

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

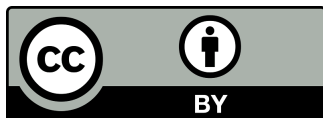
**Diseño de canal de riego por gravedad con máxima
eficiencia hidráulica en el centro poblado de Pacastiti
del distrito de Asillo-Azángaro-Puno**

Veronica Qquenaya Qquenaya
Williams Jhon Mamani Quispe

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Dr. FELIPE NESTOR GUTARRA MEZA
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : M. Sc. Ing. MANUEL JULIO BERLANGA BARRIGA
Asesor de trabajo de investigación

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación

FECHA : 3 de Marzo de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Diseño de canal de riego por gravedad con máxima eficiencia hidráulica en el Centro Poblado de Pacastiti del distrito de Asillo-Azángaro-Puno

Autores:

1. VERONICA QQUENAYA QQUENAYA – EAP. Ingeniería Civil
2. WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI ☒ NO ☐
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): 40 SI ☒ NO ☐
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI ☐ NO ☒

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

ASESOR

Mg. MANUEL JULIO BERLANGA BARRIGA

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado la vida, por guiarme a lo largo de mi vida profesional y personal, por haberme dado la fortaleza en aquellos momentos de mucha dificultad y debilidad.

A mi padre por su amor y confianza, por su esfuerzo para darme un futuro mejor por estar siempre pendiente de mí, y por su apoyo incondicional.

A mi madre por su inmenso amor, por estar presente en todo momento de mi vida, por ser mi amiga, mi consejera, por creer en mí, por todo lo que me ha enseñado, por no dejarme caer jamás.

A mi asesor, el Mg. Manuel Julio Berlanga Barriga, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de la presente tesis.

Veronica

A Dios por sobre todas las cosas, por haberme iluminado en mi vida y sendero.

A mis familiares por haberme inculcado en este largo proceso de mi carrera.

A mi compañera de vida Veronica por lograr juntos este anhelado objetivo.

A mi asesor, el Mg. Manuel Julio Berlanga Barriga, por haberme ayudado y ser piloto en este proceso de mi carrera profesional.

Williams Jhon

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que he pasado, pero que me han dejado muchas enseñanzas y han hecho que tenga fe y esperanza en él.

Con inmenso amor a mis padres Angel y Ana, quienes con su amor, apoyo y comprensión incondicionales estuvieron siempre en todo momento, me han dado todo lo que soy como persona: mis valores, principios, carácter, empeño perseverancia y coraje para lograr mis objetivos.

Con cariño a mi hija Micaela, por ser el impulso principal y la motivación para realizar este proyecto.

A mis hermanos, quienes me han brindado siempre su cariño y apoyo incondicional, y por ser mi motivación para seguir siempre adelante.

Veronica

A mi papá Andres y a mi mamá Yane, por hacer posible este sueño; y a mis hermanos por su apoyo incondicional.

A mi compañera de tesis, por su apoyo, motivación y comprensión antes y durante el proceso.

A mi hija Micaela, por ser mi razón y motivo.

A la Universidad Continental por haberme recibido y apoyado en este proceso de titulación.

Williams Jhon

INDICE

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
INDICE.....	v
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	14
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	18
1.1. Planteamiento del problema	18
1.2. Formulación del problema.....	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problemas específicos	18
1.3. Objetivos.....	19
1.3.1. Objetivo general	19
1.3.2. Objetivos específicos.....	19
1.4. Justificación e importancia	19
1.4.1. Justificación social.	19
1.4.2. Justificación académica.....	19
1.4.3. Justificación técnica	20
1.4.4. Justificación económica.	20
1.5. Delimitación.	20
1.5.1. Delimitación conceptual.....	20
1.5.2. Delimitación espacial	21
1.6. Hipótesis y descripción de variables.	22
1.6.1. Hipótesis.....	22

1.6.1.1.	<i>Hipótesis general</i>	22
1.6.1.2.	<i>Hipótesis específicas</i>	22
1.6.2.	Descripción de variables	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		24
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	24
2.1.1.	Antecedentes internacionales	24
2.1.2.	Antecedentes nacionales	24
2.2.	Bases teóricas	26
2.2.1.	Pérdidas en canales no revestidos	26
2.2.2.	Pérdidas en canales revestidos	28
2.2.3.	Levantamiento topográfico.....	30
2.2.4.	Estudio hidrológico	31
2.2.5.	Estudio de mecánica de suelos	36
2.2.5.1.	<i>Ensayos de laboratorio</i>	38
2.2.6.	Diseño hidráulico de canales.....	41
2.2.6.1.	<i>Diseño de sección hidráulica</i>	41
2.2.6.2.	<i>Ecuación de la energía o ecuación de Bernoulli</i>	41
2.2.6.3.	<i>Tipos de flujos</i>	42
2.2.6.4.	<i>Efecto de la gravedad</i>	43
2.2.6.5.	<i>Clasificación de los canales</i>	44
2.2.6.6.	<i>Caudal</i>	44
2.2.6.7.	<i>Cálculo del caudal por el método flotador</i>	44
2.2.6.8.	<i>Sección hidráulica óptima</i>	45
2.2.6.9.	<i>Máxima eficiencia hidráulica</i>	47
2.2.6.10.	<i>Velocidades</i>	48
2.2.6.11.	<i>Pendientes (s)</i>	49
2.2.6.12.	<i>Talud</i>	50
2.2.6.13.	<i>Coeficiente de rugosidad</i>	50
2.2.6.14.	<i>Borde libre</i>	51
2.2.6.15.	<i>Ancho de solera</i>	52
2.2.6.16.	<i>Espesor de revestimiento</i>	52
2.2.6.17.	<i>Junta</i>	52

2.2.6.18.	<i>Radios mínimos en canales</i>	53
2.2.7.	Diseño hidráulico de obras de arte	55
2.2.7.1.	<i>Tomas laterales</i>	55
2.2.7.2.	<i>Caída vertical</i>	55
2.2.7.3.	<i>Retenciones</i>	55
2.2.8.	Modelamiento hidráulico con HEC-RAS.....	56
2.2.9.	Pérdidas	57
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		59
3.1.	Método, tipo o alcance de la investigación.....	59
3.1.1.	Método de investigación	59
3.1.2.	Tipo de investigación	59
3.1.3.	Diseño de la investigación.....	59
3.2.	Población y muestra.	59
3.2.1.	Población.....	59
3.2.2.	Muestra.....	60
3.3.	Técnicas y fuentes de la investigación.	61
3.3.1.	Técnicas.....	61
3.3.2.	Fuentes	61
3.3.2.1.	<i>Fuente primaria</i>	61
3.3.2.2.	<i>Fuente secundaria</i>	61
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		62
4.1.	Presentación de resultados.....	62
4.1.1.	Estudio topográfico	62
4.1.2.	Estudio hidrológico	63
4.1.3.	Estudio de mecánica de suelos	68
4.1.4.	Diseño hidráulico del canal	72
4.1.4.1.	<i>Diseño del canal rectangular</i>	76
4.1.4.2.	<i>Diseño del canal trapezoidal</i>	79
4.1.5.	Diseño hidráulico de obras de arte	88

4.1.5.1.	<i>Diseño de toma principal</i>	88
4.1.5.2.	<i>Diseño hidráulico de tomas laterales</i>	92
4.1.5.3.	<i>Diseño de caída vertical</i>	99
4.1.5.4.	<i>Diseño de retenciones del canal trapezoidal</i>	116
4.1.6.	Modelamiento hidráulico con HEC-RAS.....	118
4.2.	Discusión de resultados	123
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		125
5.1.	Conclusiones.....	125
5.2.	Recomendaciones	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		128

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Vías de acceso.....	22
Tabla 2.	Coeficiente de permeabilidad, según Terzaghi (referencia 3).....	27
Tabla 3.	Pérdidas de agua en canales sin revestir (cm/s)	28
Tabla 4.	Disponibilidad hídrica según R.J. N°058 – 2018 – ANA para el canal en estudio.....	35
Tabla 5.	Número de usuarios beneficiados	35
Tabla 6.	Tabla para la clasificación de suelos según el método AASHTO.....	37
Tabla 7.	Clasificación de suelos por el método SUCS.....	38
	<i>Nota:</i> Tomado de DAS (2013, p. 83)......	38
Tabla 8.	Tamaños estándar de tamices.....	39
Tabla 9.	Determinación de factor de corrección F_c para cálculo de caudales por el método del flotador.....	45
Tabla 10.	Secciones hidráulicas óptimas	46
Tabla 11.	Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes	47
Tabla 12.	Velocidades máximas recomendadas en función de las características de los suelos.....	49
Tabla 13.	Pendientes laterales de canales en varios suelos.....	50
Tabla 14.	Taludes recomendados en función del material Talud Z:1 (horizontal – vertical).....	50
Tabla 15.	: Valores de Coeficiente de Rugosidad “n” de Manning	51
Tabla 16.	Borde libre en función del caudal	52
Tabla 17.	Espesores y distancias de las juntas de contracción.....	53
Tabla 18.	Radio Mínimo en canales abiertos para $Q < 20 \text{ m}^3/\text{seg.}$	54
Tabla 19.	Radio mínimo en canales abiertos en función del espejo de agua	54
Tabla 20.	valores de C para el cálculo de retenciones	56
Tabla 21.	Ubicación de calicatas para el estudio de suelos.....	69
Tabla 22.	Ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos	70

Tabla 23.	Propiedades Físicas y Mecánicas del Suelo en Estudio.	72
Tabla 24.	Medición del área.....	73
Tabla 25.	Longitud del resalto en canales con tirante conjugado $F1$	94
Tabla 26.	Longitud del resalto en canales con pendientes	95
Tabla 27.	Valores de K_e	95

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de ubicación política del área de estudio.	21
Figura 2.	Caudal de entrada y salida en el tramo.....	27
Figura 3.	Estado actual del canal del centro poblado de Pacastiti.....	32
Figura 4.	Toma lateral conformada por plásticos y champas.	32
Figura 5.	Daños debido a la erosión (para ello se limpió la vegetación).....	33
Figura 6.	Se colocó una sonda en forma de estaca para poder medir la altura del material acumulado.....	34
Figura 7.	Delimitación del área beneficiada bajo riego.....	36
Figura 8.	Energía total de una sección de un canal. Tomado de Villón (2007, p. 51).....	42
Figura 9.	Esquematzación de los tipos de flujos en canales (Villón, 2007).	43
Figura 10.	Características de la caída vertical. Tomado de (Autoridad Nacional del Agua 2010).....	55
Figura 11.	Perdidas de energía entre 1 y 2	57
Figura 12.	Imagen satelital del canal madre o de derivación. Tomada de Google Earth	60
Figura 13.	Imagen satelital del canal lateral. Tomada de Google Earth.....	60
Figura 14.	En la imagen se puede apreciar el levantamiento topográfico realizado en campo.....	62
Figura 15.	Oferta de Agua Río Crucero	63
Figura 16.	Cálculo de la precipitación promedio	64
Figura 17.	Datos de temperatura promedio mensual.....	64
Figura 18.	Datos de la humedad relativa promedio mensual	65
Figura 19.	Cálculo de la precipitación efectiva al 75 %.....	65
Figura 20.	Cálculo de la evapotranspiración potencial.....	66
Figura 21.	Cálculo de la cedula de cultivo	66
Figura 22.	Demanda de agua para riego Pacastiti (lo que necesita el proyecto).	67
Figura 23.	Balance hídrico entre la oferta de agua y demanda de agua	68
Figura 24.	Ubicación de calicatas durante todo el trayecto del canal 0+000km-1+796km...	69

Figura 25. En esta fotografía se puede observar la excavación de la calicata 1 a una profundidad de 1.50m.	70
Figura 26. En esta imagen se puede apreciar la calicata 2 excavada a una profundidad de 1.50 m.....	71
Figura 27. En la imagen se puede observar la excavación de la calicata 3 y la extracción de la muestra inalterada para el ensayo de corte directo.....	72
Figura 28. Representación de la sección medida.....	73
Figura 29. Sección típica del canal rectangular.....	79
Figura 30. Sección típica del canal trapezoidal	82
Figura 31. Datos tomados de temperatura y humedad relativa. Fueron tomadas de SENAMHI en 2023. Los datos de la velocidad fueron tomados de Web Nasa Power, medidos a 10m de altura.....	84
Figura 32. Resultados de la evaporación.....	86
Figura 33. En esta figura se pueden apreciar los resultados del diseño de la compuerta	92
Figura 34. En la presente figura se muestra el diseño de las tomas laterales en ambos márgenes.....	98
Figura 35. Datos ingresados para el cálculo de la caída vertical con el SOFTWARE RÁPIDAS V1.0	103
Figura 36. Cálculo de la caída vertical con el SOFTWARE RÁPIDAS V1.0	103
Figura 37. Resultados finales con el SOFTWARE RÁPIDAS V1.0	104
Figura 38. Medidas de la sección de caída.....	104
Figura 39. Carga distribuida.....	105
Figura 40. Localización del empuje activo.....	107
Figura 41. Carga distribuida a lo largo de la losa de fondo.....	108
Figura 42. Resumen de refuerzos	114
Figura 43. Cálculo estructural de pasarela	114
Figura 44. Vista tridimensional del canal sin desbordes	119
Figura 45. Sección transversal del canal rectangular donde se observa que no existe desbordamiento.....	120

Figura 46. Sección transversal del canal trapezoidal donde se observa que no existe desbordamiento.	120
Figura 47. Simulación del flujo de agua en la retención	121
Figura 48. Vista bidimensional de la retención	122
Figura 49. En el perfil se aprecia que no existe ningún desbordamiento en la retención y la sección del canal.	122

RESUMEN

La presente tesis desarrolla los temas y procedimientos necesarios para diseñar el canal de riego de 1.796 km en Pacastiti, actualmente no revestido. En tal sentido, el objetivo del estudio es realizar el *Diseño de canal de riego por gravedad con máxima eficiencia hidráulica en el Centro Poblado de Pacastiti del distrito de Asillo-Azángaro-Puno*. Se comenzó con una inspección del canal para evaluar su estado, luego se llevó a cabo el levantamiento topográfico y el análisis hidrológico.

Se realizó un análisis de mecánica de suelos para determinar el tipo de terreno en el tramo del canal, el cual está compuesto por arena con limo y arcilla de baja plasticidad, con una humedad promedio de 15.70 % y una capacidad de carga de 0.779 a 0.919 kg/cm².

Se calculó un caudal de 0.354 m³/s, velocidad de 1.136 m/s, talud de 0.577. El canal subcrítico de sección trapezoidal presenta un ancho de base de 0.49 metros, un tirante de 0.42 metros, un espesor de 0.10 metros y un espejo de agua de 0.98 metros, rugosidad 0.014 y pendiente de 0.2 %.

Al inicio del canal se diseñó una compuerta principal de 0.80m de ancho de solera y con esos datos se ha prolongado un canal rectangular de 3.50 m de longitud. A continuación, se diseñó la caída vertical para disipar la energía y se diseñaron tomas laterales y retenciones, asegurando que la altura de los tirantes se mantenga para un funcionamiento correcto, lo que mantuvo la velocidad del flujo del canal.

El canal será edificado con concreto simple de 175 kg/cm² y dispondrá de una junta de dilatación cada 2.5 metros. (Sotelo, 2002).

Finalmente, se comprobaron los resultados obtenidos en el programa H-CANALES 3.1, y se modelaron en el software HEC-RAS 5.07 para poder evaluar el comportamiento del fluido del canal. Para comprobar la caída vertical se utilizó el software RAPIDAS V1.0.

Después de evaluar los resultados, se elaboraron las conclusiones y sugerencias del trabajo.

PALABRAS CLAVE: Diseño, máxima eficiencia, canal de riego, caudal, velocidad, retenciones.

ABSTRACT

This thesis develops the topics and procedures necessary to design the 1,796 km irrigation canal in Pacastiti, currently unlined, in this sense the objective of the present study is to carry out the "Design of a gravity irrigation canal with maximum hydraulic efficiency in the Pacastiti Population Center of the Asillo-Azángaro-Puno district." We began with an inspection of the canal to evaluate its condition, then the topographic survey and hydrological analysis were carried out.

A soil mechanics analysis was carried out to determine the type of terrain in the section of the canal, which is composed of sand with silt and low plasticity clay, with an average humidity of 15.70% and a load capacity of 0.779 to 0.919 kg/cm².

A flow rate of 0.354 m³/s, velocity of 1.136 m/s, slope of 0.577 was calculated. The trapezoidal subcritical channel has a base width of 0.49 meters, a depth of 0.42 meters, a thickness of 0.10 meters and a water surface of 0.98 meters, roughness of 0.014 and a slope of 0.2%.

At the beginning of the channel, a main gate with a 0.80 m wide bed was designed and with this data a rectangular channel of 3.50 m in length was extended. Next, the vertical drop was designed for the purpose of dissipating energy and lateral intakes and retentions were designed, ensuring that the height of the braces is maintained for correct operation, maintaining the speed of the channel flow.

The channel will be built with 175 kg/cm² simple concrete and will have an expansion joint every 2.5 meters. (SOTELO, 2002).

Finally, the results obtained in the H-CANALES 3.1 program were checked and modeled in the HEC-RAS 5.07 software to be able to evaluate the fluid behavior of the channel. To check the vertical drop, the RAPIDAS V1.0 software was used.

After evaluating the results, conclusions and suggestions were drawn up for the work done.

KEY WORDS: Design, maximum efficiency, irrigation channel, flow rate, speed, retentions.

INTRODUCCIÓN

El agua es vital para humanos, animales y plantas. Actualmente, los canales de riego son esenciales para la agricultura y ganadería. En Pacastiti, la agricultura y ganadería constituyen la principal actividad económica, debido a lo cual es necesario contar con un canal de riego eficiente. Actualmente, se presenta un canal artificial no revestido y deficiente, siendo este el principal problema.

Los canales de riego de conducción y derivación se deterioran con el pasar del tiempo debido a varios factores como la infiltración, efectos de socavación, erosión, pérdidas de energía y una deficiencia en el transporte de caudal, problemas que actualmente tiene el canal en estudio.

Debido a la ineficiente estructura sin revestir del canal, esta investigación propone diseñar un canal de riego por gravedad con máxima eficiencia hidráulica en Pacastiti, Puno. Se realizarán estudios topográficos, hidrológicos, mecánica de suelos, diseño hidráulico y obras de arte, comprobando el diseño con H-CANALES y modelando el flujo con HEC-RAS.

El capítulo I se centra en el planteamiento del estudio, se desarrolla el planteamiento del problema que permite contextualizar y delimitar la situación a investigar; se formulan los objetivos de la investigación, que orientan las metas a alcanzar; se expone la justificación, a partir de la cual se argumenta la relevancia e importancia de realizar este estudio y se incluye la hipótesis de trabajo, que plantea una posible solución o explicación preliminar al problema identificado.

