.

Anexo 21. Velocidades máximas según material

CARACTERISTICAS SUELO O DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL	DEL	VELOCIDADES EN	MAXIMAS
		m/s	
Suelo Limoso, Turba descompuesta		0.25-0.50	
Arena Arcillosa suelta, arcillas blandas		0.70-0.80	
Arcilla arenosa medias y compactas		1.00-1.20	
Arcillas duras		1.20-1.80	
Concreto f'c 140 Kg/cm2		3.80-4.40	
Concreto f'c 210 Kg/cm2		6.60-7.40	

Nota: Datos obtenidos del "Curso de irrigaciones y drenaje".

Fuente: Adaptado de Rojas, H. (2011,p.24). Elaboración: Marco Pérez.

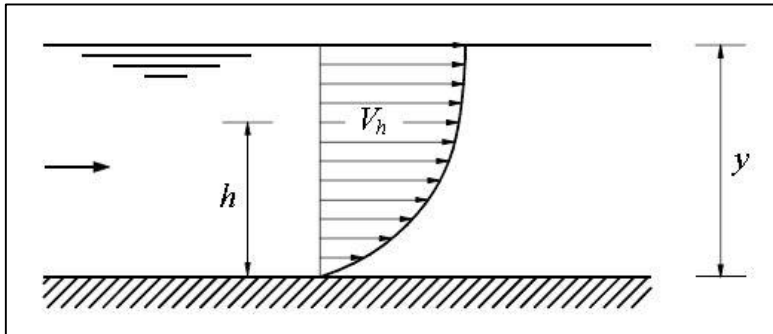
Anexo 22. Coeficientes de Sedimentación

Material en Suspensión	Valores β
Arcilla muy fina	0.59
Arena muy fina	0.58
Barro arenoso	0.64
Arcilla Gruesa	0.70

Nota: Adaptado del "Curso de irrigaciones y drenaje".

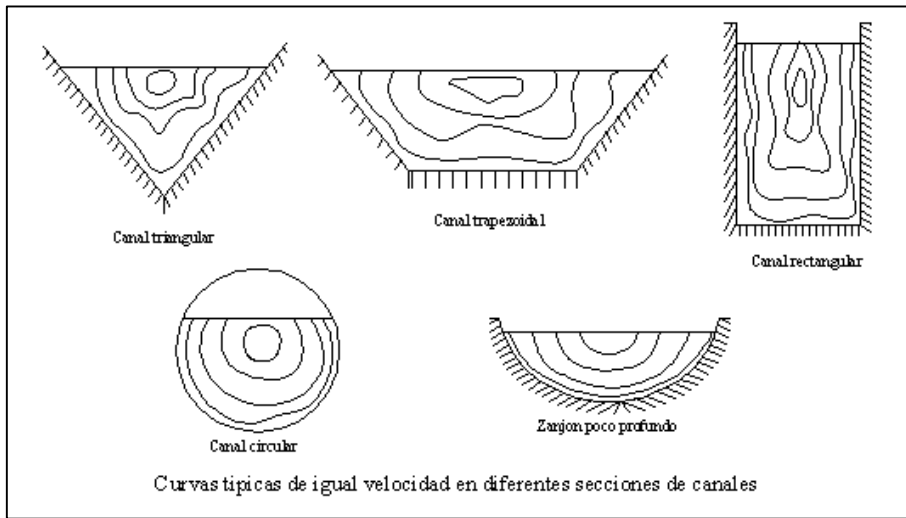
Fuente: Rojas, H (2011,p.6). Editado: Marco Pérez.

Anexo 23. Distribución de velocidades



Fuente: Rocha,A. (2007).Hidraulica de tuberías y Canales.(p.16)

Anexo 24. Curvas de iso velocidades típicas en canales



Fuente: Rojas (2010). Manual de Mecánica de Fluidos II. (p.110)

Anexo 25. Secciones de máxima eficiencia hidráulica

Sección	Área A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Ancho superficial T	Tirante hidráulico d	Factor hidráulico z
Trapezio (mitad de un hexágono)	$\sqrt{3}y^2$	$2\sqrt{3}y$	$\frac{y}{2}$	$\frac{4}{3}\sqrt{3}y$	$\frac{4}{3}y$	$\frac{3}{2}y^{\frac{5}{2}}$
Rectángulo (mitad de un cuadrado)	$2y^2$	$4y$	$\frac{y}{2}$	$2y$	y	$2y^{\frac{5}{2}}$
Triángulo (mitad de un cuadrado)	y^2	$2\sqrt{2}y$	$\frac{1}{4}\sqrt{2}y$	$2y$	$\frac{y}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}y^{\frac{5}{2}}$
Semicírculo	$\frac{\pi}{2}y^2$	πy	$\frac{1}{2}y$	$2y$	$\frac{\pi}{4}y$	$\frac{\pi}{4}y^{\frac{5}{2}}$
Parábola $T = 2 * \sqrt{2}y$	$\frac{4}{3}\sqrt{2}y^2$	$\frac{8}{3}\sqrt{2}y$	$\frac{1}{2}y$	$2\sqrt{2}y$	$\frac{2}{3}y$	$\frac{8}{9}\sqrt{3}y^{\frac{5}{2}}$
Catenaria	$1.39586y^2$	$2.9836y$	$0.46784y$	$1.917532y$	$0.72795y$	$1.19093y^{\frac{5}{2}}$

Nota: Adaptado del libro "Hidraulica de tuberías y canales".

Fuente: ROCHA (2007,p.315). Editado: Marco Pérez.

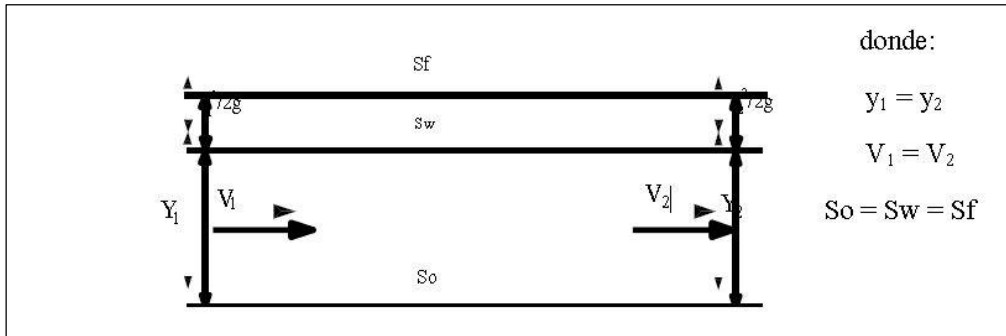
Anexo 26. Relación plantilla vs tirante para, máxima eficiencia, mínima infiltración y el promedio de ambas

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

Nota: Adaptado del manual de hidráulica "Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico".

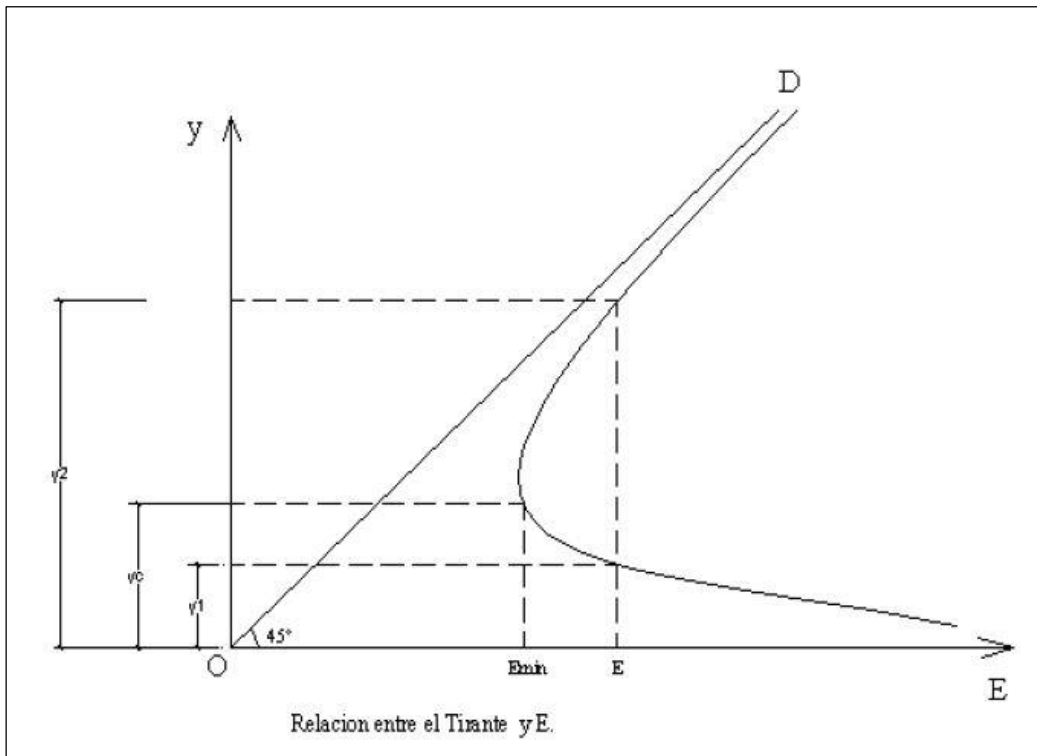
Fuente: ANA (2010,p.11). Editado: Marco Pérez.

Anexo 27. Perfil longitudinal de un flujo uniforme en canales



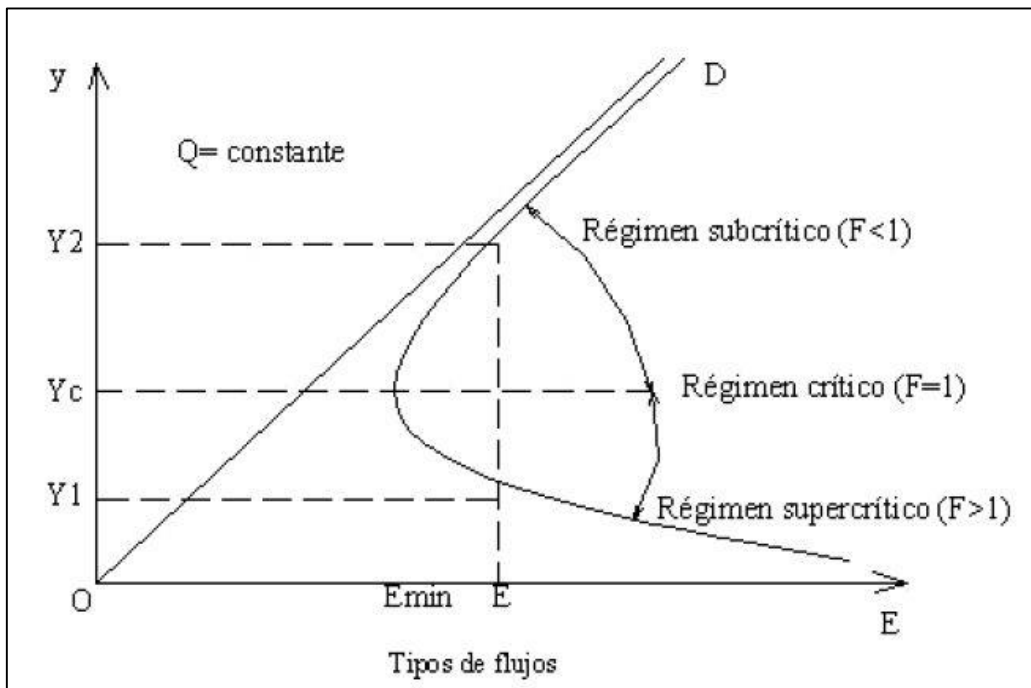
Fuente: Estrada. (2012). Laboratorio de Hidráulica de Canales. (p.6)

Anexo 28. Relación tirante y Energía específica



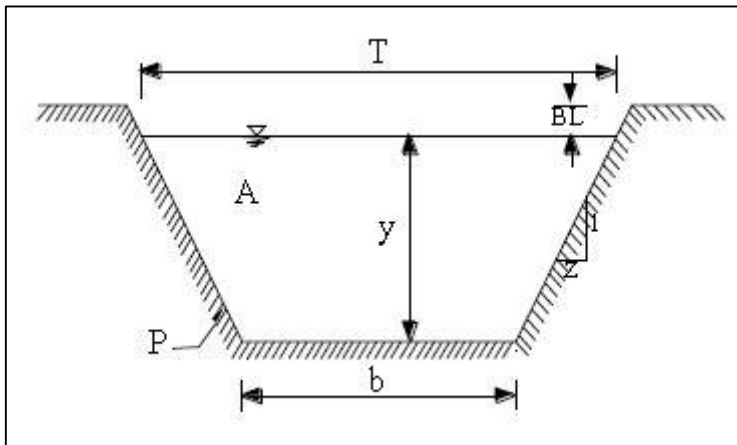
Fuente: Rodríguez. (2008). Manual de mecánica de fluidos II.(p.114)

Anexo 29. Tipos de Flujo



Fuente: Rodríguez. (2008). Manual de mecánica de fluidos II.(p.115)

Anexo 30. Elementos geométricos de un canal trapezoidal



Fuente: Estrada (2012). Laboratorio de Hidráulica de Canales.(p.3)