El capítulo II aborda el marco teórico, que sirve como base conceptual de la investigación. En este apartado se analizan los antecedentes relacionados, se desarrollan las bases teóricas que sustentan el estudio y se definen los conceptos clave necesarios para comprender la investigación.

En el capítulo III se expone la metodología utilizada. Este apartado explica el método, el tipo y el alcance de la investigación; además, define la población y la muestra para delimitar el campo de análisis. Asimismo, se detallan las técnicas y fuentes empleadas en la recopilación de datos.

El capítulo IV aborda los resultados y la discusión. En esta sección, se exponen los hallazgos obtenidos durante la investigación y se realiza un análisis crítico, contrastándolos con las teorías y antecedentes revisados.

En el capítulo V presenta las conclusiones y recomendaciones. En esta sección, se sintetizan los principales resultados obtenidos vinculándolos con los objetivos establecidos. Además, se ofrecen recomendaciones dirigidas a mejorar las prácticas actuales y orientar futuras investigaciones relacionadas con el tema.

Al final, se estructuran las fuentes bibliográficas y los anexos, los cuales incluyen fotografías, planos y otros documentos que fueron esenciales para el desarrollo.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema

Con el paso del tiempo, los canales se deterioran, especialmente si no reciben el mantenimiento adecuado. Actualmente, el canal del centro poblado de Pacastiti se encuentra sin revestimiento y en malas condiciones. La mayoría de los canales de riego en el país se deterioran y se vuelven ineficientes rápidamente. Para mejorar su eficiencia es esencial diseñarlos conforme a los parámetros del reglamento ANA.

Este proyecto fue seleccionado debido a los problemas actuales que enfrenta el canal en Pacastiti, el cual no cuenta con una infraestructura adecuada para el riego. Esta deficiencia provoca pérdidas de agua ocasionadas por filtraciones, socavaciones, erosión y un transporte ineficiente del caudal, lo que repercute de manera adversa en el suministro de agua hacia las áreas de cultivo.

La insuficiencia hidráulica del canal.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cómo se puede diseñar un canal de riego por gravedad que logre la máxima eficiencia hidráulica en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, Azángaro, Puno?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la pendiente apropiada para el canal y el diseño geométrico de la trayectoria del canal en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, Azángaro, Puno?
- ¿Cuál es la demanda de agua para el canal, objeto de estudio, obtenida mediante el estudio hidrológico en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, Azángaro, Puno?
- ¿Cuál es el estudio de mecánica de suelos en puntos estratégicos en todo el trayecto del tramo del canal en estudio en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, Azángaro, Puno?
- ¿Cuál es la geometría típica del canal para una conducción con máxima eficiencia hidráulica en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, Azángaro, Puno?

- ¿Cuáles son las pérdidas hidráulicas y de conducción a lo largo del canal en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, provincia de Azángaro, región Puno?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Diseñar un canal de riego por gravedad que logre la máxima eficiencia hidráulica en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, Azángaro, Puno.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico para determinar la pendiente apropiada para el canal y el diseño geométrico de la trayectoria del canal, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, Azángaro, Puno.
- Determinar la demanda de agua para el canal, objeto de estudio, mediante el estudio hidrológico en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, Azángaro, Puno.
- Determinar el estudio de mecánica de suelos en puntos estratégicos en todo el trayecto del tramo del canal en estudio, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, Azángaro, Puno.
- Determinar la geometría típica del canal para una conducción con máxima eficiencia hidráulica, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, Azángaro, Puno.
- Cuantificar las pérdidas hidráulicas y de conducción a lo largo del canal, en el centro poblado de Pacastiti, del distrito de Asillo, Azángaro, Puno.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación social.

Se justifica socialmente porque esta investigación y el diseño del canal de riego ofrecerán un mejor servicio a los pobladores, mejorando sus cultivos y elevando la calidad de vida de los habitantes.

1.4.2. Justificación académica.

La justificación académica radica en la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la formación universitaria, contribuyendo a la lectura técnica y científica. Además, la

investigación servirá como recurso de investigación para alumnos de Ingeniería Civil y otras carreras que deseen realizar investigaciones similares en el futuro.

1.4.3. Justificación técnica

La justificación técnica se basa en el uso de métodos del manual *Criterios de Diseño de Obras Hidráulicas* de ANA (2010) para proyectos multisectoriales y seguridad hídrica.

La base técnica de la justificación se fundamenta en que el estudio aplicará los métodos definidos por la *Autoridad Nacional del Agua* (ANA, 2010) en el manual *Criterios para el Diseño de Obras Hidráulicas en Proyectos Multisectoriales y de Seguridad Hídrica*.

1.4.4. Justificación económica.

La justificación económica se basa en que, al implementar el diseño del canal de riego, los residentes podrán cultivar con mayor eficiencia, lo que fomentará un aumento en el intercambio comercial entre ellos. La zona del proyecto tiene una población promedio de 280 habitantes de los cuales conforman el comité de riego 70 conforman el comité de riego, dedicados en un 95 % a las actividades de ganadería y agricultura. el 5 % restante lo conforman empleados, pequeños comerciantes y artesanos.

Actualmente el 95 % de las tierras se dedica a la agrosilvicultura, un sistema de producción agrícola y ganadera con el forestal. Los cultivos principales son: alfalfa, avena forrajera, avena grano y pastos cultivados que están destinados para el consumo de los vacunos y ovinos. Además, la crianza pecuaria permite obtener un producto como la leche, que es comercializada en forma individual a las plantas queseras que hay en el centro poblado de Pacastiti y con ello las familias sustentan su economía familiar.

1.5. Delimitación.

1.5.1. Delimitación conceptual

En este proyecto se aplicaron las siguientes fórmulas: ecuación de continuidad, ecuación de Manning, ecuación de Bernoulli y número de Froude. Para calcular la velocidad se utilizó el método del flotador. El procedimiento incluyó un recorrido exhaustivo del canal para evaluar su estado, seguido del levantamiento topográfico, estudio hidrológico, análisis de mecánica de suelos, y diseño hidráulico del canal y las estructuras asociadas. Posteriormente, se validó el diseño con el software H-CANALES y, finalmente, se realizó un modelado con HEC-RAS para simular el comportamiento del flujo en condiciones casi reales.

1.5.2. Delimitación espacial

El proyecto se sitúa en el centro poblado de Pacastiti, en el distrito de Asillo, en la provincia de Azángaro, dentro de la región Puno.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

- Departamento : Puno
- Provincia : Azángaro
- Distrito : Asillo
- Centro Poblado : Pacastiti
- Este : 357608.38m
- Norte : 8374470.96m
- Altitud : 3910.00 m.s.n.m
- Área de estudio : 53ha

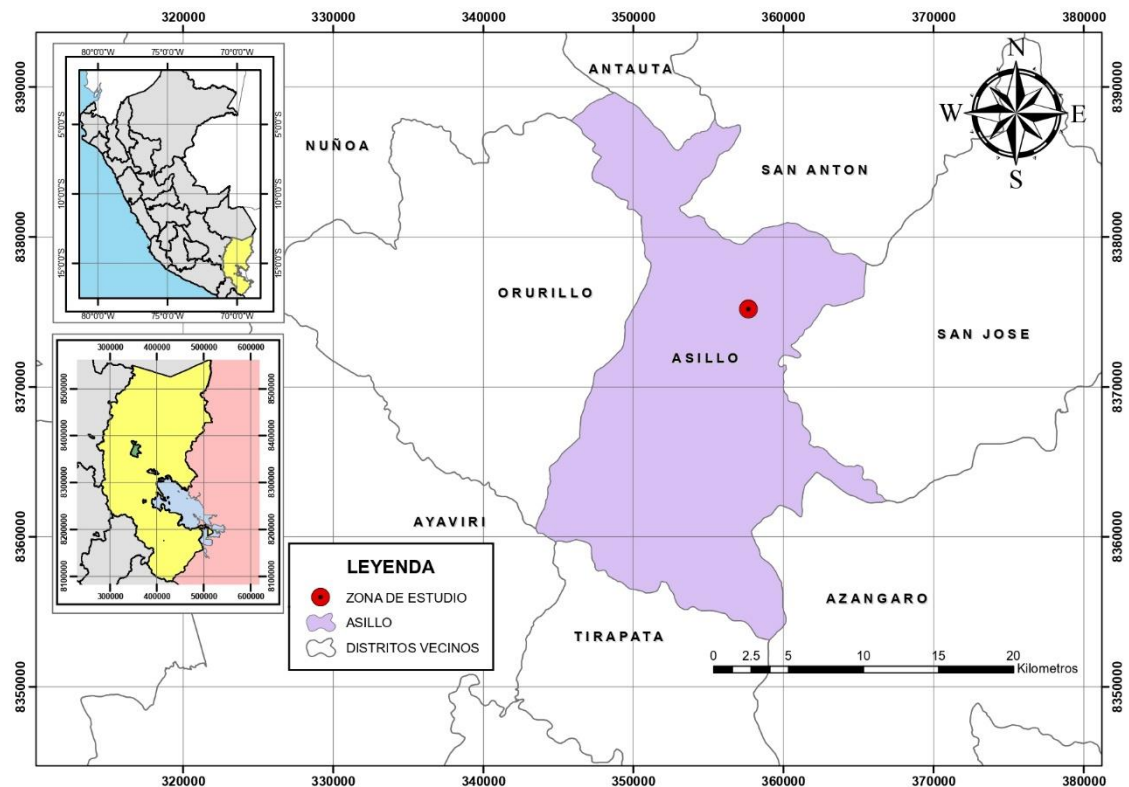


Figura 1. Mapa de ubicación política del área de estudio.

VÍAS DE ACCESO

Para llegar a la zona del proyecto se detalla en la tabla N°1 las distancias y el tiempo desde la ciudad de Puno.

Tabla 1. Vías de acceso

TRAMO	DISTANCIA (KM)	TIPO DE VÍA	ESTADO ACTUAL	TIEMPO RECORRIDO
Puno-Juliaca	43.00	Asfaltada	Bueno	54min
Juliaca-Azángaro	73.60	Asfaltada	Bueno	1h 18min
Azángaro-C.P. Progreso	40.00	Asfaltada	Bueno	37min
C.P. Progreso-C.P. Pacastiti	10.00	Afirmado	Regular	15min

1.6. Hipótesis y descripción de variables.

1.6.1. Hipótesis

1.6.1.1. Hipótesis general

- El diseño adecuado del canal de riego por gravedad permite alcanzar la máxima eficiencia hidráulica, considerando factores geométricos, hidráulicos y geotécnicos en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, Azángaro, Puno.

1.6.1.2. Hipótesis específicas

- El levantamiento topográfico determinara una pendiente apropiada para el canal y el diseño geométrico de la trayectoria del canal, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo de la provincia de Azángaro de la región Puno.
- El estudio hidrológico determinará la demanda de agua para el canal en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo de la provincia de Azángaro de la región Puno.
- El estudio de mecánica de suelos determinara las diferentes características físico-mecánicas de los suelos que constituyen la pared estratigráfica, en los puntos estratégicos en todo el trayecto del tramo del canal en estudio, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo de la provincia de Azángaro de la región Puno.

- La determinación de la geometría típica del canal permitirá una conducción con máxima eficiencia hidráulica, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo de la provincia de Azángaro de la región Puno.
- La cuantificación de las pérdidas hidráulicas y de conducción a lo largo del canal permitirá identificar los factores que afectan la eficiencia en el transporte del agua en el canal, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, provincia de Azángaro, región Puno.

1.6.2. Descripción de variables

a) Variable dependiente:

Máxima eficiencia hidráulica: Esto sucede cuando el canal puede transportar la mayor cantidad de agua posible utilizando el perímetro más reducido, optimizando así la eficiencia hidráulica y minimizando las pérdidas por infiltración, fricción y evaporación.

b) Variable independiente

Diseño del canal de riego por gravedad: Entiende cómo se determinan las propiedades hidráulicas, tales como la velocidad y el nivel de agua, que definen el régimen del flujo en el canal. Este flujo, generado por la gravedad y sin presiones restrictivas, se desarrolla en una zona abierta donde el líquido está en contacto directo con el aire.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Demin y Barrera (2017), este sistema de riego consta de tres canales principales. El desconocimiento de las pérdidas por infiltración es el principal problema. Así, el objetivo fue determinar la eficiencia de conducción de estos canales, utilizando una metodología aplicada a nivel explicativo. Los resultados mostraron que las eficiencias de los dos canales principales son satisfactorias, aunque uno tiene cincuenta y seis años. Se determina que la metodología utilizada presentó un margen de error aproximado al $\pm 5\%$.

Baltodano y Morales (2015) realizaron, monografía denominada *Diseño hidráulico de un canal de 1 km de longitud que comprende parte de la zona 2, 5, 6 y 11 del Municipio de Ciudad Sandino, de marzo a julio de 2015*. El objetivo fue hacer un diseño de la sección ideal para llevar o conducir el caudal requerido. Se empleó métodos científicos que ayudaron a la investigación y a la utilización de los programas y softwares Excel, H canales, Autocad y Civil 3D, con lo cual se obtuvieron resultados precisos.

Chan (2015) realizó una tesis denominada *Revisión de la capacidad y funcionamiento hidráulico de un canal mediante modelación numérica*. El estudio se centró en analizar la problemática actual de operación y evaluar el funcionamiento del canal en comparación con el diseño original del proyecto. Una vez identificados los problemas y limitaciones en la conducción, se recomiendan ajustes para mejorar la eficiencia en la conducción y distribución, así como para aumentar la capacidad del canal principal. Es crucial que el diseño en régimen uniforme esté respaldado por un análisis exhaustivo del comportamiento del canal en condiciones de flujo gradualmente variable. Además, se debe considerar el impacto de las estructuras de control, tales como las de protección y distribución, ya que la interacción entre las fuerzas de inercia y presión hace que la línea de la superficie libre de agua y la base del canal no sean paralelas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Placido y Salvatierra (2020) realizaron una tesis cuyo objetivo principal fue realizar un diseño hidráulico para optimizar la eficiencia de la conducción hidráulica del canal, teniendo en cuenta la composición del suelo, que incluye arenas con limo, arenosas y mal graduadas, con un contenido de humedad promedio del 16.88 %. Se estableció un caudal de 0.16 m³/s para

el diseño. El canal estuvo diseñado para operar con flujo supercrítico y presentó una sección trapezoidal que cuenta con una base de 0.70 metros, un tirante de 0.24 metros, un espesor de 0.10 metros y una berma de 0.25 metros de ancho. El canal se construyó utilizando concreto ciclópeo con una resistencia de 175 kg/cm². Se prevé la instalación de juntas de dilatación cada 4.00 metros para asegurar la durabilidad y el buen funcionamiento del canal, teniendo en cuenta las variaciones térmicas y los movimientos estructurales. El diseño se ha desarrollado considerando todos los aspectos hidráulicos y geotécnicos necesarios para asegurar que el canal opere de manera eficiente, minimizando pérdidas y maximizando la capacidad de conducción. Se han aplicado métodos de análisis avanzados para garantizar que el diseño cumpla con los requisitos de eficiencia y funcionalidad a largo plazo.

Capcha y Martínez (2021), en su tesis de grado denominada *Evaluación de eficiencia hidráulica de canales de riego por gravedad - canal Huayao, Chupaca, Junín 2021*, propusieron determinar la eficiencia hidráulica de canales de riego por gravedad. La investigación empleó un diseño no experimental y utilizó el método científico para analizar los datos. Los resultados obtenidos indicaron que, en el canal trapezoidal, la eficiencia promedio desde la progresiva 0+000 km hasta 2+0.22 km fue de 58.36 % y 71.53 % en dos días consecutivos. En el canal rectangular, la eficiencia registrada desde la progresiva 0+00 km hasta 0+100 km fue de 95.14 %, 92.33 %, 94.93 % y 95.6 %, con un promedio general de 71.53 %. Sin embargo, la eficiencia no es suficiente para abastecer a todos los usuarios a lo largo del canal.

Asalde (2020) realizó una investigación titulada *Diseño del canal de riego con máxima eficiencia hidráulica mediante el software HEC-RAS, del tramo km 0+000 al km 3+085, en el distrito de Salas, región Lambayeque*. Para alcanzar el objetivo, se realizó una investigación aplicada, cuantitativa y descriptiva. Se inició el proceso con análisis del flujo calculando el módulo de riego en el intervalo del proyecto y evaluando tres pendientes a lo largo del eje longitudinal del canal. En cada tramo del canal se elaboraron gráficos de curvas de energía, tirante normal, tirantes críticos, resaltos hidráulicos y curvas de remanso, lo cual facilitó la determinación del perfil de cada sección. Luego, se verificó el diseño con el software HCANALES, de acuerdo con los criterios de la Oficina de Recuperación de EE.UU. Asimismo, se realizó una modelación hidráulica con el software HEC-RAS, que resultó ser eficaz para analizar y visualizar el comportamiento del flujo, evaluando su impacto en el diseño del canal para alcanzar una eficiencia hidráulica óptima.

En la misma línea de investigación, Fiestas y Segura (2020) se propusieron crear un canal que satisfaga los requisitos impuestos por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Se

realizó un estudio topográfico y un análisis de suelos, logrando una capacidad portante de 1.75 kg/cm². Además, se efectuó un análisis hidrológico para determinar el caudal necesario para el diseño del canal de riego y la toma de agua. El proyecto abarca la planificación del canal y de la bocatoma, con una extensión total de 7.956 kilómetros. El caudal calculado es de 0.36 m³/s. La configuración geométrica del canal incluye la bocatoma, el perfil longitudinal, la sección del canal y las estructuras asociadas. Para irrigar las 150 hectáreas se requiere un caudal mínimo de 0.36 m³/s. El diseño final prevé un ancho de solera de 0.50 m, un tirante de 0.60 m (con borde libre) y un espesor de 0.10 m. La bocatoma tendrá una altura de 1.20 m y el vertedero, 1.53 m. La compuerta de limpieza del barraje medirá 1.00 m de ancho y 19.00 m de longitud, con el fin de asegurar un flujo constante de agua. Finalmente, se calcularon los metrados necesarios para el presupuesto del proyecto, que asciende a S/. 6.078.417,73.

Ascoy (2019). Se trazó como objetivo el diseño y mejoramiento del Canal La Banda y de una bocatoma, con el fin de optimizar el recurso hídrico en la zona. Este proyecto beneficiará a más de 30 hectáreas, mejorando así la producción agrícola. Se convertirá en un modelo crucial para mejorar la calidad de vida de la comunidad, ya que fomentará el aumento de la producción y la productividad agrícolas. Esto incrementará la disponibilidad de productos y, como resultado, potenciará los ingresos económicos de los agricultores

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Pérdidas en canales no revestidos

Las pérdidas por infiltración en los canales no revestidos se producen cuando parte del agua que fluye a través del canal se filtra hacia el suelo por las paredes y el fondo.

Este tipo de pérdida es especialmente significativo en canales de tierra, debido a que la capacidad de los materiales del lecho del canal para absorber agua depende de su composición, estructura y nivel de humedad.