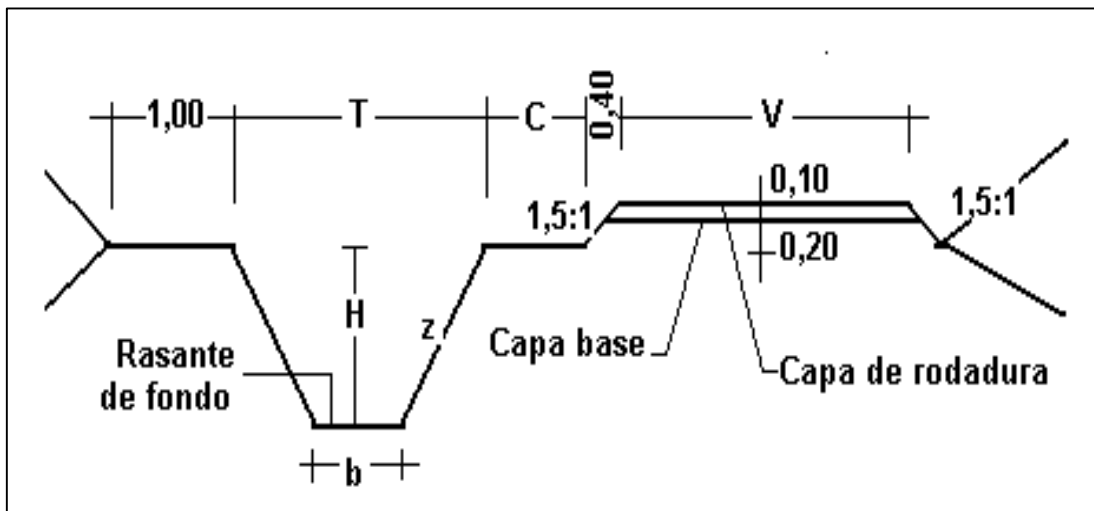
Anexo 31. Borde libre en función del caudal

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

Nota: Adaptado del “Manual de Hidraulica ANA 2010”.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentación, Boletín Técnico N- 7 “Consideraciones Generales sobre Canales Trapezoidales” Lima 1978, citado en (ANA, 2010, pág. 17). Editado: Marco Pérez.

Anexo 32. Sección típica de un canal



Fuente: ANA (2010). Manual de Hidráulica.(p.10)

Anexo 33. Descripción de una sección típica de un canal

Descripción de sección típica de un canal

T = Ancho superior del canal

b = Plantilla

z = Valor horizontal de la inclinación del talud

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

V = Ancho del camino de vigilancia, puede ser: 3; 4 y 6 m., según el canal sea de tercer, segundo o primer orden respectivamente. H = Altura de caja o profundidad de rasante del canal. En algunos casos el camino de vigilancia puede ir en ambos márgenes, según las necesidades del canal, igualmente la capa de rodadura de 0,10 m. a veces no será necesaria, dependiendo de la intensidad del tráfico.

Fuente: ANA (2010). Manual de Hidráulica.(p.11)

Anexo 34. Valores del Coeficiente n de Kutter

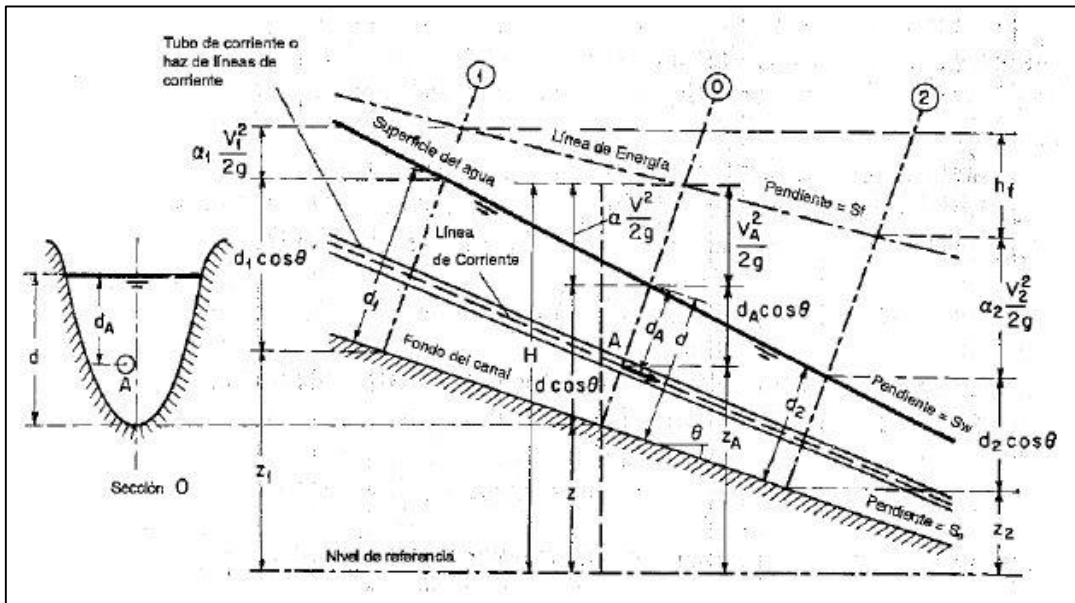
VALORES DEL COEFICIENTE n DE KUTTER QUE
GENERALMENTE SE USA EN LOS DISEÑOS

Superficie metálica, liso, sin pintar	0.012
Superficie metálica, lisa, pintada	0.013
Superficie metálica, corrugada	0.025
Concreto liso	0.013
Concreto bien acabado, usado	0.014
Concreto frotachado	0.015
Concreto sin terminar	0.017
Tierra, limpia, sección nueva	0.018
Tierra, limpia, sección antigua	0.022
Tierra gravosa	0.025
Tierra, con poca vegetación	0.027
Tierra, con vegetación	0.035
Tierra, con piedras	0.035
Tierra, con pedrones	0.040

Nota: Adaptado del "Manual de Mecánica de Fluidos II"

Fuente: Rojas, H (2010,p.126). Editado: Marco Pérez.

Anexo 35. Energía en canales



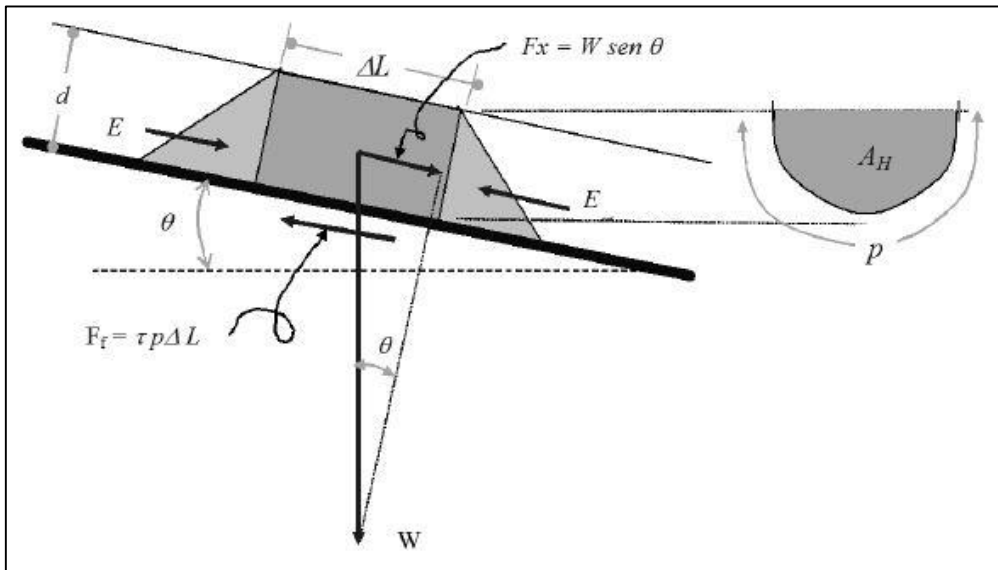
Fuente: Torres (2017). Diseño hidráulico y modelamiento en HECRAS del canal de concreto y de obras de arte del Proyecto Carpintero – Tramo Km 0+000 al Km 5+000.(p.16)

Anexo 36. Valores de alfa y beta

Tipo de cauce	α			β		
	Mín.	Prom.	Máy.	Mín.	Prom.	Máy.
- Canales y acueductos	1.10	1.15	1.20	1.03	1.05	1.07
- Ríos y torrentes	1.15	1.30	1.50	1.05	1.10	1.17
- Ríos con área de inundación	1.50	1.75	2.00	1.17	1.25	1.33

Fuente: Adaptado de Rocha (2017). Elaborado: Marco Pérez

Anexo 37. Idealización “flujo uniforme y permanente”



Fuente: RODRÍGUEZ (2008). Hidráulica II. (p.34)

W = Peso del volumen elemental de agua

E = Empuje hidrostático

d = Tirante ó profundidad del agua en el canal

ΔL = Longitud del volumen elemental de agua

θ = Angulo de inclinación del fondo del canal respecto a la horizontal

γ = Peso específico del líquido

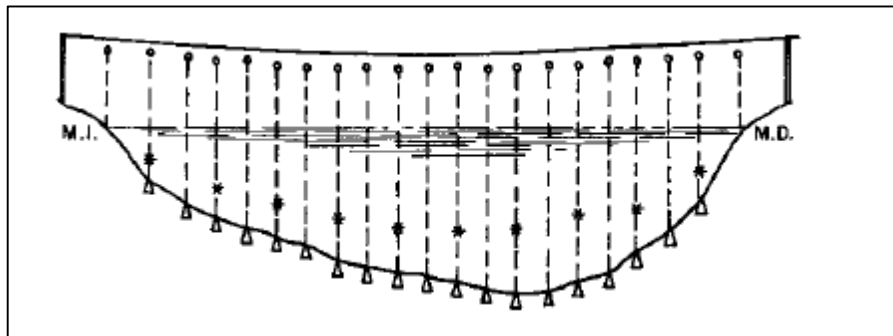
τ = esfuerzo cortante debido a la fricción del agua con el fondo

P = Perímetro mojado

A_H = Área hidráulica

. RODRÍGUEZ (2008, p.35)

Anexo 38. División en franjas de la sección transversal de un cauce



Fuente: IMTA (1992). "Manual de aforos". (p.5)

Anexo 39. Espaciamiento de sondeo según ancho de corriente

Ancho de la Corriente (m)	Espaciamiento (m)
Hasta 1.2	0.2-0.3
1.2-5	0.3-0.5
5-10	0.5-1.0
10-50	1.0-5.0
50-100	5.0-10.0
más de 100	10.0-20.0

Nota: Adaptado del "Manual de aforos".

Fuente: IMTA (1992, p.5). Elaborado: Marco Pérez

Anexo 40. Obras proyectadas en eje del Canal L02 Quemazón

N°	DESCRIPCIÓN	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL
1	ALCANTARILLA TI	0+242.125	0+253.025
2	ALCANTARILLA TI	0+474.136	0+485.036
3	ALCANTARILLA TI	01+132.677	01+143.577
4	ALCANTARILLA TI	01+288.199	01+299.099
5	ALCANTARILLA TI	01+590.734	01+601.634
6	ALCANTARILLA TI	02+029.194	02+040.094
7	ALCANTARILLA TI	02+212.514	02+223.414
8	ALCANTARILLA TI	02+378.152	02+389.052
9	ALCANTARILLA TI	02+970.000	02+980.900
10	ALCANTARILLA TI	03+040.760	03+051.660
11	ALCANTARILLA TI	03+184.392	03+195.292
12	ALCANTARILLA TI	03+347.607	03+358.507
13	ALCANTARILLA TI	03+455.418	03+466.318
14	ALCANTARILLA TI	03+665.143	03+676.043
15	ALCANTARILLA TI	03+901.973	03+912.873
16	ALCANTARILLA TI	04+240.501	04+251.401
17	ALCANTARILLA TI	04+810.609	04+821.509
18	ALCANTARILLA TI	05+120.394	05+131.294
19	ALCANTARILLA TI	05+247.981	05+258.881
20	ALCANTARILLA TI	06+110.000	06+120.900
21	ALCANTARILLA TI	06+329.193	06+340.093

Fuente: Propia

Anexo 42. Laterales en progresivas del canal L02 Quemazón

N°	P.K.	MARGEN	DESCRIPCIÓN
1	0+070.169	MD	L 03 TRAPICHE
2	0+783.285	MD	L 03 SIESQUEN
3	1+005.688	MD	L 03 SANJO
4	1+560.624	MI	L 03 CARIZZO
5	4+339.411	MI	L 03 GUANÁBANO

Fuente: Propia

Anexo 43. Retenciones proyectadas en eje de canal L02 Quemazón

N°	Descripción	P.K. Inicio	P.K.Final
1	Retención	0+070.169	0+073.66
2	Retención	0+783.285	0+786.78
3	Retención	1+005.688	1+009.18
4	Retención	1+560.624	1+564.12
5	Retención	3+210.000	3+213.50
6	Retención	3+900.000	3+903.50
7	Retención	4+340.000	4+343.50
8	Retención	4+435.000	4+438.50
9	Retención	4+916.000	4+919.50
10	Retención	5+440.000	5+443.50
11	Retención	5+945.000	5+948.50
12	Retención	6+272.000	6+275.50

Fuente: Propia

Anexo 44. Tomas directas proyectadas progresivas (0+492.260-3+637.822)