Mediante la fórmula de Kostiakov.

$$P = 1000K(b + 2.4y\sqrt{1 + Z^2}) \quad (1)$$

Donde:

P = pérdidas, en m³/s-km

K = coeficiente de permeabilidad, en m/s

b = ancho de solera, en m

y = tirante, en m

Z = talud

Tabla 2. Coeficiente de permeabilidad, según Terzaghi (referencia 3)

	10^2	10^1	1.0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
Drenaje	Bueno							Pobre		Prácticamente impermeable		
Tipo de suelo	Grava limpia		Áreas limpias y mezclas limpias de arena y grava			Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada.			Suelos “impermeables”, es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición.			
						Suelos “impermeables” modificados por la vegetación o por descomposición.						
Determinación directa de k	Ensayo directo del suelo “in situ” por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos											
	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia											
Determinación indirecta de k			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.			
	Por cálculo partiendo de la curva granulométrica solo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión										Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia	

Nota: Tomada de Sotelo (2002, pág. 703).

Pérdidas totales

Es crucial calcular la cantidad total de agua perdida en un canal, ya que se ha evidenciado que estas pérdidas no corresponden a un porcentaje constante del caudal Q ; por el contrario, tienden a incrementarse a medida que el caudal disminuye. Kostiakov propuso que esta variación puede describirse mediante la siguiente relación matemática.:

$$r = \frac{a}{Q^n} \quad (2)$$

Donde a y n son constantes que dependen del tipo de suelo. El valor de n oscila entre 0.3, para suelos impermeables, y 0.5, para suelos altamente permeables, pudiendo considerarse un valor promedio de 0.4. Si r fuera constante, el caudal Q (m^3/s) al final del tramo de canal de longitud L (km) (Villón, 2005) sería:

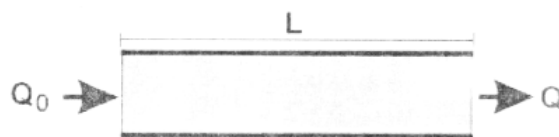


Figura 2. Caudal de entrada y salida en el tramo

$$Q = Q_0 - P \quad (3)$$

Donde:

$$P = Q_0 \times r \times L \quad (4)$$

Luego:

$$Q = Q_0(1 - rL) \quad (5)$$

2.2.2. Pérdidas en canales revestidos

Las pérdidas por infiltración en canales revestidos ocurren cuando una porción del agua transportada se filtra hacia el suelo debido a las juntas o defectos en el revestimiento. Aunque estos canales están diseñados para minimizar tales pérdidas, este fenómeno no se puede eliminar completamente, particularmente cuando el revestimiento presenta imperfecciones o daños.

En los canales abiertos, la mayor proporción de agua perdida proviene de la filtración hacia las capas subterráneas, acompañada por pérdidas menores debido a la evaporación superficial.

Tabla 3. Pérdidas de agua en canales sin revestir (cm/s)

Pérdidas de agua en canales sin revestir.

Material	Davis de Wiest (1971)	Ai silin Balchurin (1)	Roe-ayres (1960)	Lam Pastor (1964)	G.A Aleksseev (3)	Kostiakov
Grava	10.000	>1				10^{-5}
Arena gruesa	0.720	1-0.01				10^{-2}
Rena media	0.060	0.01- 0.005	0.008	0.025		
Arena fina		0.005 - 0.001				
Arena muy fina	0.002		0.001			
Arenoso franco				0.0017		
Franco arenoso				0.0014		
Franco				0.0012		
Franco arenoso arcilloso				0.0010	0.013	$10^{-5}, 10^{-7}$
Franco limoso				0.0005		$10^{-4} - 10^{-5}$
Arena limosa		0.0002 - 0.0001	0.0002			$10^{-7} - 10^{-11}$
Arcilla montmorillonítica	10^{-8}	10^{-6} (2)	4×10^{-6} (2)		3.5×10^{-4} (4)	
Arcilla caolinitica	10^{-6}				$0.8 \cdot 10^{-2}$ (5)	
Caliza						
Caliza arcillosa	2.5×10^{-6}					
Terreno impermeable, roca no fisurada, asfalto, concreto	10^{-7}				0.8×10^{-5}	

(1) Citado de Marr (1962)

(2) Sin clasificar la arcilla

(3) Citado de G. Remenieras (1960)

(4) Arcillas, suelos alcalinos (Solonetz)

(5) Arcillas, suelos salinos (Solonchaks)

(6) Arcilla compacta

Nota: Tomado de Coronado del Aguila, (1992, pág. 113).

Uginchus manifiesta que para el cálculo de las pérdidas por infiltración en un canal revestido se puede usar la fórmula experimental (Villón, 2005).

$$P = K \frac{y}{e} \left(b + y \sqrt{1 + Z^2} \right) \times 1000 \quad (6)$$

Donde:

P= pérdidas, en m³/s-km.

K= permeabilidad de revestimiento de hormigón, en m/s, el mismo que varía de 10⁻⁵ cm/s a 10⁻⁷ cm/s.

e= espesor del revestimiento en m.

b= ancho de solera en m.

y= tirante en m.

Z= talud.

Calor latente

La transición de un estado físico a otro implica necesariamente la transferencia de energía, ya sea mediante su absorción o liberación. La cantidad de calor involucrada por unidad de masa se denomina calor latente, con unidades de julios por kilogramo (J/kg) o calorías por gramo (cal/g) (Streeter et al., 2011).

$$L_e = 597.3 - 0.57T \quad (7)$$

Donde:

L_e = calor latente de evaporación.

T = temperatura en °C.

Presión de vapor de saturación

Mediante la ecuación empírica para la presión de vapor de saturación.

$$e_s = 33.8639[0.00738 + 0.8072)^8 - 0.000019] - 0.000019(1.8T + 48) + 0.00136 \quad (8)$$

e_s = presión de vapor de saturación en mb.

T = temperatura en °C.

Presión de vapor actual (e_a)

$$e_a = e_s \times \frac{HR}{100} \quad (9)$$

Donde:

HR = humedad relativa.

e_a = presión de vapor actual.

e_s = presión de vapor de saturación en mb.

La fórmula de Meyer (1942) permitirá calcular la evaporación.

$$E = \frac{(7.9 + 2.2U_2)(e_s - e_a)}{L_e} \quad (10)$$

Donde:

E = evaporación en mm/mes.

U^2 = velocidad en $\frac{m}{s}$.

e_s = presión de vapor de saturación en mb.

e_a = presión de vapor de saturación en mb.

2.2.3. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico determina la ubicación relativa de puntos en un plano horizontal. Este proceso es esencial para situar y llevar a cabo el proyecto del canal en el terreno, ya que ofrece una visión integral del relieve y de las construcciones actuales y proyectadas. El trabajo se inició con una referencia GPS, y el proyecto abarca un plano de ubicación, planimetría, plano de planta, perfil longitudinal y secciones transversales.

2.2.4. Estudio hidrológico

El estudio hidrológico es esencial para planificar, diseñar y operar eficazmente sistemas hidráulicos. Para desarrollar proyectos hidráulicos, los ingenieros requieren datos precisos sobre temperatura, precipitación, humedad relativa y otros factores climáticos. En nuestro país, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) se encarga de recolectar y suministrar esta información crucial. La exactitud y calidad de estos datos impactan directamente en la efectividad del diseño hidráulico y en la correcta gestión de los recursos hídricos.

Parámetros climatológicos

- Humedad relativa.
- Precipitación.
- Temperatura.

Sistema de riego por gravedad

Implica conducir una corriente de agua desde una fuente de suministro hacia los campos agrícolas, aprovechando la gravedad para distribuir el agua directamente sobre la superficie del suelo. Este método facilita la cobertura total o parcial del terreno, garantizando que las plantas reciban la cantidad necesaria de agua para su desarrollo.

Tipos de riego por gravedad:

- Riego por fajas.
- Riego por surcos.
- Riego por melgas.

Diagnóstico situacional

En el sector de Pacastiti, la ganadería es la principal actividad económica, seguida de la agricultura. Sin embargo, el canal actual se encuentra en mal estado, con vegetación que obstruye el flujo libre del agua. Esta situación reduce significativamente la rentabilidad de ambas actividades, afectando su eficiencia y producción.



Figura 3. Estado actual del canal del centro poblado de Pacastiti.

Método de riego

Los miembros de la Junta de Usuarios de Riego Ramis emplean un método de riego por gravedad. A lo largo del canal, se encuentran laterales contruidos con champas, piedras y plásticos, aunque no están ubicados estratégicamente. El sistema de riego se activa según un rol de riego preestablecido.



Figura 4. Toma lateral conformada por plásticos y champas.

Erosión

La erosión se mide evaluando la cantidad de material desplazado de las paredes o fondo del canal. Este proceso puede ser monitoreado mediante inspecciones periódicas y el análisis de los factores que contribuyen a la erosión, como la velocidad crítica del flujo y las características del suelo.

Método de medición:

- **Inspecciones visuales:** Identificar zonas erosionadas en el canal.



Figura 5. Daños debido a la erosión (para ello se limpió la vegetación).

Socavación

La socavación mide la profundidad de excavación causada por el flujo del agua, especialmente en curvas o estructuras. Se centra en la evaluación de los cambios en el fondo del canal.

Método de medición:

- **Perfilación del fondo del canal:** Uso de sondas para registrar las profundidades en diferentes puntos.



Figura 6. Se colocó una sonda en forma de estaca para poder medir la altura del material acumulado.

Disponibilidad del recurso hídrico

La Ley N.º 29338 de Recursos Hídricos, en su artículo 15 inciso 7, determina que la Autoridad Nacional del Agua (ANA) tiene la responsabilidad de conceder el derecho de uso del agua, tras un estudio técnico efectuado por sus organismos desconcentrados. Asimismo, el artículo 34 establece que el uso de recursos hídricos depende de su disponibilidad y debe realizarse eficientemente, respetando derechos de terceros según la ley. Así, al llevar a cabo un estudio, es crucial tener en cuenta y respetar los caudales y volúmenes de agua fijados por la ANA mediante sus resoluciones.

Resolución de disponibilidad hídrica-ANA

Según la Resolución Jefatural N°058 – 2018 – ANA, disponibilidad hídrica de una fuente de agua río cruce evaluada para riego, la cual satisface la demanda de agua en todos los meses del año, se aprobó la delimitación del bloque de riego ASILLO PROGRESO ORURILLO dentro de la comisión de usuarios subsector hidráulico Asillo Progreso, conformado por 1803 usuarios según el padrón con un área bajo riego de 2159.27 ha para aprovechar un volumen anual acumulado de hasta 30 242 568.57m³/año.

Tabla 4. Disponibilidad hídrica según R.J. N°058 – 2018 – ANA para el canal en estudio.

Dirección regional	Autoridad local de agua	Junta de usuarios	Comisión de regantes	Área total (ha)	N.º de usuarios	Predios	Volumen de agua otorgado (hm3/año)
PUNO	ALA	RAMIS	ASILLO PROGRESO	2159.27	1803	1803	30 242 568.57

Nota: Tomada de Resolución. Jefatural. N°058 – 2018 – ANA.

Se prevé beneficiar un área total de 53 hectáreas con un total de 70 usuarios. A continuación, en la tabla proporcionada, se detalla el número de usuarios beneficiarios y la distribución de los beneficios.

Tabla 5. Número de usuarios beneficiados

Dirección regional	Autoridad local de agua	Junta de usuarios	Comisión de regantes	Área total (ha)	N.º de usuarios	Predios	Volumen de agua otorgado (hm3/año)
PUNO	ALA	RAMIS	PACASTITI CENTRAL	53	70	70	742313.90

Nota: Tomada de Resolución. Jefatural. N°058 – 2018 – ANA

Hectáreas beneficiadas

El diagnóstico de este estudio se realiza en la zona de influencia correspondiente al centro poblado de Pacastiti, que abarca 70 usuarios responsables del manejo de 53 ha de cultivos permanentes y semipermanentes. Todos ellos utilizan el método de riego por gravedad para sus actividades agrícolas.

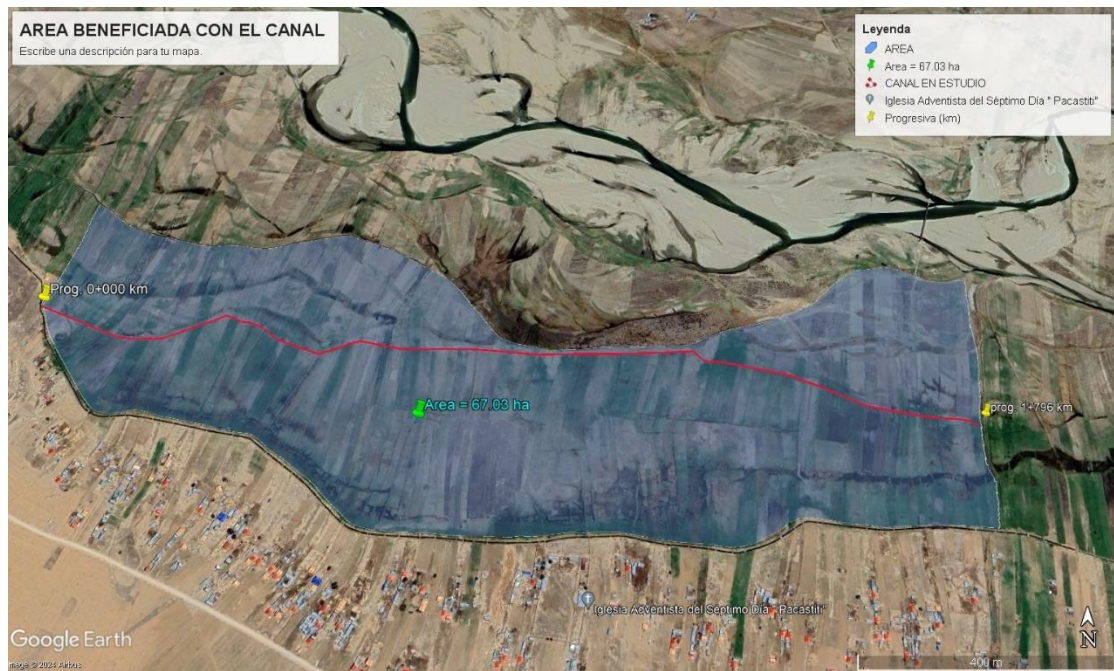


Figura 7. Delimitación del área beneficiada bajo riego

2.2.5. Estudio de mecánica de suelos

Clasificación de los suelos

Sistema AASHTO

Este sistema clasifica los suelos en siete categorías principales, de la A-1 a la A-7. Los suelos pertenecientes a los grupos A-1, A-2 y A-3 se consideran materiales granulares, donde no más del 35% de las partículas pasan a través del tamiz número 200. En contraste, los suelos de los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, donde más del 35% de las partículas atraviesan el tamiz número 200, están compuestos principalmente de lodo y arcilla. Esta clasificación se basa en criterios relacionados con el tamaño de grano y la plasticidad. (DAS, 2013, p. 78)

Tabla 6. Tabla para la clasificación de suelos según el método AASHTO

DIVISIÓN GENERAL		Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)						Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
GRUPO		A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7		
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6				A-2-7	A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤ 50											
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
Límite líquido				NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad		≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
ÍNDICE DE GRUPO		0	0	0	≤ 4			≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20		
TIPOLOGÍA		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos			
CALIDAD		EXCELENTE A BUENA					ACEPTABLE A MALA						

Nota: Tomado de Das (2013, p. 79).

Sistema SUCS

El sistema de clasificación de suelos se divide en dos categorías primarias: la primera categoría abarca los suelos de grano grueso, como grava y arena, en los cuales menos del 50% de las partículas atraviesan el tamiz número 200. Para estos suelos se emplean los símbolos "G" para grava y "S" para arena. La segunda categoría abarca suelos de grano fino, en los que el 50 % o más de las partículas atraviesan el tamiz número. 200. Estos suelos se designan como "M", para el limo inorgánico se utiliza "S", para la arcilla inorgánica se emplea "C", y "O" se asigna a los limos y arcillas orgánicas. Además, "Pt" simboliza la turba, el lodo y otros suelos ricos en materia orgánica (DAS, 2013, p. 82).

Tabla 7. Clasificación de suelos por el método SUCS

Tabla 4.2 Sistema unificado de clasificación de suelo (basado en el material que pasa por el tamiz núm. 75)

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas			
	Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos ^a	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$ $C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GW GP
		Gravas con finos Más de 12% finos ^{a,d}	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GM GC
	Arenas			
	50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos ^b	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$ $C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SW SP
		Arenas con finos Más de 12% finos ^{b,d}	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SM SC
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) ^e $PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) ^e	CL ML
	Límite líquido menor que 50	Orgánico	Límite líquido: secado Límite líquido: no secado	OL
			< 0.75 ; vea la figura 4.2; zona OL	
	Limos y arcillas	Inorgánico	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2) Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)	CH MH
	Límite líquido 50 o más	Orgánico	Límite líquido: secado Límite líquido: no secado	OH
			< 0.75 ; vea la figura 4.2; zona OH	
Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico			Pt

^aGravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.
^bArenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.
^c $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$
^dSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.
^eSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

Nota: Tomado de DAS (2013, p. 83).

2.2.5.1. Ensayos de laboratorio

- **Análisis granulométrico por tamizado (MTC E-107/ASTM D-422, C-117 AASHTO T-27 T-88)**

El análisis del tamaño de partículas, o granulometría, es esencial para determinar la distribución de los tamaños de partículas en un suelo, representada como un porcentaje de la masa seca total. Este proceso se realiza principalmente mediante dos métodos: el análisis por tamizado y el análisis hidrométrico. El tamizado es adecuado para partículas con diámetros mayores a 0.075 mm, utilizando una malla N° 200. En contraste, el análisis hidrométrico se emplea para partículas menores a 0.075 mm. Los números estándar de tamiz y los tamaños de las aberturas se especifican en la Tabla 6, y proporcionan una guía detallada para ambos métodos.

Tabla 8. Tamaños estándar de tamices

Tamiz núm.	Abertura (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053

Nota: Tomada de DAS (2013, p. 34).

- **Contenido de humedad (MTC E-108/ASTM D 2216)**

Este método operativo mide el contenido de agua en el suelo evaporando el agua por secado. El terreno mojado se calienta en un horno a 110 ± 5 °C hasta obtener un peso estable. El peso del suelo secado se utiliza para determinar el peso de las partículas sólidas. La variación de peso antes y después del secado se toma como la cantidad de agua perdida (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2016 pág. 49).

Se determina por la siguiente fórmula:

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \quad (11)$$

Donde:

W = Contenido de humedad (%).

Ms = peso de las partículas sólidas (gr).

Mcs = peso del contenedor más el suelo secado al horno (gr).

Mw = peso del agua (gr).

Mcws = peso del contenedor más el suelo húmedo (gr).

Mc = peso del contenedor (gr).

- **Determinación de límite líquido**

Para determinar el límite líquido, hay que correlacionar la humedad con los golpes en la copa de Casagrande a través de un gráfico semilogarítmico. En este gráfico, la humedad aparece en la escala vertical aritmética y el número de golpes en la escala horizontal logarítmica. Con los puntos obtenidos, se dibuja una línea recta que se acomode a los datos. El límite líquido del suelo se determina al leer el contenido de humedad en el punto donde la línea intercepta la abscisa correspondiente a 25 golpes. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2016, p. 67)

- **Determinación del límite plástico**

El límite plástico (L.P) se define como la cantidad mínima de humedad requerida para moldear un suelo en cilindros de aproximadamente 3.2 mm (1/8”) de diámetro. Esto se logra al amasar el suelo entre la mano y una superficie lisa, como el vidrio esmerilado, sin que el suelo se rompa. Este ensayo es vital en ingeniería para clasificar suelos, permitiendo caracterizar fracciones finas y evaluar su comportamiento en condiciones de humedad específicas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2016, p. 72).

$$L.P = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso del suelo secado al horno}} \times 100 \quad (12)$$

$$I.P = L.L. - L.P \quad (13)$$

L.L.=Limite líquido.

L.P.= Limite plástico.

- **Corte directo (NORMA ASTM-D3080)**

Se lleva a cabo el ensayo de corte directo para provocar una falla en una muestra de suelo aplicando dos tipos de esfuerzos. En primer lugar, se ejerce una carga vertical como esfuerzo normal, reproduciendo las condiciones de presión que enfrenta la muestra en su entorno natural. Simultáneamente, se ejerce un esfuerzo cortante con una carga horizontal. Los

resultados de ambos esfuerzos ayudan a crear un plano de ejes coordenados, desde el cual se obtienen los valores de cohesión y ángulo de fricción del suelo.

2.2.6. Diseño hidráulico de canales

2.2.6.1. Diseño de sección hidráulica

En el diseño de la sección hidráulica de un canal, es fundamental considerar varios factores clave, incluyendo tipo de material del canal y coeficiente de rugosidad, las velocidades límite, pendiente del canal y el talud. Estos factores garantizan que el canal opere de manera eficiente y preserve la estabilidad. La fórmula más común para este objetivo es la ecuación de Manning o Strickler, que se presenta así:

$$Q = \frac{AR^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (14)$$

Donde:

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

$$A = \text{Área de la sección en } m^2.$$

$$R = \text{Radio hidráulico en } m.$$

$$S = \text{Pendiente.}$$

$$n = \text{Coeficiente de rugosidad.}$$

2.2.6.2. Ecuación de la energía o ecuación de Bernoulli

En cualquier línea de corriente que cruza una sección de un canal, la energía total se compone de tres elementos: energía de posición (potencial), energía de presión y energía de velocidad (cinética). La energía total en un punto se calcula como la suma de estos componentes: energía Total = energía potencial + energía de presión + energía cinética. (Villón, 2007).

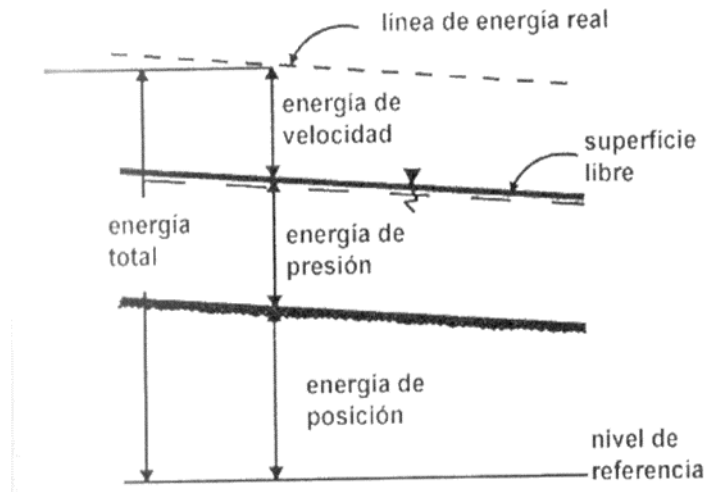


Figura 8. Energía total de una sección de un canal. Tomado de Villón (2007, p. 51).

$$E = Z + y + \alpha \frac{v^2}{2g} = cte \quad (15)$$

Donde:

g = aceleración de la gravedad.

v =velocidad media que lleva el flujo en esta sección.

Z =energía de posición o elevación.

E =energía total en la sección.

α =coeficiente de Coriolis para la sección.

y =energía de presión.

En la fórmula de velocidad, “ α ” se denomina coeficiente de Coriolis. Este coeficiente oscila entre 1.03 y 1.36 para canales prismáticos. Sin embargo, en la práctica, suele ser despreciado y se toma como 1 para simplificar los cálculos. (Villón, 2007).

2.2.6.3. Tipos de flujos

Según el Manual de Diseño Hidráulico de Canales y Obras de Arte (1997), un flujo se considera permanente cuando el tirante, el área húmeda y otras características permanecen constantes en el tiempo. En contraste, un flujo es no permanente si estas condiciones no se mantienen. Un flujo es constante si el tirante y la velocidad permanecen iguales a lo largo de

ningún tramo del canal (es decir, en el espacio o longitud). Si estas variables cambian, se trata de un flujo no uniforme.



Figura 9. Esquematzación de los tipos de flujos en canales (Villón, 2007).

2.2.6.4. Efecto de la gravedad

Respecto al impacto de la gravedad, el flujo se divide en crítico, subcrítico y supercrítico. Este comportamiento se analiza mediante el número de Froude (F), que compara las fuerzas inerciales relacionadas con la velocidad y las fuerzas gravitacionales. Los distintos regímenes de flujo se definen según la relación de estos factores.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gA/T}} \quad (16)$$

Donde:

v = velocidad media de la sección, en m/s.

g = aceleración de la gravedad en m/s^2 .

A = área hidráulica.

T = espejo de agua.

A/T = profundidad media.

Según el número de Froude, el flujo puede clasificarse de la siguiente manera:

Flujo subcrítico ($F < 1$): aquí la gravedad domina a la inercia causando un flujo sereno y pausado. La baja velocidad del flujo permite que cualquier singularidad o irregularidad influya en las condiciones aguas arriba.

Flujo crítico ($F = 1$): aquí las fuerzas de inercia y de gravedad están en equilibrio. El flujo se encuentra en un estado de transición, donde ni una fuerza ni la otra domina claramente.

Flujo supercrítico ($F > 1$): en este caso, las fuerzas de inercia predominan sobre las gravitatorias, generando un flujo rápido y torrencioso. Cualquier irregularidad en el canal influye en las condiciones aguas abajo.

2.2.6.5. Clasificación de los canales

a) Canales según su función.

- Canales sub-laterales: el caudal que ingresa a ellos es repartido hacia las propiedades individuales a través de las tomas de cada sector.
- Canales laterales: son los que emergen del canal principal. El flujo que entra a ellos se distribuye hacia los sub-laterales.
- Canal madre ó de derivación: es la vía que transporta el agua desde la toma hasta el lugar de distribución.

b) Canales de acuerdo a su origen:

- Artificiales: son construidos por el hombre.
- Naturales: son cursos de agua formados naturalmente como resultado del escurrimiento de las precipitaciones.

2.2.6.6. Caudal

Para diseñar canales, es fundamental determinar el caudal (Q) que proviene de una fuente de agua, vinculado con la disponibilidad de recursos hídricos. Este caudal, calculado según el módulo de riego (m^3/s), es un dato inicial crucial. Si el canal sirve para drenar excedentes de aguas de lluvia, el caudal de diseño se define según las directrices hidrológicas (Villón, 2007).

2.2.6.7. Cálculo del caudal por el método flotador

Este método se emplea cuando no se dispone de equipos de medición. Consiste en utilizar un flotador para determinar la velocidad del agua en la superficie. Cualquier objeto pequeño que flote, como un corcho, un fragmento de madera o una botella lastrada, puede servir. Este procedimiento se aplica en las siguientes situaciones:

- Cuando la integridad del correntómetro está en riesgo.

- En ausencia de un correntómetro.
- Cuando la seguridad de la persona que realiza el aforo está comprometida.
- Presencia constante de cuerpos extraños en el curso del agua, lo que dificulta el uso del correntómetro.
- Excesiva velocidad del agua que hace impracticable el uso del correntómetro.

Para el cálculo de velocidad por el método del flotador se utiliza la siguiente fórmula

$$v = l/t \quad (17)$$

Donde:

v= velocidad del agua (m/s).

l= longitud entre el punto A y B (m).

t= tiempo recorrido del espacio por el flotador (seg).

$$Q = Fc \times A \times V \quad (18)$$

Tabla 9. Determinación de factor de corrección Fc para cálculo de caudales por el método del flotador.

TIPO DE CAUCE	FACTOR DE CORRECCIÓN Fc
Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15	0.8
Canal en Tierra, profundidad del agua > 15 cm	0.7
Riachuelos profundidad del agua > 15 cm	0.5
Canales de tierra profundidad del agua < 15 cm.	0.25-0.5

Nota: Tomado del manual Ministerio de Agricultura y Riego-DGIAR (2015, p. 3).

2.2.6.8. Sección hidráulica óptima

En la Tabla 10 se presenta un resumen de las secciones hidráulicas geométricas óptimas para seis secciones, según (Chow, 2004). Desde un enfoque hidráulico, la sección con menor

perímetro mojado para un área dada tiene la máxima eficiencia, siendo llamada sección hidráulica óptima. Entre las secciones, el semicírculo presenta el menor perímetro mojado para un área específica, lo que lo hace hidráulicamente más eficiente; sin embargo, en ocasiones no es la opción más práctica debido a problemas de construcción, material y costo.

En términos generales, el diseño de la sección de un canal debe enfocarse en alcanzar la máxima eficiencia posible. Sin embargo, este diseño debe ajustarse para considerar aspectos constructivos, como la facilidad de construcción, mantenimiento y adaptación a las condiciones locales del terreno.

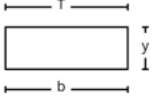
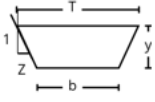
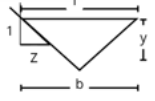
Tabla 10. Secciones hidráulicas óptimas

Sección transversal	Área A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Ancho superficial T	Profundidad hidráulica D	Factor de sección Z
Trapezio, medio hexágono	$\sqrt{3} y^2$	$2 \sqrt{3} y$	$\frac{1}{2} y$	$\frac{4}{3} \sqrt{3} y$	$\frac{3}{4} y$	$\frac{3}{2} y^{2.5}$
Rectángulo, medio cuadrado	$2y^2$	$4y$	$\frac{1}{2} y$	$2y$	y	$2y^{2.5}$
Triángulo, medio cuadrado	y^2	$2 \sqrt{2} y$	$\frac{1}{4} \sqrt{2} y$	$2y$	$\frac{1}{2} y$	$\frac{\sqrt{2}}{2} y^{2.5}$
Semicírculo	$\frac{\pi}{2} y^2$	πy	$\frac{1}{2} y$	$2y$	$\frac{\pi}{4} y$	$\frac{\pi}{4} y^{2.5}$
Parábola $T = 2 \sqrt{2} y$	$\frac{4}{3} \sqrt{2} y^2$	$\frac{8}{3} \sqrt{2} y$	$\frac{1}{2} y$	$2 \sqrt{2} y$	$\frac{2}{3} y$	$\frac{8}{9} \sqrt{3} y^{2.5}$
Catenaria hidrostática	$1.39586y^2$	$2.9836y$	$0.46784y$	$1.917532y$	$0.72795y$	$1.19093y^{2.5}$

Nota: Tomada de (Chow, 2004, p. 158).

En la Tabla 11 se presenta un resumen de las relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes.

Tabla 11. Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes

Sección	Área hidráulica A	Perímetro Mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b
 Trapezoidal	$(b + Zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$	$\frac{(b+2y)y}{b+2y\sqrt{1+Z^2}}$	$b + 2Zy$
 Triangular	Zy^2	$2y\sqrt{1 + Z^2}$	$\frac{Zy}{2\sqrt{1+Z^2}}$	$2Zy$
 Circular	$\frac{1}{8}(\theta - \text{sen}\theta)D^2$	$\frac{1}{2}\theta D$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}\right)D$	$\left(\text{sen}\frac{1}{2}\theta\right)D$ $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2}{3T^2+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Nota: tomada de Villón (2007, p. 36).

2.2.6.9. Máxima eficiencia hidráulica

Un canal logra su máxima eficiencia hidráulica cuando, manteniendo la misma área de sección transversal y pendiente, es capaz de transportar el caudal máximo. Esto ocurre cuando el perímetro mojado es el mínimo requerido para esa área (Autoridad Nacional del Agua, 2010). La fórmula que determina la sección con mayor eficiencia hidráulica es:

$$\frac{b}{y} = 2\text{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (19)$$

Donde:

b = Ancho del fondo del canal

y = Tirante

θ = Ángulo de inclinación talud

Entre todas las secciones trapezoidales la más efectiva es la que tiene un ángulo teta de 60 grados con la horizontal; además, se debe cumplir lo siguiente para maximizar la eficiencia:

$$R=Y/2 \quad (20)$$

Donde:

R= radio hidráulico.

Y= tirante del canal.

Es fundamental señalar que no siempre resulta viable diseñar un canal cumpliendo de manera estricta las tres condiciones previamente mencionadas. En la práctica, diversos factores locales suelen influir, determinando un diseño adaptado a las particularidades de cada caso.

2.2.6.10. Velocidades

En un canal, la velocidad promedio debe mantenerse dentro de un rango delimitado por dos valores: la velocidad mínima necesaria para impedir la acumulación de sedimentos y la velocidad máxima permitida para evitar la erosión del fondo del canal (Villón, 2007).

En un canal, la velocidad media se sitúa dentro de los siguientes intervalos:

- **Velocidad mínima permisible**

Calcular la velocidad del flujo es esencial para diseñar un canal, dado que velocidades bajas pueden provocar acumulación de sedimentos. La Autoridad Nacional del Agua (2010) sugiere una velocidad mínima de 0.8 m/s para prevenir la sedimentación y evitar el crecimiento de vegetación en el canal.

- **Velocidad máxima admisible**

La velocidad máxima del agua necesaria para prevenir la erosión dependerá de las características del terreno.

Tabla 12. Velocidades máximas recomendadas en función de las características de los suelos

Características de los suelos	Velocidades máximas (m/s)
Canales en tierra franca	0,60
Canales en tierra arcillosa	0,90
Canales revestidos con piedra y mezcla simple	1,00
Canales con mampostería de piedra y concreto	2,00
Canales revestidos con concreto	3,00
Canales en roca:	
Pizarra	1,25
Areniscas consolidadas	1,50
Roca dura, granito, etc.	3 a 5

Nota: Tomado de Villón, (2007, p. 135).

2.2.6.11. Pendientes (s)

La inclinación del suelo del canal es la rasante y varía con el revestimiento. Será la máxima sin provocar erosión en las velocidades.

Tabla 13. Pendientes laterales de canales en varios suelos.

Tipo de suelo	Pendiente (s) (‰)
Suelos sueltos	0,5-1,0
Suelos francos	1,5-2,5
Suelos arcillosos	3,00-4,5

Nota: Tomado de Villón, (2007 p. 135).

2.2.6.12. Talud

La inclinación de las paredes laterales de un canal depende de varios factores específicos de cada caso, especialmente del tipo de terreno en el que se encuentran. A medida que el material es más inestable, el ángulo de inclinación de los taludes debe ser menor (VILLÓN, 2007). La Tabla 7 presenta los valores recomendados para diferentes tipos de terreno.

Tabla 14. Taludes recomendados en función del material Talud Z:1 (horizontal – vertical)

Características de los suelos	Canales poco profundos	Canales profundos
Roca con buenas condiciones	vertical	0,25:1
Arcillas compactas o conglomerados	0,5:1	1:1
Limos arcillosos	1:1	1,5:1
Limoso – arenosos	1,5:1	2:1
Arenas sueltas	2:1	3:1

Nota: Hidráulica de canales. De Villón (2007).

2.2.6.13. Coeficiente de rugosidad

Según la Tabla 15, los valores del coeficiente de rugosidad para canales de concreto revestido oscilan entre 0.014 y 0.016. Para este caso particular, se ha tomado una rugosidad de $n = 0.014$ para los canales recubiertos de concreto.

Tabla 15. : Valores de Coeficiente de Rugosidad “n” de Manning

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería hierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013*	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013
Acueductos de tablón:				
Labrado	0.010	0.012*	0.013	0.014
Sin labrar	0.011	0.013*	0.014	0.015
Con astillas	0.012	0.015*	0.016	
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
Acueductos semicirculares metálicos, lisos	0.011	0.012	0.013	0.015

Nota: Tomado de Villón (2007, p. 72).

2.2.6.14. Borde libre

Al diseñar un canal, es crucial agregar un margen de seguridad para evitar desbordamientos por inundaciones repentinas. Este margen de seguridad se logra elevando la altura del canal por encima del nivel del agua, conocido como borde libre. El borde libre proporciona una protección adicional, asegurando que el canal pueda manejar flujos inesperados sin riesgo de desbordamiento.

La Autoridad Nacional del Agua (2010) ofrece valores sugeridos para el borde libre, según el caudal y el tipo de cobertura, como indica la Tabla 16. Estos valores aseguran la seguridad hidráulica.

Tabla 16. Borde libre en función del caudal

GASTO m³/seg.	REVESTIDO (cm)	SIN REVESTIR (cm)
<0.05	7.50	10.00
0.05-0.25	10.00	20.00
0.25-0.50	20.00	40.00
0.50-1.00	25.00	50.00
>1.00	30.00	60.00

Nota: Tomado de Autoridad Nacional del Agua (2010).

2.2.6.15. Ancho de solera

El ancho de solera, que constituye la base del canal diseñado para conducir el agua, se calculó utilizando los siguientes pasos: primero se aplicó la fórmula de máxima eficiencia hidráulica (MEH) y se despejó el ancho de solera en función del tirante. Posteriormente, se utilizó la ecuación de Manning para determinar el tirante, que finalmente se reemplazó en la ecuación para obtener la base.

2.2.6.16. Espesor de revestimiento

Para canales pequeños y medianos, se recomienda un espesor de 5 a 7.7 cm, mientras que, para canales medianos y grandes, se sugiere un espesor de 10 a 15 cm, siempre que se diseñen sin armadura. Estas especificaciones garantizan la durabilidad y eficiencia del canal (Autoridad Nacional del Agua, 2010).

2.2.6.17. Junta

En los canales revestidos existen juntas transversales y longitudinales de contracción.

- **Junta transversal de contracción:**

Se utilizan estas juntas para evitar fisuras en el concreto causadas por su contracción al fraguar, así como por variaciones de volumen debido a cambios en temperatura o

humedad. Según la Tabla 17, se recomiendan los intervalos entre juntas en función del espesor del concreto, lo que garantiza su durabilidad y eficacia.