PUNTO	ESTRUCTURA	MARGEN	PROGRESIVA
1	TOMA DIRECTA	MI	0+492.260
2	TOMA DIRECTA	MI	0+583.715
3	TOMA DIRECTA	MI	0+658.680
4	TOMA DIRECTA	MD	0+663.810
5	TOMA DIRECTA	MI	0+734.852
6	TOMA DIRECTA	MD	0+924.481
7	TOMA DIRECTA	MD	1+063.772
8	TOMA DIRECTA	MD	1+264.234
9	TOMA DIRECTA	MD	1+951.145
10	TOMA DIRECTA	MD	1+991.391
11	TOMA DIRECTA	MD	2+006.216
12	TOMA DIRECTA	MI	2+014.493
13	TOMA DIRECTA	MD	2+034.072
14	TOMA DIRECTA	MD	2+098.721
15	TOMA DIRECTA	MD	2+247.911
16	TOMA DIRECTA	MD	2+269.438
17	TOMA DIRECTA	MD	2+303.167
18	TOMA DIRECTA	MD	2+331.148
19	TOMA DIRECTA	MD	2+337.336
20	TOMA DIRECTA	MD	2+467.516
21	TOMA DIRECTA	MD	2+481.610
22	TOMA DIRECTA	MD	2+528.149
23	TOMA DIRECTA	MD	2+563.434
24	TOMA DIRECTA	MD	2+651.364
25	TOMA DIRECTA	MI	2+658.013
26	TOMA DIRECTA	MI	2+703.870
27	TOMA DIRECTA	MD	2+716.745
28	TOMA DIRECTA	MD	2+726.058
29	TOMA DIRECTA	MD	2+757.125
30	TOMA DIRECTA	MI	2+785.942
31	TOMA DIRECTA	MD	3+067.999
32	TOMA DIRECTA	MI	3+200.629
33	TOMA DIRECTA	MD	3+310.298
34	TOMA DIRECTA	MD	3+316.722
35	TOMA DIRECTA	MI	3+351.653
36	TOMA DIRECTA	MD	3+422.203
37	TOMA DIRECTA	MD	3+470.121
38	TOMA DIRECTA	MD	3+505.820
39	TOMA DIRECTA	MI	3+522.682
40	TOMA DIRECTA	MI	3+550.688
41	TOMA DIRECTA	MD	3+584.611
42	TOMA DIRECTA	MI	3+589.751
43	TOMA DIRECTA	MD	3+622.171
44	TOMA DIRECTA	MI	3+637.822

Fuente: Propia

Anexo 45. Tomas directas proyectadas progresivas (3+788.466-4+847.505)

PUNTO	ESTRUCTURA	MARGEN	PROGRESIVA
45	TOMA DIRECTA	MI	3+788.466
46	TOMA DIRECTA	MI	3+809.432
47	TOMA DIRECTA	MD	3+816.893
48	TOMA DIRECTA	MD	3+831.454
49	TOMA DIRECTA	MI	3+841.385
50	TOMA DIRECTA	MI	3+867.768
51	TOMA DIRECTA	MD	3+870.594
52	TOMA DIRECTA	MD	3+897.448
53	TOMA DIRECTA	MD	3+919.172
54	TOMA DIRECTA	MD	3+981.103
55	TOMA DIRECTA	MI	4+082.395
56	TOMA DIRECTA	MD	4+098.750
57	TOMA DIRECTA	MI	4+126.645
58	TOMA DIRECTA	MD	4+146.166
59	TOMA DIRECTA	MI	4+155.949
60	TOMA DIRECTA	MI	4+174.241
61	TOMA DIRECTA	MI	4+184.115
62	TOMA DIRECTA	MD	4+187.348
63	TOMA DIRECTA	MD	4+213.923
64	TOMA DIRECTA	MI	4+257.528
65	TOMA DIRECTA	MD	4+265.387
66	TOMA DIRECTA	MD	4+353.053
67	TOMA DIRECTA	MI	4+353.383
68	TOMA DIRECTA	MI	4+357.533
69	TOMA DIRECTA	MI	4+384.592
70	TOMA DIRECTA	MD	4+384.715
71	TOMA DIRECTA	MD	4+405.437
72	TOMA DIRECTA	MI	4+412.936
73	TOMA DIRECTA	MD	4+413.298
74	TOMA DIRECTA	MI	4+433.984
75	TOMA DIRECTA	MD	4+559.777
76	TOMA DIRECTA	MI	4+563.590
77	TOMA DIRECTA	MD	4+577.759
78	TOMA DIRECTA	MI	4+614.915
79	TOMA DIRECTA	MD	4+624.925
80	TOMA DIRECTA	MI	4+637.587
81	TOMA DIRECTA	MD	4+646.272
82	TOMA DIRECTA	MD	4+670.973
83	TOMA DIRECTA	MI	4+673.449
84	TOMA DIRECTA	MD	4+683.092
85	TOMA DIRECTA	MI	4+690.569
86	TOMA DIRECTA	MI	4+749.626
87	TOMA DIRECTA	MD	4+779.401
88	TOMA DIRECTA	MI	4+847.505

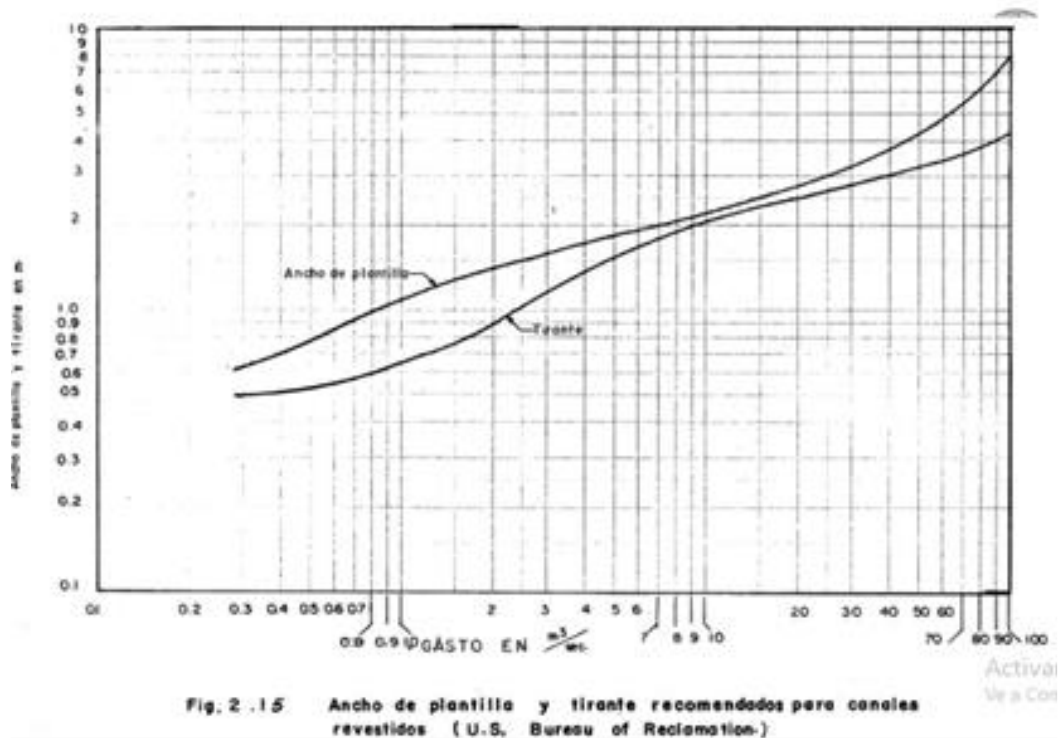
Fuente: Propia

Anexo 46. Tomas directas proyectadas progresivas (4+747.990-6+271.715)