Tabla 17. Espesores y distancias de las juntas de contracción

Espesor	Distancia entre juntas
2.0-2.5 pulg.	10 pies.
5.0-6.5 cm	3.00 m
3.0-4.0 pulg.	12-15 pies.
7.5-10 cm	3.50-4.50 m

Nota: Tomado de Davis, C.V. (Handbook of applied hidráulics).

Las juntas de contracción se construyen con espaciamentos entre 20 a 100 veces el espesor, mediante ranuras transversales de profundidad igual a la cuarta parte del espesor del revestimiento, las cuales por el calor del fraguado se agrietan y después se rellenan con material impermeabilizante y flexible (Sotelo, 2002, p. 744).

2.2.6.18. Radios mínimos en canales

En el diseño de canales, es crucial abordar los cambios abruptos en la dirección del canal, reemplazándolos por curvas adecuadas. El radio de estas curvas no debe ser excesivo, por lo que se debe seleccionar un radio mínimo adecuado. Una desventaja de utilizar radios grandes es el incremento en el costo del proyecto debido a la mayor longitud o desarrollo necesario (Garcia, 1997).

Tabla 18. Radio Mínimo en canales abiertos para $Q < 20 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Capacidad del canal (m³/s)	Radio mínimo (m)
20	100
15	80
10	60
5	20
1	10
0.5	5

Nota: Tomado de Ministerio de Agricultura y Alimentación (1978).

Tabla 19. Radio mínimo en canales abiertos en función del espejo de agua

Canal de riego		Canal de drenaje	
Tipo	Radio	Tipo	Radio
Sub- canal	4T	Colector principal	5T
Lateral	3T	Colector	5T
Sub- lateral	3T	Sub- colector	5T
Siendo T el ancho superior de espejo de agua			

Nota: Tomado de BH (1984).

Con estas tablas, el diseñador puede seleccionar el radio mínimo que mejor se ajuste a sus necesidades y criterios específicos.

2.2.7. Diseño hidráulico de obras de arte

2.2.7.1. Tomas laterales

Las tomas laterales son componentes fundamentales en los sistemas de riego, ya que permiten desviar el agua del canal principal hacia canales secundarios y terciarios, lo que optimiza su distribución. Además, son cruciales para medir y ajustar el caudal dirigido a estos canales laterales. Normalmente, se instalan compuertas cuadradas en esta toma para regular el flujo de manera exacta y eficiente.

2.2.7.2. Caída vertical

Las caídas son estructuras hidráulicas diseñadas para salvar desniveles de hasta 1 metro, conectando dos tramos de un canal con diferente elevación. Su función principal es permitir que el agua descienda de un tramo superior a uno inferior, disipando la energía cinética generada por la caída. Además, una caída vertical puede servir para medir el caudal que pasa sobre ella, siempre que se instale un vertedero calibrado. Esto asegura un control preciso y eficaz del flujo, esencial para la gestión y regulación en sistemas de riego y drenaje.

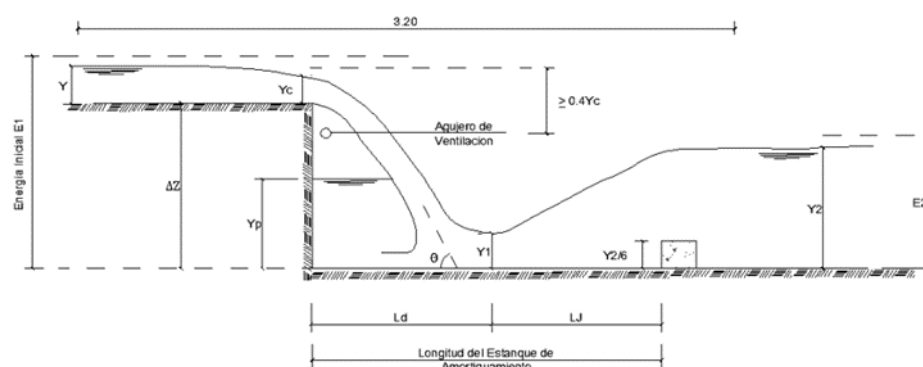


Figura 10. Características de la caída vertical. Tomado de (Autoridad Nacional del Agua 2010).

2.2.7.3. Retenciones

Para garantizar el funcionamiento adecuado de la toma lateral, es crucial mantener la altura de los tirantes en el canal. La implementación de estructuras de retención es esencial para controlar el nivel del agua y asegurar un flujo constante y uniforme hacia la toma lateral. Esto previene la variación en el caudal y optimiza la eficiencia del sistema hidráulico.

Las retenciones constan de las siguientes partes:

- Transición de entrada:
- Cuerpo de la retención: consta de una sección central móvil hecha de tablonos o compuertas y una parte fija o vertederos. Para caudales menores de $2\text{m}^3/\text{s}$, la parte móvil puede consistir en tablonos y compuertas para caudales mayores a $2\text{m}^3/\text{s}$.
- Transición de salida:

El flujo máximo sobre la cresta se determina con la fórmula:

$$Q = CLH^{3/2} \quad (21)$$

Donde:

L= ancho medio de la cresta vertedora

$$L = \frac{L_1 + L_2}{2} \quad (22)$$

H = 80% del borde libre

C = coeficiente de gasto. Se obtiene de la tabla 20.

Tabla 20. valores de C para el cálculo de retenciones

H Y	0.06	0.15	0.3	0.46	0.61	0.91	1.22	1.52
0.15	1.97	2.08	2.66	2.44	2.45	2.59	2.71	2.81
0.3	0.92	1.94	2.04	2.15	2.25	2.42	2.44	2.51
0.61	1.91	1.89	1.93	1.99	2.04	2.14	2.23	2.32
0.91	1.9	1.87	1.89	1.92	1.96	2.03	2.1	2.17
1.52	1.9	1.86	1.86	1.87	1.89	1.94	1.98	2.03
3.05	1.9	1.85	1.84	1.84	1.84	1.86	1.88	1.91

Nota: Tomado del Manual de Diseño Hidráulico de Canales y Obras de Arte (1997, p. 225).

2.2.8. Modelamiento hidráulico con HEC-RAS

Según Torres (2017), HEC-RAS es una herramienta de simulación hidráulica unidimensional que permite al usuario interactuar mediante gráficos. Emplea el método estándar para resolver el flujo constante con variaciones graduales, determinando los niveles de agua en cada segmento. Es crucial comprender las secciones, su división, el coeficiente de Manning por tramo, los flujos de diseño y los límites. Para el flujo subcrítico, se requiere saber la sección aguas abajo; para el flujo supercrítico, la sección aguas arriba. HEC-RAS realiza tres clases de análisis: modelación de flujo uniforme para determinar el perfil, modelación de flujo variable y modelación de sedimentos.

2.2.9. Pérdidas

En los canales, la rugosidad de las paredes y la velocidad del flujo del agua son factores que influyen en las pérdidas de energía por fricción. A mayor velocidad del flujo, se forman ondulaciones en la superficie del agua, lo que aumenta la turbulencia y las pérdidas de energía.

Pérdidas debido a fricción

En los canales, el concepto de pérdida de energía es análogo al aplicado en los conductos a presión, lo que indica que también se producen pérdidas por fricción y efectos locales. En el caso de un fluido real, estas pérdidas oscilan entre 1 y 2. Sin embargo, no se trata propiamente de energía desaparecida, sino de energía convertida en calor como consecuencia de la fricción (Villón, 2007).

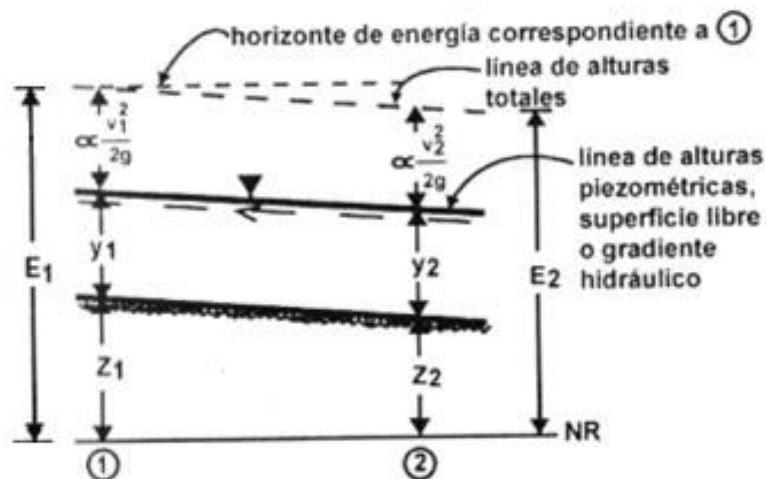


Figura 11. Pérdidas de energía entre 1 y 2

$$Z_1 + y_1 + \alpha \frac{v_1^2}{2g} \quad (23)$$

En este caso, las ecuaciones de energía correspondiente a los tramos 1 y 2 se ilustran en las figuras y se expresan de la siguiente manera:

$$Z_1 + y_1 + \alpha \frac{v_1^2}{2g} = Z + y + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + hf_{1-2} \quad (24)$$

O bien.

$$E_1 = E_2 + h_{f1-2} \quad (25)$$

$$h_f = f \times \frac{L \times V^2}{D \times 2 \times g} \quad (26)$$

Donde:

h_f : es la pérdida debido a la fricción.

L: es la longitud de la corriente.

D: es el diámetro del conducto

V: es la velocidad de flujo promedio.

F: es el factor de fricción.

La disipación de energía debido a la fricción en un flujo estable y uniforme, ya sea en tuberías o canales. Se calcula utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach, expresada en función del radio hidráulico (Chereque, 1993).

$$\begin{aligned} h_f &= f * \frac{L * V^2}{4R * 2g} \\ V^2 &= \frac{8g * h_f}{f * L} * R \\ V &= \sqrt{\frac{8g}{f} * \sqrt{R * S}} \end{aligned} \quad (27)$$

Coeficiente de Darcy-Weisbach

$$C = \sqrt{\frac{8g}{f}} \quad (28)$$

$$V = C \sqrt{R * S} \quad (29)$$

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

El proceso comenzó evaluando el estado actual del canal. Se realizaron mediciones al canal, levantamiento topográfico, estudio hidrológico y estudio de mecánica de suelos. Finalmente, se llevaron a cabo cálculos hidráulicos para diseñar el canal con la mayor eficiencia hidráulica.

3.1. Método, tipo o alcance de la investigación

3.1.1. Método de investigación

Para desarrollar la investigación, se empleó el **método científico**, el cual permite abordar problemas de manera sistemática y rigurosa, asegurando la validez de los resultados, así como el control experimental según (Kerlinger & Lee, 2002).

Además, se utilizaron los métodos inductivo y descriptivo: el primero para generalizar conclusiones a partir de datos específicos recolectados, y el segundo para describir detalladamente la información tal como es observada.

3.1.2. Tipo de investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, analiza fenómenos observables susceptibles de medición y análisis estadístico o matemático. Se clasifica como aplicativa y se desarrolla bajo un nivel **descriptivo-explicativo**, ya que describe las características relevantes del terreno, el suelo y otros factores, y explica los fundamentos técnicos y cálculos que sustentan el diseño del canal de riego (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

3.1.3. Diseño de la investigación

La investigación tiene un diseño **NO EXPERIMENTAL** y de tipo **TRANSECCIONAL O TRANSVERSAL**, porque los datos se recolectan en un solo momento.

3.2. Población y muestra.

3.2.1. Población

Población: está representada por el canal de riego del centro poblado de Pacastiti.



Figura 12. Imagen satelital del canal madre o de derivación. Tomada de Google Earth

3.2.2. Muestra

Muestra: Progresiva 0+000 – 1+796 km del canal de lateral.



Figura 13. Imagen satelital del canal lateral. Tomada de Google Earth.

3.3. Técnicas y fuentes de la investigación.

3.3.1. Técnicas

Las técnicas a utilizar serán: observación directa, levantamiento topográfico, estudio de mecánica de suelos, estudio hidrológico, diseño del canal. Se deben comprobar las dimensiones de las secciones geométricas de canal con el *software* H CANALES, el modelamiento con el *software* HEC-RAS, la comprobación del funcionamiento de las obras de arte con el *software* RAPIDAS V1.0, el análisis documental desde internet y las imágenes satelitales con Google Earth Pro.

3.3.2. Fuentes

3.3.2.1. Fuente primaria

El proyecto se realizará mediante observación directa, recolectando datos insitu, del canal de estudio.

- Levantamiento topográfico.
- Perfil estratigráfico.
- Calicata.
- Medidas del canal.
- Velocidad.
- Caudal.

3.3.2.2. Fuente secundaria

Se obtendrá información necesaria requerida de libros, guías, y revistas.

- Guía de normas para el diseño de proyectos hidráulicos (ANA).
- Principios de Ingeniería Geotécnica, 4ta edición, Lima – Perú. Braja M. Das (2014).
- Hidráulica de canales, segunda edición, Lima-Perú, Máximo Villón Béjar (2007)
- Hidráulica de canales abiertos VEN TE CHOW.
- Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

Para los cálculos hidráulicos es necesario contar con los siguientes análisis y resultados.

4.1.1. Estudio topográfico

Se llevó a cabo el levantamiento topográfico y planimétrico del canal en el centro poblado de Pacastiti. El análisis topográfico reveló que la longitud del canal proyectado es de 1+796 km y que el terreno es predominantemente llano, sin desniveles significativos. Con esta información, se graficó el perfil longitudinal utilizando escalas de H: 1/2000 y V: 1/200, estableciendo una pendiente del 0.2 %. Se tomaron secciones transversales cada 20 m, registrando datos como las elevaciones del fondo del canal y las propiedades geométricas de la sección. Estos datos permitieron graficar cada sección y calcular las cantidades de material de excavación y terraplén necesarios.



Figura 14. En la imagen se puede apreciar el levantamiento topográfico realizado en campo.

4.1.2. Estudio hidrológico

Oferta de Agua Río Crucero (lo que da a disposición el río)

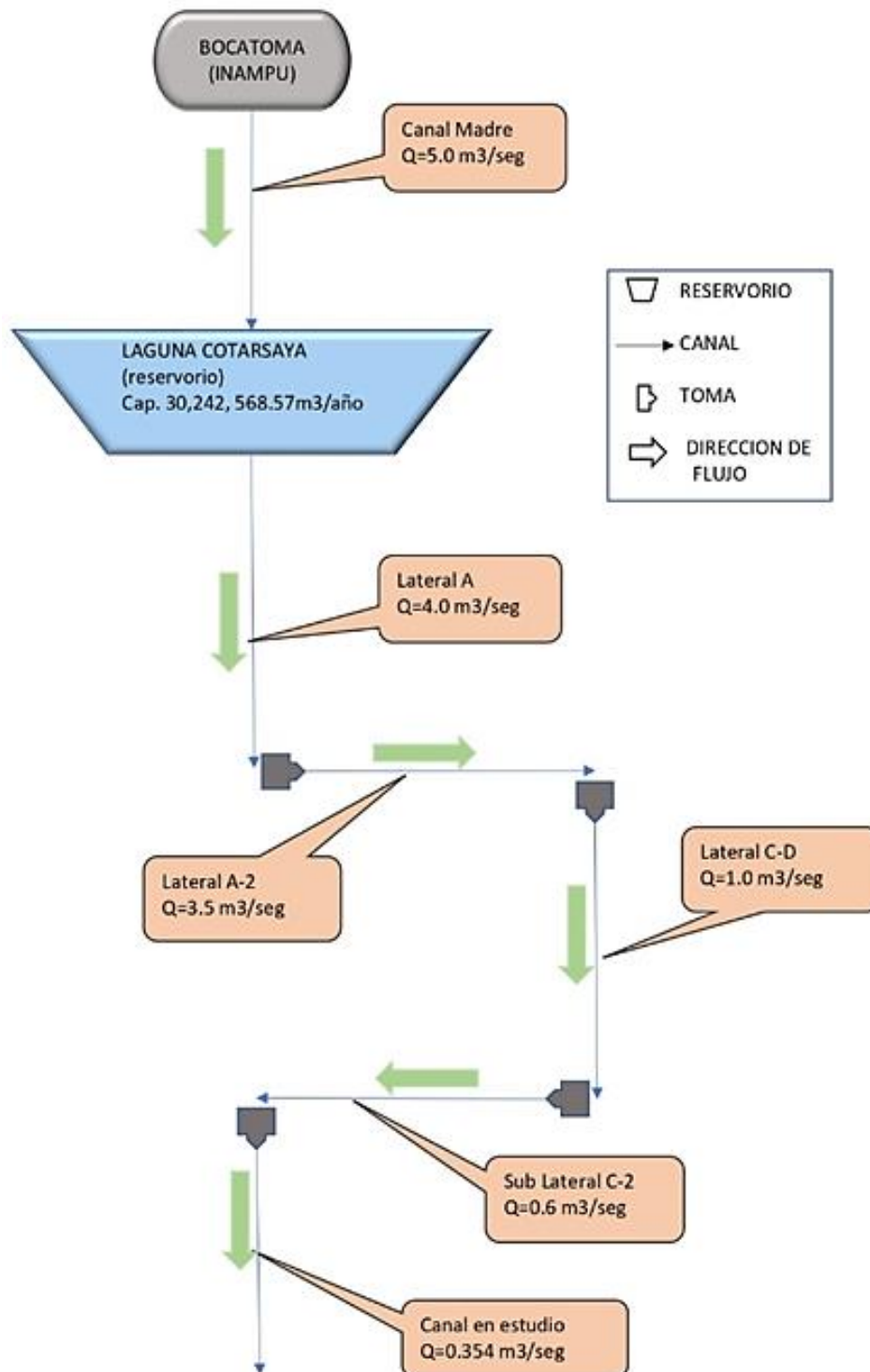


Figura 15. Oferta de Agua Río Crucero

Estación : PROGRESO - COD.-114040 , Tipo Convencional - Meteorológica (Datos Precipitación)												
Departamento :	PUNO			Provincia : AZANGARO			Distrito : ASILLO					
Latitud :	14° 40' 18.1" S			Longitud : 70° 22' 4.1" W			Altitud : 3925 m.s.n.m.					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2004	240.40	160.20	61.80	42.11	7.40	0.00	4.80	22.80	40.60	13.00	53.80	118.80
2005	52.50	200.80	54.70	35.40	0.50	0.00	1.20	2.80	3.80	75.90	62.20	86.40
2006	146.40	46.90	64.60	50.50	0.00	2.10	0.00	3.90	21.26	42.90	63.60	79.50
2007	130.20	58.10	152.60	60.50	14.40	0.60	0.50	0.00	25.80	19.40	75.40	53.60
2008	130.30	73.00	52.40	4.60	6.20	0.00	0.00	0.00	7.60	49.60	26.50	155.60
2009	112.10	90.90	59.70	15.30	5.20	0.00	4.60	0.80	9.20	19.20	111.80	104.60
2010	153.80	118.80	71.60	40.80	8.60	0.00	0.00	2.60	0.00	24.80	8.60	121.20
2011	93.20	162.20	130.80	51.20	2.10	0.00	6.20	11.00	61.20	59.20	37.60	108.40
2012	137.60	159.40	109.20	25.20	9.60	0.00	0.00	0.00	14.60	9.60	29.00	172.00
2013	135.60	180.80	123.20	43.60	8.00	2.40	2.90	4.20	8.20	81.40	33.60	123.70
2014	103.50	136.40	102.30	19.20	1.20	0.00	0.00	13.60	56.60	51.60	26.20	134.50
2015	180.40	91.00	73.90	58.80	12.40	6.60	0.00	9.20	31.40	42.06	65.30	153.80
2016	98.60	210.60	31.40	84.00	2.80	1.20	10.60	14.80	11.20	53.00	44.40	89.60
2017	109.40	79.20	105.00	112.80	36.10	0.00	3.60	0.40	55.40	46.30	37.70	64.90
2018	79.20	130.20	110.30	18.00	6.20	16.80	21.50	18.60	14.40	92.90	61.00	58.20
2019	109.90	92.70	101.00	47.40	19.80	0.40	0.50	0.00	4.60	51.80	107.30	130.60
2020	169.80	145.60	102.60	15.80	16.00	0.00	0.00	6.40	7.20	62.20	58.09	110.72
2021	123.48	153.90	156.20	63.60	9.20	0.00	0.00	0.00	11.30	36.50	133.00	177.50
2022	117.00	130.20	120.80	35.20	0.60	2.00	0.00	5.10	18.40	0.00	1.20	26.00
2023	46.20	101.20	102.10	18.20	33.30	0.00	1.10	1.40	22.50	9.90	125.60	144.70
PROM	123.48	126.11	94.31	42.11	9.98	1.61	2.88	5.88	21.26	42.06	58.09	110.72