PUNTO	ESTRUCTURA	MARGEN	PROGRESIVA
89	TOMA DIRECTA	MD	4+847.990
90	TOMA DIRECTA	MD	4+868.928
91	TOMA DIRECTA	MD	4+883.254
92	TOMA DIRECTA	MD	4+891.568
93	TOMA DIRECTA	MI	4+893.765
94	TOMA DIRECTA	MD	4+906.111
95	TOMA DIRECTA	MI	4+908.439
96	TOMA DIRECTA	MI	4+913.689
97	TOMA DIRECTA	MD	4+915.990
98	TOMA DIRECTA	MD	4+945.856
99	TOMA DIRECTA	MD	4+950.151
100	TOMA DIRECTA	MD	5+029.994
101	TOMA DIRECTA	MI	5+039.013
102	TOMA DIRECTA	MI	5+068.718
103	TOMA DIRECTA	MD	5+082.496
104	TOMA DIRECTA	MI	5+086.460
105	TOMA DIRECTA	MD	5+110.027
106	TOMA DIRECTA	MI	5+137.237
107	TOMA DIRECTA	MD	5+137.558
108	TOMA DIRECTA	MD	5+191.302
109	TOMA DIRECTA	MI	5+193.403
110	TOMA DIRECTA	MI	5+212.011
111	TOMA DIRECTA	MD	5+223.504
112	TOMA DIRECTA	MD	5+234.123
113	TOMA DIRECTA	MI	5+241.603
114	TOMA DIRECTA	MD	5+266.613
115	TOMA DIRECTA	MD	5+283.843
116	TOMA DIRECTA	MD	5+317.380
117	TOMA DIRECTA	MD	5+370.925
118	TOMA DIRECTA	MD	5+395.862
119	TOMA DIRECTA	MD	5+439.248
120	TOMA DIRECTA	MI	5+621.522
121	TOMA DIRECTA	MI	5+699.435
122	TOMA DIRECTA	MI	5+705.559
123	TOMA DIRECTA	MI	5+749.479
124	TOMA DIRECTA	MI	5+787.373
125	TOMA DIRECTA	MI	5+820.672
126	TOMA DIRECTA	MD	5+885.647
127	TOMA DIRECTA	MI	5+932.154
128	TOMA DIRECTA	MD	5+936.615
129	TOMA DIRECTA	MD	5+944.459
130	TOMA DIRECTA	MD	5+979.715
131	TOMA DIRECTA	MI	6+010.069
132	TOMA DIRECTA	MD	6+025.139
133	TOMA DIRECTA	MI	6+034.572
134	TOMA DIRECTA	MD	6+085.127
135	TOMA DIRECTA	MD	6+132.806
136	TOMA DIRECTA	MD	6+185.185
137	TOMA DIRECTA	MD	6+271.715

Fuente: Propia

Anexo 47. Nomograma de la Bureau of Reclamación para hallar el ancho de plantilla del canal en función al caudal, concordante con criterio ANA.



Fuente: <http://www.imefen.uni.edu.pe> "08_Diseño_Canales", p24).

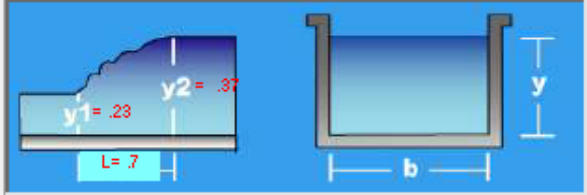
Anexo 48. Retención en eje de canal "Compuerta Tipo I"

Compuerta	Orificio
Datos de la compuerta:	
Ancho de la compuerta (b):	<input type="text" value="0.80"/> m
Tirante aguas arriba (y1):	<input type="text" value="0.37"/> m
Abertura de la compuerta (a):	<input type="text" value="0.37"/> m
Coefficiente de contracción (Cc):	<input type="text" value="0.62"/>
Ecuaciones:	
$Q = C_d b a \sqrt{2g y_1} \quad \text{m}^3/\text{s}$	
donde:	
$C_d = \frac{C_c C_v}{\sqrt{1 + \frac{C_c a}{y_1}}}$	b = ancho compuerta, m a = abertura compuerta, m y1 = tirante aguas arriba compuerta, m Cd = coeficiente descarga Cc = coeficiente contracción Cv = coeficiente velocidad
para fines prácticos:	
Cc = 0.62	
$C_v = 0.96 + 0.079 \frac{a}{y_1}$	
Elementos de una compuerta	
Resultados:	
Coefficiente de velocidad (Cv):	<input type="text" value="1.039"/>
Coefficiente de descarga (Cd):	<input type="text" value="0.5061"/>
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.4036"/> m3/s
	<input type="text" value="403.6378"/> l/seg

Fuente: Propia (Software H Canales)

Anexo 49. Longitud de resalto Hidráulico en Retención Compuerta Tipo I

Lugar:	<input type="text" value="L02 Quemazón"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Disc Hidr.Canál Quemazón"/>
Tramo:	<input type="text" value="Resalto Hidro Comp Tipo I"/>		

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.4036"/> m ³ /s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.80"/> m	
Tirante (y):	<input type="text" value="0.229"/> m	
tirante supercrítico		

Resultados:			
Tirante conjugado (y):	<input type="text" value="0.3751"/> m	Número de Froude conjugado (F):	<input type="text" value="0.7012"/>
Altura del resalto:	<input type="text" value="0.1461"/> m	Longitud del resalto (L):	<input type="text" value="0.73"/> m
Pérdida de energía en el resalto:	<input type="text" value="0.0091"/> m		

Fuente: Propia (Software H Canales)

Anexo 50. Cálculo de Longitud de transición de entrada para Cambios de sección trapezoidal a rectangular

Cálculos para una transición de entrada alabeada

Cálculo del ancho solera, talud y variación de fondo:

l	b(l)	Z(l)	HZ(l)
0	0.8000	0.0000	0.0000
1	0.8000	0.2010	0.0000
2	0.8000	0.4393	0.0000
3	0.8000	0.7500	0.0000
4	0.8000	1.5000	0.0000

Datos de Entrada:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera en la sección C: m

Ancho de solera en la sección F: m

Talud en la sección C:

Talud en la sección F:

Tirante en la sección C: m

Diferencia de cotas HZ: m

Coef. de pérdida en transición K:

Resultados:

Tirante en la sección F: m

Longitud de la transición: m

Número de tramos N:

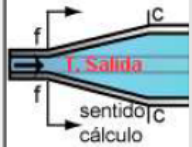
Cálculo del tirante, velocidad y energía:

l	y(l)	v(l)	E(l)
0	0.3700	1.3514	0.4631
1	0.4218	1.0719	0.4803
2	0.4484	0.8947	0.4892
3	0.4673	0.7440	0.4955
4	0.4877	0.5355	0.5023

Fuente: Propia (Software H Canales).