FUENTE: SENAMHI

Figura 16. Cálculo de la precipitación promedio

Estación : PROGRESO - COD.-114040 , Tipo Convencional - Meteorológica (Datos Temperatura)												
Departamento :	PUNO			Provincia : AZANGARO			Distrito : ASILLO					
Latitud :	14° 40' 18.1" S			Longitud : 70° 22' 4.1" W			Altitud : 3925 m.s.n.m.					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2004	15.02	15.76	16.45	16.17	16.35	15.37	15.25	15.39	16.61	17.79	18.19	17.26
2005	16.63	15.75	17.01	17.13	16.94	16.31	16.34	16.55	17.43	16.83	17.44	16.40
2006	15.01	16.79	16.55	16.35	16.43	15.93	16.05	17.05	17.59	17.28	16.71	17.01
2007	17.14	16.64	15.49	16.11	16.26	16.37	15.67	17.85	16.22	17.27	16.98	16.45
2008	14.70	15.67	15.57	16.77	15.89	16.57	15.90	17.05	17.55	17.12	18.03	15.94
2009	15.98	15.69	16.56	16.51	16.55	16.05	15.97	17.14	18.22	18.85	17.61	17.25
2010	16.05	17.05	16.76	17.45	17.31	17.73	17.26	17.92	18.85	18.57	19.05	16.19
2011	16.15	15.05	15.61	16.47	16.75	16.29	15.75	17.17	16.43	17.11	18.65	16.46
2012	15.95	14.74	15.99	15.94	16.15	15.85	15.91	17.34	17.68	18.03	17.89	16.08
2013	15.73	15.46	16.73	17.21	16.66	15.39	15.90	16.40	17.78	17.44	18.69	16.18
2014	16.16	16.76	17.28	17.07	17.30	17.69	16.09	16.20	16.53	17.38	18.80	17.28
2015	15.39	16.04	16.27	15.77	16.55	17.21	16.63	17.21	18.12	17.88	18.93	17.23
2016	17.97	17.52	19.07	17.15	17.59	17.09	16.57	17.20	17.85	17.01	18.21	17.51
2017	15.97	17.01	15.63	16.17	16.14	16.41	16.51	17.71	17.11	17.85	19.18	17.55
2018	16.35	16.31	16.16	16.95	16.94	15.53	15.57	15.88	17.28	16.93	18.19	18.00
2019	17.23	16.17	16.92	16.87	17.20	16.55	16.64	17.28	18.23	17.57	17.59	17.23
2020	16.48	16.46	17.01	17.20	16.92	16.93	16.87	18.43	17.36	17.17	19.68	16.86
2021	16.33	16.06	15.87	15.99	16.08	16.14	16.90	17.26	17.67	18.31	17.65	15.52
2022	16.08	15.81	16.59	17.45	17.12	15.87	17.05	16.72	17.95	18.77	19.32	16.77
2023	17.00	16.56	16.71	17.25	15.92	16.02	17.86	17.20	18.47	20.12	18.57	17.95
PROM	16.17	16.17	16.51	16.70	16.65	16.37	16.33	17.05	17.55	17.76	18.27	16.86

FUENTE: SENAMHI

Figura 17. Datos de temperatura promedio mensual

Estación : PROGRESO - COD.-114040 , Tipo Convencional - Meteorológica (Datos Humedad Relativa)												
Departamento :	PUNO			Provincia : AZANGARO			Distrito : ASILLO					
Latitud :	14° 40' 18.1" S			Longitud : 70° 22' 4.1" W			Altitud : 3925			m.s.n.m.		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2006	71.56	66.89	66.45	65.54	64.80	52.40	51.04	54.62	54.20	57.87	64.69	66.37
2007	70.75	69.75	74.82	69.96	57.23	53.08	54.68	50.88	62.25	54.00	58.05	62.17
2008	74.75	71.84	69.83	63.43	57.94	49.82	52.76	53.93	51.85	57.56	58.31	65.25
2009	70.04	71.30	68.87	65.68	53.47	50.58	53.02	54.28	54.28	51.77	63.01	67.07
2010	75.02	72.91	70.68	66.80	57.21	57.10	49.93	48.69	52.39	55.14	52.94	64.82
2011	68.10	75.35	73.48	66.43	50.05	51.45	48.95	53.06	60.83	62.40	60.84	69.00
2012	69.90	75.10	72.65	72.36	59.60	54.54	53.40	54.17	59.77	57.39	58.44	69.73
2013	74.93	72.23	71.99	66.98	56.02	57.68	59.32	52.68	53.22	57.39	58.44	67.07
2014	70.82	69.70	67.90	63.30	64.89	51.73	51.18	52.99	59.63	58.32	58.44	67.07
2015	70.82	72.23	68.37	67.96	59.66	52.45	48.80	48.23	54.51	56.38	59.09	63.92
2016	65.98	72.23	63.08	65.03	60.75	50.38	51.03	51.98	50.90	58.00	58.44	67.07
2017	70.82	68.08	71.11	68.42	62.95	56.22	51.86	49.86	59.68	54.05	56.71	65.59
2018	69.04	72.35	73.62	62.44	63.55	62.45	51.23	53.93	52.43	63.50	58.44	58.55
2019	69.13	77.72	75.47	69.23	54.51	52.64	50.01	51.65	57.93	56.32	65.65	70.84
2020	70.82	72.23	74.75	68.13	60.69	49.15	47.83	46.96	57.45	58.95	51.84	67.07
2021	71.19	73.76	73.86	71.39	58.28	67.31	60.96	58.08	61.56	63.53	58.44	78.69
2022	70.82	72.23	77.34	67.44	0.00	61.48	60.15	63.04	60.74	56.53	51.09	67.21
2023	70.29	74.23	81.59	82.70	0.00	73.68	57.26	50.34	55.21	53.97	59.03	69.83
PROM	70.82	72.23	71.99	67.96	52.31	55.79	52.97	52.74	56.60	57.39	58.44	67.07

FUENTE: SENAMHI

Figura 18. Datos de la humedad relativa promedio mensual

CALCULO DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA														
Departamento :	PUNO			Provincia : AZANGARO			Distrito : ASILLO							
Latitud :	14° 41' 43.44" S			Longitud : 70° 19' 34.68" W			Altitud : 3910			m.s.n.m.				
AÑO	FREC (%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1.00	4.76	240.40	210.60	156.20	112.80	36.10	16.80	21.50	22.80	61.20	92.90	133.00	177.50	
2.00	9.52	180.40	200.80	152.60	84.00	33.30	6.60	10.60	18.60	56.60	81.40	125.60	172.00	
3.00	14.29	169.80	180.80	130.80	63.60	19.80	2.40	6.20	14.80	55.40	75.90	111.80	155.60	
4.00	19.05	153.80	162.20	123.20	60.50	16.00	2.10	4.80	13.60	40.60	62.20	107.30	153.80	
5.00	23.81	146.40	160.20	120.80	58.80	14.40	2.00	4.60	11.00	31.40	59.20	75.40	144.70	
6.00	28.57	137.60	159.40	110.30	51.20	12.40	1.20	3.60	9.20	25.80	53.00	65.30	134.50	
7.00	33.33	135.60	153.90	109.20	50.50	9.60	0.60	2.90	6.40	22.50	51.80	63.60	130.60	
8.00	38.10	130.30	145.60	105.00	47.40	9.20	0.40	1.20	5.10	21.26	51.60	62.20	123.70	
9.00	42.86	130.20	136.40	102.60	43.60	8.60	0.00	1.10	4.20	18.40	49.60	61.00	121.20	
10.00	47.62	123.48	130.20	102.30	42.11	8.00	0.00	0.50	3.90	14.60	46.30	58.09	118.80	
11.00	52.38	117.00	130.20	102.10	40.80	7.40	0.00	0.50	2.80	14.40	42.90	53.80	110.72	
12.00	57.14	112.10	118.80	101.00	35.40	6.20	0.00	0.00	2.60	11.30	42.06	44.40	108.40	
13.00	61.90	109.90	101.20	73.90	35.20	6.20	0.00	0.00	1.40	11.20	36.50	37.70	104.60	
14.00	66.67	109.40	92.70	71.60	25.20	5.20	0.00	0.00	0.80	9.20	24.80	37.60	89.60	
15.00	71.43	103.50	91.00	64.60	19.20	2.80	0.00	0.00	0.40	8.20	19.40	33.60	86.40	
16.00	76.19	98.60	90.90	61.80	18.20	2.10	0.00	0.00	0.00	7.60	19.20	29.00	79.50	
17.00	80.95	93.20	79.20	59.70	18.00	1.20	0.00	0.00	0.00	7.20	13.00	26.50	64.90	
18.00	85.71	79.20	73.00	54.70	15.80	0.60	0.00	0.00	0.00	4.60	9.90	26.20	58.20	
19.00	90.48	52.50	58.10	52.40	15.30	0.50	0.00	0.00	0.00	3.80	9.60	8.60	53.60	
20.00	95.24	46.20	46.90	31.40	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	26.00	
Prec. mensual al 75% (mm)		99.83	90.93	62.50	18.45	2.28	0.00	0.00	0.10	7.75	19.25	30.15	81.23	
Interpolacion en (C)		66.75	66.75	46.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.75	66.75	
Interpolacion en (A)		80.00	80.00	55.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	30.00	80.00	
Interpolacion en (B)		65.00%	65.00%	82.00%	95.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	95.00%	95.00%	90.00%	65.00%	
PRECIPITACION EFECTIVA (mm)		79.64	73.85	52.40	12.78	0.00	0.00	0.00	0.00	2.61	13.54	23.89	67.55	

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Figura 19. Cálculo de la precipitación efectiva al 75 %

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL												
Departamento :		PUNO			Provincia :		AZANGARO			Distrito :		ASILLO
Latitud :		14° 41' 43.44" S			Longitud :		70° 19' 34.68" W			Altitud :		3910 m.s.n.m.
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
N° Dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
HR (%)	70.82	72.23	71.99	67.96	52.31	55.79	52.97	52.74	56.60	57.39	58.44	67.07
E (m.s.n.m)	3910.00	3910.00	3910.00	3910.00	3910.00	3910.00	3910.00	3910.00	3910.00	3910.00	3910.00	3910.00
Temp. (°C)	16.17	16.17	16.51	16.70	16.65	16.37	16.33	17.05	17.55	17.76	18.27	16.86
TMF(°F)	61.099	61.097	61.721	62.058	61.975	61.457	61.402	62.686	63.584	63.975	64.882	62.341
MF	2.544	2.254	2.359	2.058	1.889	1.707	1.816	2.023	2.199	2.455	2.453	2.551
CH	0.897	0.875	0.879	0.940	1.146	1.104	1.138	1.141	1.094	1.084	1.070	0.953
CE	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078
ETP (mm/mes)	150.301	129.897	137.965	129.417	144.628	124.851	136.792	155.981	164.896	183.531	183.580	163.379
ETP (mm/dia)	4.85	4.64	4.45	4.31	4.67	4.16	4.41	5.03	5.50	5.92	6.12	5.27
FUENTE: ELABORACION PROPIA												

Figura 20. Cálculo de la evapotranspiración potencial

CALCULO DE LA CÉDULA DE CULTIVO													
CULTIVO	ÁREA (Ha)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
ALFALFA	59.00	x	x	x	x	x	x	x	x				
AVENA (FORRAJE)	2.00	x	x	x	x								
AVENA (GRANO)	2.00	x	x	x	x	x	x						
PASTURAS (NATIVAS)	4.03	x	x	x	x	x	X	X	X	X	X	X	X
ÁREA CULTIVADA	67.03	67.03	67.03	67.03	67.03	65.03	65.03	63.03	63.03	4.03	4.03	4.03	4.03
FUENTE: ELABORACION PROPIA													
CALCULO DEL COEFICIENTE DE USO CONSUNTIVO													
CULTIVO	ÁREA (Ha)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
ALFALFA	59.00	0.40	0.70	1.15	0.40	0.70	1.15	0.40	0.77				
AVENA (FORRAJERA)	2.00	0.35	0.75	1.15	0.60								
AVENA GRANO	2.00	0.43	0.75	0.85	1.15	0.80	0.60						
PASTURAS (NATIVAS)	4.03	0.10	0.20	0.30	0.50	0.60	0.70	0.85	0.80	0.75	0.70	0.50	0.30
ÁREA CULTIVADA	67.03	67.03	67.03	67.03	67.03	65.03	65.03	63.03	63.03	4.03	4.03	4.03	4.03
Kc		0.38	0.67	1.09	0.43	0.70	1.11	0.43	0.77	0.75	0.70	0.50	0.30
FUENTE: ELABORACION PROPIA													

Figura 21. Cálculo de la cedula de cultivo

DEMANADA HIDRICA EN LA ZONA DE CULTIVO													
VARIABLE	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
N° Días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
ETP	mm/mes	150.30	129.90	137.97	129.42	144.63	124.85	136.79	155.98	164.90	183.53	183.58	163.38
Kc cultivo ponderado	-	0.38	0.67	1.09	0.43	0.70	1.11	0.43	0.77	0.75	0.70	0.50	0.30
Uso Consuntivo (ETC)	mm	57.11	87.03	150.38	55.65	101.24	138.58	58.82	120.11	123.67	128.47	91.79	49.01
Precipitación Efectiva	mm	79.64	73.85	52.40	12.78	0.00	0.00	0.00	0.00	2.61	13.54	23.89	67.55
Requerimiento de Lámina	mm/mes	-22.53	13.18	97.98	42.87	101.24	138.58	58.82	120.11	121.06	114.93	67.91	-18.54
Eficiencia de Riego	-	0.40	0.40	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Requerimiento Real	m3/ha	-563.16	329.47	1,399.71	612.46	1,446.29	1,979.71	840.29	1,715.86	1,729.39	1,641.89	970.07	-264.80
Horas de Riego	hrs	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Módulo de Riego	l/s/ha	-0.42	0.27	1.05	0.47	1.08	1.53	0.63	1.28	1.33	1.23	0.75	-0.20
Área Total	ha	67.03	67.03	67.03	67.03	65.03	65.03	63.03	63.03	4.03	4.03	4.03	4.03
Caudal demandado	l/s	-28.15	18.10	70.38	31.50	70.23	99.50	39.71	80.68	5.36	4.96	3.02	-0.81
Caudal demandado	m3/s	-0.028	0.018	0.070	0.032	0.070	0.100	0.040	0.081	0.005	0.005	0.003	-0.001

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Caudal Máximo requerido: 99.50 l/s

CAUDAL MÁXIMO REQUERIDO : 99.50 l/s

CAUDAL DE DISEÑO 109.50 l/s

Figura 22. Demanda de agua para riego Pacastiti (lo que necesita el proyecto).

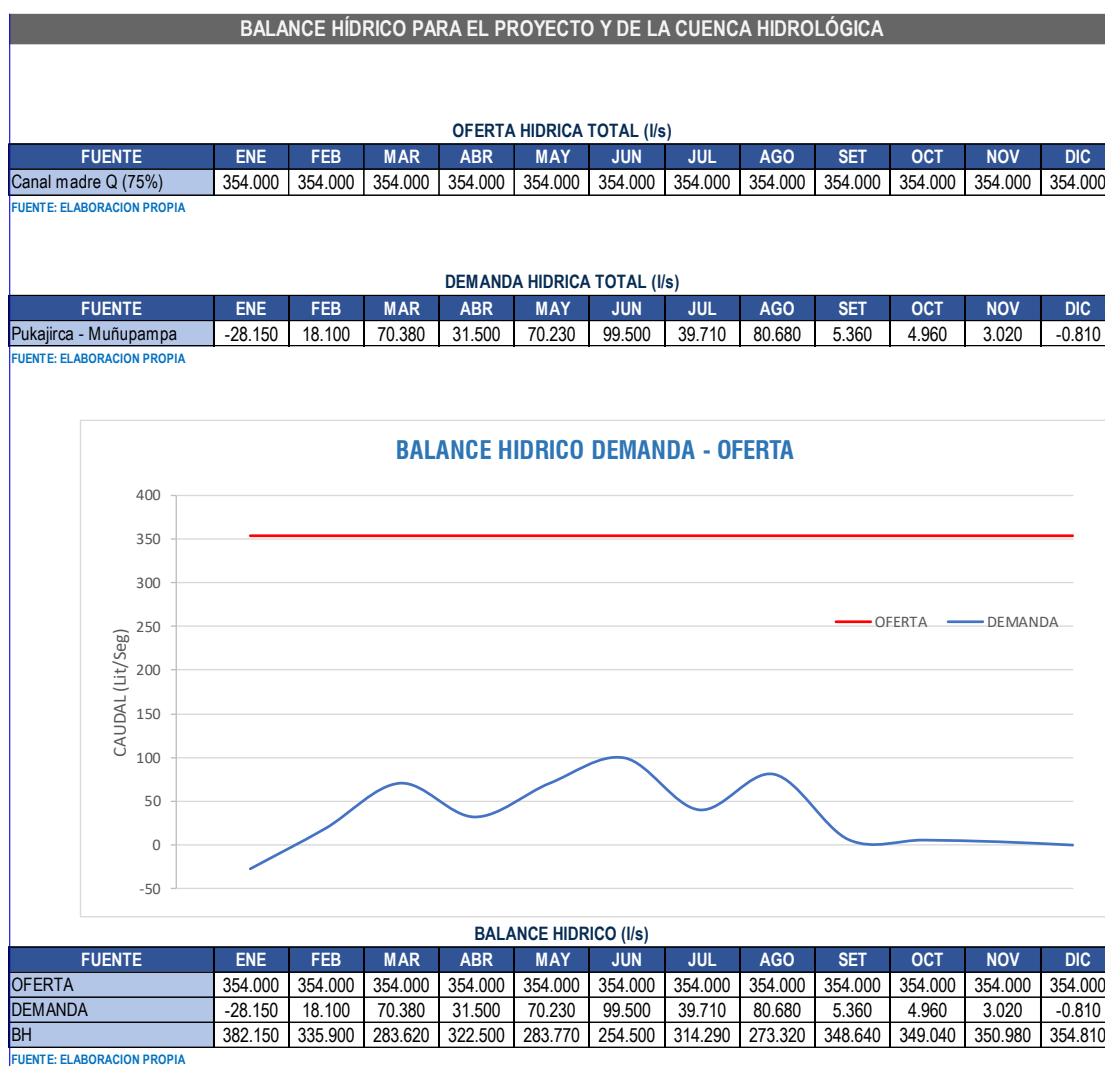


Figura 23. Balance hídrico entre la oferta de agua y demanda de agua

4.1.3. Estudio de mecánica de suelos

Ubicación de calicatas

El área de investigación está situada en el centro poblado de Pacastiti, distrito de Asillo, en el departamento de Puno. Se realizó la excavación de tres calicatas. Dichas calicatas están ubicadas al inicio, medio y final del tramo del canal.

Tabla 21. Ubicación de calicatas para el estudio de suelos

Calicata	Coordenadas		Prof.(m)	Muestra
	Este	Norte		
N°1	356631.03	8375092.11	1.50	M-01
N°2	357392.09	8375018.36	1.50	M-01
N°3	358315.45	8374875.07	1.50	M-01



Figura 24. Ubicación de calicatas durante todo el trayecto del canal 0+000km-1+796km

Ensayos realizados

Para determinar las propiedades de las muestras extraídas del área de investigación, se realizaron ensayos estandarizados en el laboratorio de mecánica de suelos YOCAT S.A.C., ubicado en Jr. Tarma Nro. 252, Urb. Las Mercedes, Juliaca, San Román, Puno.

Tabla 22. Ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos

ENSAYOS	NORMA
Análisis granulométrico mediante tamizado	(MTC E-107/ASTM D-422, C-117 AASHTO T-27 T-88)
Contenido de humedad	(MTC E-108/ASTM D 2216)
Límites de consistencia	(MTC E-111/ASTM D-4318/AASHTO T-90 T-89)
Corte directo	(NORMA ASTM-D3080)

Descripción de calicatas

Calicata C-01:

La calicata se encuentra en el km 0+020. El estrato está formado por arena con presencia de limo de baja plasticidad. Según la clasificación SUCS, se clasifica como suelo "SM", y según AASHTO, como "A-2-4(0)", con un porcentaje de 2.71 % de gravas, porcentaje de 64.91 % de arenas, porcentaje de 32.38 % de finos, y una humedad natural de 12.91 %.



Figura 25. En esta fotografía se puede observar la excavación de la calicata 1 a una profundidad de 1.50m.

Calicata C-02:

La calicata se localiza en el km 0+830. El estrato está formado por arcilla de baja plasticidad. De acuerdo con la clasificación SUCS, se clasifica como suelo "CL", y según AASHTO, como "A-4(6)", con porcentaje de 13.50 % de arenas, porcentaje de 86.50 % de finos, y una humedad natural de 16.05 %.

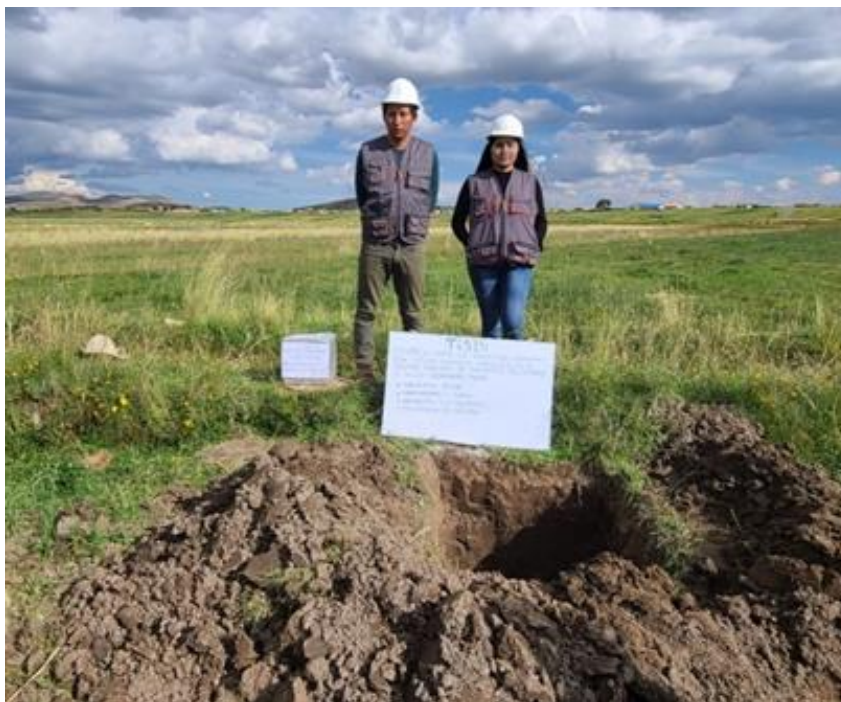


Figura 26. En esta imagen se puede apreciar la calicata 2 excavada a una profundidad de 1.50 m.

Calicata C-03:

La calicata se encuentra en el km 1+780. El estrato está conformado por arcilla de baja plasticidad. Según la clasificación SUCS, se identifica como suelo "CL", y conforme a AASHTO, como "A-6(12)", con un porcentaje de 13.49 % de arenas, 86.51 % de finos, y una humedad natural de 18.14 %.



Figura 27. En la imagen se puede observar la excavación de la calicata 3 y la extracción de la muestra inalterada para el ensayo de corte directo.

Tabla 23. Propiedades físicas y mecánicas del suelo en estudio.

PROCEDENCIA			CLASIFICACIÓN DE SUELOS		% HUMEDAD	ENSAYO DE CORTE DIRECTO					
CALICATA	KM	PRO F.	SUCS	AASHTO		L.L	L.P	I.P	Cohesión kg/cm2	Angulo de fricción (Φ)	qadm kg/cm2
C-01	0+020	1.50	SM	A-2-4(0)	12.91	20.65	NP	NP	0.068	25°	0.919
C-02	0+830	1.50	CL	A-4(6)	16.05	29.37	20.99	8.37	0.111	19°	0.838
C-03	1+780	1.50	CL	A-6(12)	14	35.55	21.74	13.81	0.120	17°	0.779

4.1.4. Diseño hidráulico del canal

Cálculo del caudal de diseño

El caudal de diseño se determinó considerando un área de 67.03 ha con sistema de riego establecido, tomando en cuenta la demanda hídrica de los cultivos presentes en la zona. Para

llevar a cabo este cálculo, se empleó el método del flotador, realizando los siguientes procedimientos:

Se eligió un segmento recto del canal de riego que estuviera despejado de troncos, piedras, donde el agua circule sin impedimentos. Esta sección debía ser recta y de perfil uniforme, con una longitud de 10 metros. Se dividió el ancho del canal en cuatro partes iguales de 40 cm cada una para hallar el área de la sección.

El área se determinó considerando la sección como un trapecio recto.

1. Cálculo del área:

$$\text{Área} = \frac{(h_0 + h_1)}{2} \times e \quad (30)$$

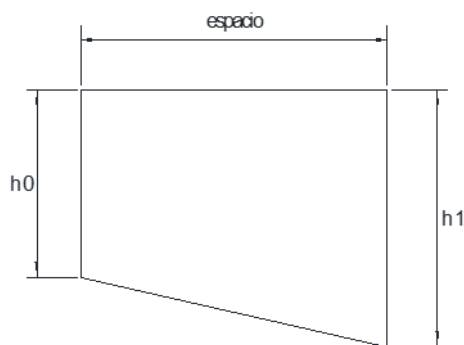


Figura 28. Representación de la sección medida

Tabla 24. Medición del área

ESPACIOS	METROS	PROFUNDIDAD	CANTIDAD (M)	ÁREA PARCIAL
e 0	0	h 0	0	0
e 1	0.25	h 1	0.56	0.070
e 2	0.25	h 2	0.58	0.143
e 3	0.25	h 3	0.57	0.144
e 4	0	h 4	0	0.071
Área total (m²)				0.428

Nota: El área de la sección media es A=0.428m2

2. Cálculo de la velocidad del agua (v)

$$V = \frac{L}{Tp} \quad (31)$$

Donde:

V = velocidad (m/s).

L = longitud (m).

Tp = tiempo promedio (seg).

Evaluación de la velocidad del agua: se midió el tiempo que el flotador tarda en recorrer los 10 metros del canal, realizando cinco repeticiones para obtener una medida precisa. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Datos:

Tiempo	Segundos
t ₁	8.5
t ₂	8.4
t ₂	8.55
t ₄	8.45
t ₅	8.46
Tprom	8.48

$$L = 10.00 \text{ m}$$

$$T_{\text{prom}} = 8.48$$

$$V = \frac{10.00 \text{ m}}{8.48 \text{ s}}$$

$$V = 1.18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3. Cálculo del caudal (Q)

Reemplazando datos anteriores en la ecuación del método de flotador

$$Q = Fc \times A \times V$$

$$Q = 0.7 \times 0.428 \times 1.18$$

$$Q = 0.354 \frac{m^3}{s}$$

El caudal obtenido para el diseño del canal, basado en los cálculos realizados mediante el método del flotador, corresponde a 0.354 m³/s.

Determinación de las pérdidas por infiltración en un canal sin revestimiento.

$$P = 1000K(b + 2.4y\sqrt{1 + Z^2})$$

Datos:

$$b = 0.75 \text{ m}$$

$$y = 0.57 \text{ m}$$

$$K = 10^{-4} \text{ cm/s}, 10^{-6} \text{ m/s}$$

$$Z = 0, \approx 0 \text{ por ser casi como rectangular}$$

$$P = 1000 \times 10^{-6}(0.75 + 2.4 \times 0.57\sqrt{1 + 0^2})$$

$$P = 2.118 \times 10^{-3} m^3/s - km$$

En promedio, se estimaría una pérdida para el tramo inicial de $P = 2.118 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s} - km$, que representa el 0.60% del caudal total; $r = 0.0060$

De la ecuación de Kostiakov se obtiene el valor de a

$$0.0060 = \frac{a}{0.354^{0.4}}$$

$$a = 0.00396$$

Si las pérdidas fueran constantes

$$Q = 0.354(1 - 0.0060 \times 1.796)$$

$$Q = 0.350 m^3/s$$

El valor final de r sería.

$$r = \frac{0.00396}{0.350^{0.4}}$$

$$r = 0.0060$$

El mínimo caudal es:

$$Q = 0.354(1 - 0.0060)$$

$$Q = 0.352 \text{ m}^3/\text{s}$$

Es decir, en 1.796 km se perdería 0.002 m³/s. Esto es el 0.56 % del caudal de entrada.

Se puede apreciar que el caudal perdido es mínimo con relación al caudal de entrada

4.1.4.1. Diseño del canal rectangular

Datos:

$$Q=0.354 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S=0.00221 \text{ m/m}$$

$$Z=0$$

$$n=0.014$$

Fórmula de diseño hidráulico de Manning – Strickler de la ecuación (14):

Solución:

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{n P^{2/3}}$$

$$A = 2y^2 \quad (32)$$

$$P = 4y \quad (33)$$

$$0.354 = \frac{(2y^2)^{5/3} (0.00221)^{1/2}}{(0.014)(4y)^{2/3}}$$

$$y = 0.394 \text{ m}$$

Perímetro en función del tirante para despejar el ancho de solera.

$$P = b + 2y \quad (34)$$

$$4y = b + 2y$$

$$b = 2y \quad (35)$$

$$b = (2)(0.394)$$

$$b = 0.788m$$

Perímetro

$$P = b + 2y$$

$$P = 0.788 + 2(0.394)$$

$$P = 1.576m$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P} \quad (36)$$

$$R = \frac{2y^2}{4y}$$

$$R = \frac{y}{2} = \frac{0.394}{2} = 0.197m$$

Cálculo de velocidad

$$V = \frac{R^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (37)$$

$$V = \frac{(0.197)^{2/3}(0.00221)^{1/2}}{0.014}$$

$$V = 1.137 \frac{m}{s}$$

Espejo de agua

$$T = 2y \quad (38)$$

$$T = 2(0.394) = 0.788 m$$

Área hidráulica

$$A = 2y^2 \quad (39)$$

$$A = 2(0.394)^2 = 0.31m^2$$

Cálculo de la energía

$$E = Z + y + \alpha \frac{v^2}{2g} = cte$$

$$E = 0 + 0.394 + 1 \times \frac{1.137^2}{2(9.81)}$$

$$E = 0.459m\text{-kg/kg}$$

Estado de flujo a través del número de Froude

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{\frac{gA}{T}}}$$

$$Fr = \frac{1.137}{\sqrt{9.81 \times \frac{0.31}{0.788}}}$$

$$Fr = 0.579$$

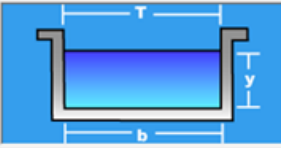
$$F < 1 \text{ flujo subcrítico}$$

Los datos previos obtenidos del diseño de canal son: se revisaron el caudal, talud, rugosidad y pendientes del canal, obteniendo sus características hidráulicas mediante el software H-CANALES 3.1. Los resultados están en la Figura 29.

Diseño para una sección trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica

Lugar: C.P. PACASTITI Proyecto: DISEÑO DE CANAL DE RIEGO
Tramo: 0+000 Revestimiento: FC=175KG/CM2

Datos:
Caudal (Q): 0.354 m3/s
Talud (Z): 0
Rugosidad (n): 0.014
Pendiente (S): 0.00221 m/m



Resultados:

Tirante (y): 0.3944 m	Ancho de solera (b): 0.7889 m
Perímetro (p): 1.5777 m	Área hidráulica (A): 0.3112 m2
Radio hidráulico (R): 0.1972 m	Espejo de agua (T): 0.7889 m
Velocidad (v): 1.1377 m/s	Número de Froude (F): 0.5784
Energía específica (E): 0.4604 m-Kg/Kg	Tipo de flujo: Subcrítico

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ingresar el tipo de material del canal 19:25 18/04/2024

Figura 29. Sección típica del canal rectangular.

4.1.4.2. Diseño del canal trapezoidal

Datos:

$$Q=0.354 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S=0.002$$

$$Z=0.577$$

$$\theta=60^\circ$$

$$n=0.014$$

Sección de M.E.H Trapezoidal ANA de la ecuación (19).

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

$$\frac{b}{y} = 2 \operatorname{tg} \left(\frac{60}{2} \right)$$

$$b = 2y \operatorname{tg} \left(\frac{60}{2} \right)$$

$$\frac{b}{y} = \frac{2\sqrt{3}}{3} = 1.155$$

$$b = \frac{2\sqrt{3}}{3} y$$

$$b = 1.155y \quad (40)$$

Cálculo del Tirante

Reemplazando en la ecuación de Manning

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{n \times P^{2/3}}$$

$$\left(\frac{Q \times n}{S^{1/2}} \right)^3 = \left(\frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} \right)^3$$

$$\left(\frac{Q \times n}{S^{1/2}} \right)^3 = \frac{A^5}{P^2}$$

$$\left(\frac{0.354 \times 0.014}{0.002^{1/2}} \right)^3 = \frac{(\sqrt{3} y^2)^5}{(2\sqrt{3} y)^2}$$

$$y = 0.424m$$

Cálculo del ancho de solera

Se reemplaza en la ecuación (38).

$$b = 1.155y$$

$$b = 1.155(0.424)$$

$$b = 0.489m$$

Cálculo del área

$$A = by + zy^2 \quad (41)$$

Reemplazando el ancho de solera en la fórmula del área

$$b = \frac{2\sqrt{3}}{3} y$$

$$A = 2 \frac{\sqrt{3}}{3} y^2 + \frac{\sqrt{3}}{3} y^2$$

$$A = 3 \frac{\sqrt{3}}{3} y^2$$

$$A = \sqrt{3}y^2 \quad (42)$$

$$A = \sqrt{3}(0.424)^2$$

$$A = 0.311m^2$$

Calculando radio hidráulico de la ecuación (20).

$$R = \frac{y}{2}$$

$$R = \frac{0.424}{2} = 0.212$$

Calculando espejo de agua

$$T = \frac{4}{3}\sqrt{3}y \quad (43)$$

$$T = \frac{4}{3}\sqrt{3}y$$

$$T = \frac{4}{3}\sqrt{3}(0.424)$$

$$T = 0.979m$$

Calculando perímetro mojado

$$P = 2\sqrt{3}y \quad (44)$$

$$P = 2\sqrt{3}(0.424)$$

$$P = 1.469m$$

Cálculo de la velocidad

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

$$V = \frac{(0.212)^{2/3}(0.002)^{1/2}}{0.014}$$

$$V = 1.136m/s$$

Cálculo de la energía

$$E = Z + y + \alpha \frac{v^2}{2g} = cte$$

$$E = 0 + 0.424 + 1 \times \frac{1.136^2}{2(9.81)}$$

$$E = 0.489$$

Estado de flujo a través del número de Froude

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gA/T}}$$

$$Fr = \frac{1.136}{\sqrt{9.81 \times \frac{0.311}{0.979}}}$$

$$Fr = 0.644$$

$$F < 1 \text{ "flujo subcritico"}$$

En esta figura se puede apreciar la comprobación de los cálculos que se obtuvieron mediante el software H CANALES, lo cual dio resultados iguales al cálculo.



Figura 30. Sección típica del canal trapezoidal

Cálculo del factor de fricción

Se calculó a partir de la fórmula de Chezi.

$$V = C\sqrt{R \times S} \quad (45)$$

Datos:

R: 0.212

S: 0.002

V: 1.137 m/seg2

Coeficiente Darcy-Weisbach

A partir de $C = \sqrt{\frac{8 \times g}{f}}$, se despejó f.

$$f = \frac{8 \times g}{C^2} \quad (46)$$

Según Manning:

$$C = \frac{1}{n} \times R^{\frac{1}{6}} \quad (47)$$

$$C = \frac{1}{0.014} \times 0.212^{\frac{1}{6}}$$

$$C = 55.16$$

Reemplazando datos

$$f = \frac{8 \times 9.81}{55.16^2}$$

$$f = 0.026$$

Este valor hallado f será reemplazado en la ecuación de Darcy-weisbach, para calcular la pérdida de energía para un tramo de 1787.70 m de longitud

$$h_f = f \left(\frac{L}{4R} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Donde h_f es la pérdida de energía debido a la fricción

$$h_f = 0.026 \left(\frac{1787.7}{4 \times 0.212} \right) \left(\frac{1.137^2}{2 \times 9.81} \right)$$

$$h_f = 3.61 \text{ m}$$

Esta pérdida es mínima, ya que depende de la rugosidad del revestimiento de concreto.