Anexo 51. Calculo de Transición de Salida de sección rectangular a Trapezoidal en eje de canal

Cálculos para una transición de salida alabeada



Datos de Entrada:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera en la sección C: m

Ancho de solera en la sección F: m

Talud en la sección C:

Talud en la sección F:

Tirante en la sección C: m

Diferencia de Cotas HZ: m

Coef. de Pérdida en Transición K:

Resultados:

Tirante en la sección F: m

Longitud de la transición: m

Número de Tramos N:

Cálculo del ancho solera, talud y variación fondo:

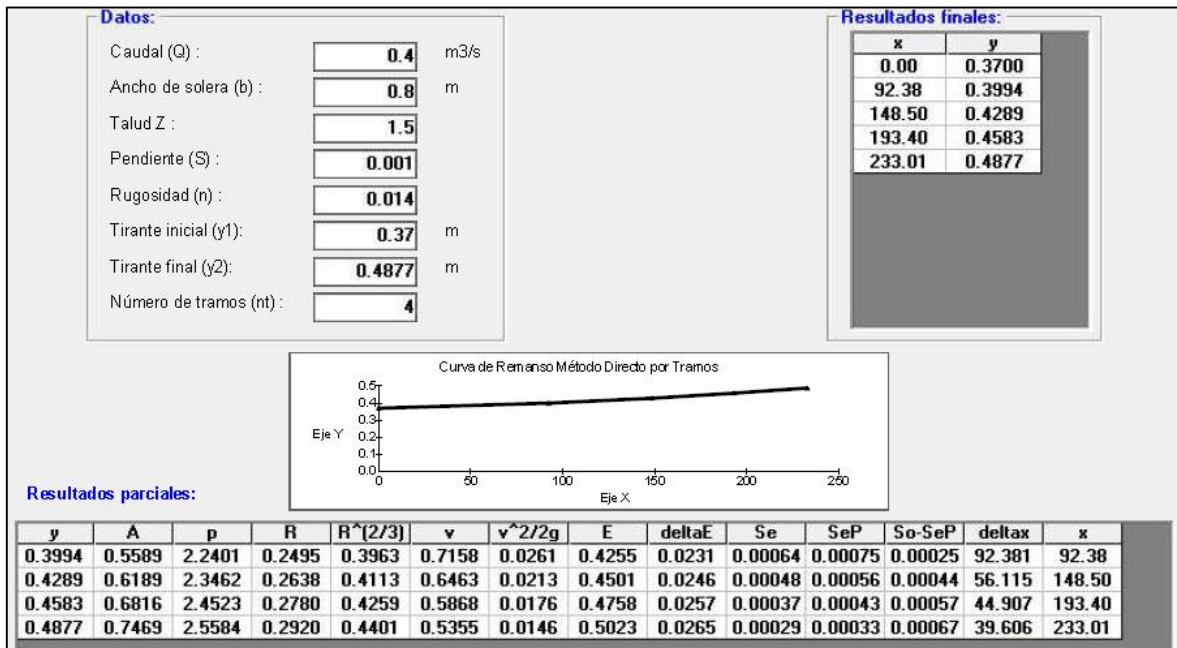
l	b(l)	Z(l)	HZ(l)
0	0.8000	0.0000	0.0000
1	0.8000	0.4393	0.0000
2	0.8000	1.5000	0.0000

Cálculo del tirante, velocidad y energía:

l	y(l)	v(l)	E(l)
0	0.3700	1.3514	0.4631
1	0.3700	1.1231	0.4343
2	0.3700	0.7978	0.4024

Fuente: Propia (Software H Canales).

Anexo 52. Curva de Remanso provocadas aguas arriba de la contracción de la sección de compuerta Tipo I



Fuente: Propia (Software H Canales)

Anexo 53. Compuerta Tipo II para Toma Lateral L03

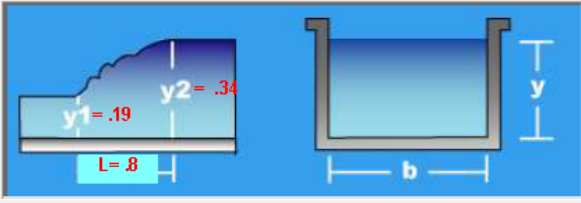
Compuerta	Orificio
Datos de la compuerta:	
Ancho de la compuerta (b):	<input type="text" value="0.50"/> m
Tirante aguas arriba (y1):	<input type="text" value="0.36"/> m
Abertura de la compuerta (a):	<input type="text" value="0.30"/> m
Coefficiente de contracción (Cc):	<input type="text" value="0.62"/>
Ecuaciones:	
$Q = C_d b a \sqrt{2g y_1} \quad \text{m}^3/\text{s}$	
donde:	
$C_d = \frac{C_c C_v}{\sqrt{1 + \frac{C_c a}{y_1}}}$	b = ancho compuerta, m a = abertura compuerta, m y1 = tirante aguas arriba compuerta, m Cd = coeficiente descarga Cc = coeficiente contracción Cv = coeficiente velocidad
para fines prácticos:	
Cc = 0.62	Cv = coeficiente velocidad
$C_v = 0.96 + 0.079 \frac{a}{y_1}$	
Elementos de una compuerta	
Resultados:	
Coefficiente de velocidad (Cv):	<input type="text" value="1.0258"/>
Coefficiente de descarga (Cd):	<input type="text" value="0.5164"/>
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.2059"/> m3/s
	<input type="text" value="205.8806"/> l/seg

Fuente: Propia (Software H Canales).

Anexo 54. Resalto hidráulico en Compuerta Tipo II

Lugar:	Resalto Hidra Compuerta T II	Proyecto:	Dis. Hidr Quemazón
Tramo:	L03		

Datos:			
Caudal (Q):	0.2059	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	0.50	m	
Tirante (y):	0.186	m	
tirante supercrítico			



Resultados:			
Tirante conjugado (y):	0.3480	m	Número de Froude conjugado (F): 0.6403
Altura del resalto:	0.1620	m	Longitud del resalto (L): 0.81 m
Pérdida de energía en el resalto:	0.0164	m	

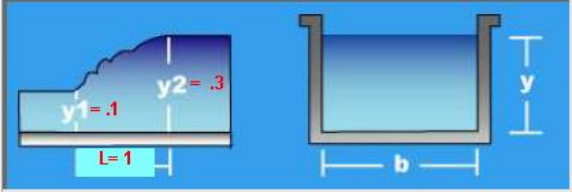
Fuente: Propia (Software H Canales).

Anexo 55. Compuerta Tipo III para Tomas directas

Compuerta	Orificio
Datos de la compuerta:	
Ancho de la compuerta (b):	<input type="text" value="0.20"/> m
Tirante aguas arriba (y1):	<input type="text" value="0.39"/> m
Abertura de la compuerta (a):	<input type="text" value="0.165"/> m
Coefficiente de contracción (Cc):	<input type="text" value="0.62"/>
Ecuaciones:	
$Q = C_d b a \sqrt{2g y_1} \quad \text{m}^3/\text{s}$	
donde:	
$C_d = \frac{C_c C_v}{\sqrt{1 + \frac{C_c a}{y_1}}}$	b = ancho compuerta, m a = abertura compuerta, m y1 = tirante aguas arriba compuerta, m Cd = coeficiente descarga Cc = coeficiente contracción Cv = coeficiente velocidad
para fines prácticos:	
Cc = 0.62 Cv = 0.96 + 0.079 $\frac{a}{y_1}$	
Elementos de una compuerta	
Resultados:	
Coefficiente de velocidad (Cv):	<input type="text" value="0.9934"/>
Coefficiente de descarga (Cd):	<input type="text" value="0.5482"/>
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.05"/> m3/s
	<input type="text" value="50.0425"/> l/seg

Fuente: Propia (Software H Canales).


Anexo 56. Resalto hidráulico en compuerta Tipo III

Lugar:	<input type="text" value="Mórope"/>	Proyecto:	<input type="text" value="D.H. L02 Quemazón"/>
Tramo:	<input type="text" value="Toma Directa"/>		
Datos:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0500"/>	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.20"/>	m	
Tirante (y):	<input type="text" value="0.1023"/>	m	
tirante supercrítico			
			
Resultados:			
Tirante conjugado (y):	<input type="text" value="0.3055"/>	m	Número de Froude conjugado (F): <input type="text" value="0.4728"/>
Altura del resalto:	<input type="text" value="0.2032"/>	m	Longitud del resalto (L): <input type="text" value="1.02"/>
Pérdida de energía en el resalto:	<input type="text" value="0.0671"/>	m	

Fuente: Propia (Software H Canales)

Anexo 57. Sección típica alcantarilla de paso Tipo III, para tomas directas ubicadas en secciones de camino de vigilancia

Datos:	
Tirante (y) :	<input type="text" value="0.3048"/> m
Diámetro (d) :	<input type="text" value="0.3048"/> m
Rugosidad (n) :	<input type="text" value="0.014"/>
Pendiente (S) :	<input type="text" value="0.003"/> m/m



Resultados:			
Caudal (Q) :	<input type="text" value="0.0513"/> m ³ /s	Velocidad (v) :	<input type="text" value="0.7032"/> m/s
Area hidráulica (A) :	<input type="text" value="0.0730"/> m ²	Perímetro mojado (p) :	<input type="text" value="0.9576"/> m
Radio hidráulico (R) :	<input type="text" value="0.0762"/> m	Espejo de agua (T) :	<input type="text" value="0.0000"/> m
Número de Froude (F) :	<input type="text" value="0.0263"/>	Energía específica (E) :	<input type="text" value="0.3300"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo :	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

Fuente: Propia (Software H Canales)

Anexo 58. Sección de máxima eficiencia hidráulica del canal L02

Lugar:	<input type="text" value="Mórope"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Dis.Hidr.CanálL02Quemazón"/>
Tramo:	<input type="text" value="0+800"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.4"/>	m ³ /s	
Talud (Z):	<input type="text" value="1.5"/>		
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.001"/>	m/m	

Resultados:					
Tirante (y):	<input type="text" value="0.4700"/>	m	Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.2846"/>	m
Perímetro (p):	<input type="text" value="1.9791"/>	m	Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.4650"/>	m ²
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.2350"/>	m	Espejo de agua (T):	<input type="text" value="1.6945"/>	m
Velocidad (v):	<input type="text" value="0.8601"/>	m/s	Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5242"/>	
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.5077"/>	m-Kg/Kg	Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>	

Fuente: Propia (Software H Canales).

Anexo 59. Sección de mínima infiltración en el canal L02

Lugar:	Mórope	Proyecto:	Dis. Hdr. Canal L02 Quemazón
Tramo:	5+800	Revestimiento:	0.075m

Datos:

Caudal (Q):	0.4	m ³ /s
Talud (Z):	1.5	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.001	m/m



Resultados:

Tirante (y):	0.4150	m	Ancho de solera (b):	0.5026	m
Perímetro (p):	1.9989	m	Area hidráulica (A):	0.4669	m ²
Radio hidráulico (R):	0.2336	m	Espejo de agua (T):	1.7476	m
Velocidad (v):	0.8567	m/s	Número de Froude (F):	0.5292	
Energía específica (E):	0.4524	m-Kg/Kg	Tipo de flujo:	Subcrítico	

Fuente: Propia (Software H Canales).



Pimentel, 31 de Marzo de 2021

VISTO: 2

El oficio presentado al Coordinador de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, en el cual se solicita se emita la resolución para la sustentación del trabajo de investigación denominada **“DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL L-02 QUEMAZÓN EN EL DISTRITO DE MORROPE, LAMBAYEQUE-2018”** presentada por: **Br. PÉREZ DÁVILA MARCO ANTONIO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, y;

CONSIDERANDO:

Que, el proceso para optar el Título Profesional está normado en el REGLAMENTO GENERAL de la Universidad César Vallejo, en los capítulos I y II de Grados y Títulos en los Arts. Del 7° al 18°.

Que, habiendo cumplido con los requisitos de ley, el Sr. Director de Investigación del Campus, en uso de sus atribuciones conferidas;

RESUELVE:

ARTÍCULO 1º **DESIGNAR** como Jurado Evaluador de la Tesis mencionada, a los profesionales siguientes:

- **Presidente** : Mg. Robert Edinson Suclupe Sandoval
- **Secretario** : Dr. Omar Coronado Zuloeta
- **Vocal** : Mg. Fernando Demetrio LLatas Villanueva

ARTÍCULO 2º **SEÑALAR** como lugar, fecha y hora de sustentación el siguiente:

Lugar : Sustentación virtual
Día : lunes, 31 de Marzo de 2021
Hora : 08:00 horas

ARTÍCULO 3º **DISPONER** que el secretario del Jurado Evaluador redacte un acta detallada del proceso de sustentación en la que figuren los criterios de evaluación.

ARTÍCULO 4º **ELEVAR** el acta de sustentación, la carpeta de Título Profesional y 02 CDs de la Tesis a la Coordinación de Grados y Títulos.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.

Mgtr. Robert Edinson Suclupe Sandoval
Coordinador de EP de Ingeniería Civil
UCV- Filial Chiclayo



Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, **Robert Edinson Suclupe Sandoval** de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Chiclayo, asesor de la Tesis titulada:

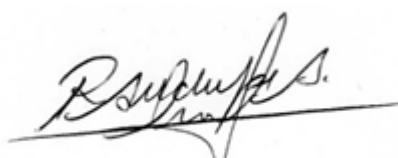
“DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL L-02 QUEMAZÓN EN EL DISTRITO DE MORROPE, LAMBAYEQUE-2018”

Del autor **PÉREZ DÁVILA MARCO ANTONIO** constato que la investigación tiene un índice de similitud de **14%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 31 de marzo 2021

Apellidos y Nombres del Asesor: SUCLUPE SANDOVAL ROBERT EDINSON	
DNI 42922864	Firma 
ORCID 0000-0001-5730-0782	