Mes	Temperatura °C		Humedad Relativa %	Velocidad del viento m/s
	Media	Maxima		
Enero	10.39	17.00	70.29	2.91
Febrero	10.19	16.56	74.23	3.16
Marzo	9.72	16.71	81.59	2.73
Abril	9.39	17.25	82.7	2.45
Mayo	8.27	15.92	80.73	2.27
Junio	6.47	16.02	73.68	2.66
Julio	8.03	17.86	57.26	2.63
Agosto	7.82	17.20	50.34	2.55
Setiembre	10.05	18.47	55.21	2.74
Octubre	12.27	20.12	53.97	2.67
Noviembre	11.76	18.57	59.03	3.18
Diciembre	11.4	17.95	69.83	2.92

Figura 31. Datos tomados de temperatura y humedad relativa. Fueron tomadas de SENAMHI en 2023. Los datos de la velocidad fueron tomados de Web Nasa Power, medidos a 10m de altura.

Se calculó la velocidad a 2 m de altura.

$$V_2 = V_{obs} \times \left(\frac{Z}{Z_{obs}}\right)^{\frac{1}{Z}} \quad (48)$$

$$V_2 = V_{obs} \times \left(\frac{Z}{Z_{obs}}\right)^{\frac{1}{Z}}$$

$$V_2 = 2.91 \times \left(\frac{10}{2}\right)^{\frac{1}{10}}$$

$$V_2 = 3.42 \text{ m/s}$$

Se calculó la presión de vapor de saturación (e_s)

$$e_s = 33.8639[0.00738 + 0.8072]^8 - 0.000019 - 0.000019(1.8T + 48) + 0.00136$$

$$e_s = 33.8639[0.00738 + 0.8072]^8 - 0.000019 - 0.000019(1.8 * 10.39 + 48) + 0.00136$$

$$e_s = 6.55 \text{ mb}$$

Calculamos la presión de vapor actual (e_a)

$$e_a = e_s \times \frac{HR}{100}$$

$$e_a = 6.55 \times \frac{70.29}{100}$$

$$e_a = 4.60 \text{ mb}$$

Luego, se calculó el calor latente de evaporación (L_e)

$$L_e = 597.3 - 0.57T$$

$$L_e = 597.3 - 0.57 \times 10.39$$

$$L_e = 591.38 \text{ cal/g}$$

Para convertir a Joules se multiplicó por 4.186 J/cal.

$$L_e = \frac{4.186 \text{ J}}{\text{cal}} \times 591.38 \text{ cal/g}$$

$$L_e = 2475.51 \frac{\text{J}}{\text{g}}$$

Se calculó la evaporación con la fórmula de Meyer (1942)

$$Q_e = \frac{(7.9 + 2.2U_2)(e_s - e_a)}{L_e}$$

Para convertir el flujo de energía Q en profundidad de evaporación, dividido por el calor latente L_e y la densidad del agua 10^6 g/m^3 .

$$E = 2678.4 \times \frac{(7.9 + 2.2U_2)(e_s - e_a)}{L_e}$$

$$E = 2678.4 \times \frac{(7.9 + 2.2 * 3.42)(6.55 - 4.60)}{2475.51}$$

$$E = 32.48 \text{ mm/mes}$$

Es así como se calculó la evaporación y la conversión de unidades de mm/mes a m^3/s y la información de los meses restantes se mostrarán en el cuadro siguiente: de forma similar se calcularon los datos restantes de los meses.

Mes	Temperatura °C		Humedad Relativa %	Velocidad del viento m/s a 10m	Velocidad del viento m/s a 2m	es (mb)	ea (mb)	L (l/g)	Evaporacion mm
	Media	Maxima							
Enero	10.39	17	70.29	2.91	3.42	6.55	4.60	2475.51	32.48
Febrero	10.19	16.56	74.23	3.16	3.71	6.55	4.86	2475.98	29.33
Marzo	9.72	16.71	81.59	2.73	3.21	6.55	5.34	2477.11	19.51
Abril	9.39	17.25	82.7	2.45	2.88	6.55	5.42	2477.89	17.44
Mayo	8.27	15.92	80.73	2.27	2.67	6.55	5.29	2480.57	18.77
Junio	6.47	16.02	73.68	2.66	3.12	6.55	4.83	2484.86	27.43
Julio	8.03	17.86	57.26	2.63	3.09	6.55	3.75	2481.14	44.42
Agosto	7.82	17.2	50.34	2.55	3.00	6.55	3.30	2481.64	50.90
Setiembre	10.05	18.47	55.21	2.74	3.22	6.55	3.62	2476.32	47.55
Octubre	12.27	20.12	53.97	2.67	3.14	6.55	3.54	2471.02	48.39
Noviembre	11.76	18.57	59.03	3.18	3.74	6.55	3.87	2472.24	46.89
Diciembre	11.4	17.95	69.83	2.92	3.43	6.55	4.57	2473.10	33.06
								Σ	416.16

Figura 32. Resultados de la evaporación

Finalmente, se procede a calcular la evaporación en el canal

$$Q = T \times L \times E \quad (49)$$

Donde:

Q = caudal evaporado.

T = espejo de agua.

L = longitud.

E = evaporación mensual.

$$Q = 0.979 \times 1796 \times \left(32.48 \frac{mm}{mes}\right) \times \left(\frac{0.001m}{1mm}\right) \times \left(\frac{1}{30 \times 24 \times 60 \times 60 s}\right)$$

$$Q = 2.2 \times 10^{-5} m^3/s$$

$$Q = 0.000022 m^3/s$$

Cálculo de pérdidas por infiltración

Datos:

P = pérdida, en $\text{m}^3/\text{s-km}$.

$K = 0.8 \times 10^{-5} \text{ cm/s} = 0.8 \times 10^{-7} \text{ m/s}$.

$e = 0.1 \text{ m}$.

$b = 0.489 \text{ m}$.

$y = 0.424 \text{ m}$.

$Z = 0.577$.

$$P = K \frac{y}{e} \left(b + y \sqrt{1 + Z^2} \right) \times 1000$$

$$P = 0.8 \times 10^{-7} \times \frac{0.424}{0.10} \left(0.489 + 0.424 \sqrt{1 + 0.577^2} \right) \times 1000$$

$$P = 3.32 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} - \text{km}$$

Este resultado muestra por kilómetro, lo cual se tendrá que multiplicar por la distancia en kilómetros, teniendo:

$$3.32 \times \frac{10^{-4} \text{ m}^3}{\text{s}} \times 1.788 = 3.91 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Se tiene una pérdida total por infiltración a largo de todo el tramo del canal que será de $3.91 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ por 1.788 km. Convirtiendo unidades a días se tiene $33.78 \text{ m}^3/\text{día}$ por todo el tramo del canal, lo que representa el 0.11 % del caudal total.

Es decir, las pérdidas por infiltración han disminuido 6.4 veces con relación a lo que se tenía para el canal no revestido.

Este resultado es aproximado, pues se utilizó por tabla para la permeabilidad del concreto.

Eficiencia de conducción.

$$EF_c = \frac{\text{caudal que llega al final del canal principal} + \sum \text{caudales de distribución}}{\text{caudal de agua que entra al canal principal}} \times 100 \quad (50)$$

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

La sumatoria de canales de distribución se asume cero en caso de que las compuertas se encuentren cerradas (Ministerio de Agricultura y Riego-DGIAR, 2015).

$$EFc = \frac{0.353}{0.354} \times 100$$

$$EFc = 99.72 \%$$

Este valor representa la eficiencia total por conducción en todo el tramo, lo cual muestra que las pérdidas son mínimas y que el caudal se mantiene casi constante (Ministerio de Agricultura y Riego-DGIAR, 2015).

4.1.5. Diseño hidráulico de obras de arte

4.1.5.1. Diseño de toma principal

El diseño de la compuerta principal se calculó de manera numérica.

Se calculó el tirante aguas arriba de la compuerta.

Datos:

$$Q=0.354 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$b=0.788 \text{ m}.$$

$$a=0.30 \text{ m, (asumido).}$$

$$S=0.00221.$$

$$Z=0.$$

$$g=9.81 \text{ m/s}^2.$$

$$n=0.014.$$

Gasto en compuerta plana (Ec. general)

$$Q_{com} = C_d a b \sqrt{2gy_1} \quad (51)$$

Despejando y_1

$$y_1 = \frac{Q^2}{2gC_d^2 a^2 b^2} \quad (52)$$

$$y_1 = \frac{Q^2}{2 \times 9.81 \times C_d^2 \times (0.30)^2 (0.788)^2}$$

$$y_1 = \frac{0.11}{C_d^2} \quad (53)$$

Se calculó el tirante aguas arriba de la compuerta.

Proponiendo un $C_d = 0.50$

$$y_1 = \frac{0.11}{(0.50)^2}$$

$$y_1 = 0.44 \text{ m}$$

En compuertas verticales, coeficiente de contracción:

$$C_c = 0.62$$

Coeficiente de velocidad

$$C_v = 0.96 + 0.0979 \times \frac{a}{y_1} \quad (54)$$

Cálculo del coeficiente de velocidad.

$$C_v = 0.96 + 0.0979 \times \frac{0.30}{0.44}$$
$$C_v = 1.02675$$

Coeficiente de descarga

$$C_d = \frac{C_c \times C_v}{\sqrt{1 + \frac{C_c \times a}{y_1}}} \quad (55)$$

Cálculo del coeficiente de descarga

$$C_d = \frac{0.62 \times 1.02675}{\sqrt{1 + \frac{0.62 \times 0.30}{0.44}}}$$
$$C_d = 0.3858$$

Se calculó nuevamente hasta obtener el mismo valor final y anterior por medio de las iteraciones.

Primera iteración

$$C_d = 0.3858$$

Se calculó el tirante aguas arriba de la compuerta.

$$y_1 = \frac{0.11}{(0.3858)^2}$$

$$y_1 = 0.74 \text{ m}$$

$$C_c = 0.62$$

$$C_v = 0.96 + 0.0979 \times \frac{0.30}{0.74}$$

$$C_v = 0.9997$$

$$C_d = \frac{0.62 * 0.9997}{\sqrt{1 + \frac{0.62 \times 0.30}{0.74}}}$$

$$C_d = 0.5541$$

Segunda iteración

$$C_d = 0.5541$$

$$y_1 = \frac{0.11}{(0.5541)^2}$$

$$y_1 = 0.36 \text{ m}$$

$$C_c = 0.62$$

$$C_v = 0.96 + 0.0979 \times \frac{0.30}{0.36}$$

$$C_v = 0.0416$$

$$C_d = \frac{0.62 \times 0.0416}{\sqrt{1 + \frac{0.62 \times 0.30}{0.36}}}$$

$$C_d = 0.5244$$

Tercera iteración

$$C_d = 0.5244$$

$$y_1 = \frac{0.11}{(0.5244)^2}$$

$$y_1 = 0.40 \text{ m}$$

$$C_c = 0.62$$

$$C_v = 0.96 + 0.0979 \times \frac{0.30}{0.40}$$

$$C_v = 1.0334$$

$$C_d = \frac{0.62 * 1.0334}{\sqrt{1 + \frac{0.62 * 0.30}{0.40}}}$$

$$C_d = 0.5293$$

Cuarta iteración

$$C_d = 0.5293$$

$$y_1 = \frac{0.11}{(0.5293)^2}$$

$$y_1 = 0.39 \text{ m}$$

$$C_c = 0.62$$

$$C_v = 0.96 + 0.0979 \times \frac{0.30}{0.39}$$

$$C_v = 1.0353$$

$$C_d = \frac{0.62 \times 1.0353}{\sqrt{1 + \frac{0.62 \times 0.30}{0.39}}}$$

$$C_d = 0.5282$$

Quinta iteración

$$C_d = 0.5282$$

$$y_1 = \frac{0.11}{(0.5282)^2}$$

$$y_1 = 0.39 \text{ m}$$

$$C_c = 0.62$$

$$C_v = 0.96 + 0.0979 \times \frac{0.30}{0.39}$$

$$C_v = 1.0353$$

$$C_d = \frac{0.62 \times 1.0353}{\sqrt{1 + \frac{0.62 \times 0.30}{0.39}}}$$

$$C_d = 0.5282$$

Se concluye que las dos últimas iteraciones son iguales; por ende, terminan las iteraciones y ese es el resultado.

El diseño de la compuerta principal se ha comprobado con el software H CANALES. Teniendo el ancho de solera fijo y el tirante aguas arriba, se procedió a tantear la abertura de la compuerta con respecto al caudal del diseño. El plano se puede apreciar en el capítulo Anexos Plano OA-04.

Cálculos en compuertas y orificios

Compuerta

Datos de la compuerta:

Ancho de la compuerta (b): 0.80 m

Tirante aguas arriba (y1): 0.40 m

Abertura de la compuerta (a): 0.30 m

Coefficiente de contracción (Cc): 0.62

Ecuaciones:

$$Q = C_d b a \sqrt{2g y_1} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

donde:

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

para fines prácticos:

$$C_c = 0.62$$

$$C_v = 0.96 + 0.079 \frac{a}{y_1}$$

b = ancho compuerta, m
a = abertura compuerta, m
y1 = tirante aguas arriba compuerta, m
Cd = coeficiente descarga
Cc = coeficiente contracción
Cv = coeficiente velocidad

Elementos de una compuerta

y2 = Cc x a
L = a / Cc

Resultados:

Coefficiente de velocidad (Cv): 1.0193

Coefficiente de descarga (Cd): 0.5221

Caudal (Q): 0.351 m3/s

351.0301 l/seg

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 16:19 25/05/2024

Figura 33. En esta figura se pueden apreciar los resultados del diseño de la compuerta

4.1.5.2. Diseño hidráulico de tomas laterales

A lo extenso del canal hay 22 tomas laterales ubicadas en ambos márgenes, tanto la derecha como la izquierda, distribuidas según el criterio y las necesidades del sistema.

$Q_d=0.354m^3/s$ (caudal de diseño).

$H=0.62$ (altura total del canal).

$Y_1=0.42$ (tirante del canal trapezoidal).

$V_1=0.136$ (velocidad del canal trapezoidal).

$a= 0.28m$ (abertura de la compuerta).

$C_c=0.62$ (coeficiente de contracción).

$b= 0.30$ (ancho de solera).

Cálculo del coeficiente de velocidad

$$C_V = 0.960 + 0.0979 \left(\frac{a}{y_1} \right)$$

$$C_V = 0.960 + 0.0979 \left(\frac{0.28}{0.42} \right)$$

$$C_V = 1.03$$

Cálculo del coeficiente de descarga

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

$$C_d = \frac{0.62 \times 1.03}{\sqrt{1 + \frac{0.62 \times 0.28}{0.42}}}$$

$$C_d = 0.54$$

Cálculo del tirante Y_2 en el conducto

$$Y_2 = C_c \times a \quad (56)$$

$$Y_2 = 0.62 \times 0.28$$

$$Y_2 = 0.17$$

Cálculo de la longitud desde la compuerta hasta Y_2

$$L_1 = \frac{a}{C_c} = \frac{0.28}{0.62} = 0.45$$

Como:

$$Q = V_2 \times A$$

$$V_2 = \frac{Q}{a \times c_c \times c_v} = \frac{0.354}{0.28 \times 0.62 \times 1.03} = 1.98 m/s$$

Cálculo del tirante normal en el conducto

Para y_3

$$Y_3 = \frac{Y_2}{2} (\sqrt{8F_1^2 + 1} - 1) \quad (57)$$

$$Y_3 = \frac{0.17}{2} (\sqrt{8(1.53)^2 + 1} - 1) = 0.29$$

Donde $F_1 = \frac{V_2}{\sqrt{gY_2}}$

$$F_1 = \frac{1.98}{\sqrt{9.81(0.17)}} = 1.53 \text{ (Flujo subcrítico)}$$

Cálculo del resalto hidráulico L_2 ; se tiene:

Tabla 25. Longitud del resalto en canales con tirante conjugado F_1

F_1	1.7	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
$\frac{L}{Y_2}$	4.00	4.35	4.85	5.28	5.55	5.80

Nota: Tomado de USBR, (1978).

$$L_2 = \frac{L}{Y_2} \times Y_3 \quad (58)$$

$$L_2 = 3.80 \times 0.29 = 1.10 m$$

Se tiene que:

$$L_2 = A(Y_3 - Y_2) \quad (59)$$

Donde "A" varía en función del talud Z del canal, conforme a la siguiente tabla:

Tabla 26. Longitud del resalto en canales con pendientes

Talud Z	0.00	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
A	5.00	7.90	9.20	10.60	12.60	15.00

Nota: Tomado de USBR, (1978).

L_2 =Longitud del resalto

$$L_2 = 5(0.29 - 0.17) = 0.6m$$

Promediando las longitudes se tiene:

$$L_2 = \frac{1.10 + 0.6}{2} = 0.85m$$

Cálculos hidráulicos:

Ecuación de la pérdida de carga total (Δh)

Aplicando la ecuación de Bernoulli en la sección (1) (entrada y salida del conducto) y tomando como nivel de referencia el eje del conducto.

Tabla 27. Valores de K_e

Forma de entrada	K_e
Compuerta en pared delgada-contracción suprimida en los lados y en el fondo.	1.00
Tubo entrante	0.78
Entrada con arista en ángulo recto	0.50
Entrada con arista ligeramente redondeada	0.23
Entrada con arista completamente redondeada (r/D) =0.15	0.10
Entrada abocinada circular	0.004

Nota: Tomado de Villón, (2007).

$V_1 = 0$ (velocidad perpendicular a la dirección del flujo en la alcantarilla)

$$\Delta h = \frac{v_2^2}{2g} + \sum h_{1-2} \quad (60)$$

Donde:

$$\Delta h = \text{carga total}$$

$$\frac{v_2^2}{2g} = \text{carga de velocidad en el conducto}$$

$$\sum h_{1-2} = \text{sumatoria entre los puntos 1 y 2}$$

Se tiene:

$$\sum h_{1-2} = h_e + h_f \quad (61)$$

Las pérdidas de entrada se calculan con la siguiente relación:

$$h_e = \frac{K_e \times V_2^2}{2g} \quad (62)$$

Donde:

$$h_e = \text{pérdida por entrada.}$$

$$v_2 = \text{velocidad del conducto.}$$

$$K_e = \text{coeficiente que depende de la forma de entrada.}$$

Cálculo de pérdida de energía de entrada (h_e) por el diseño de la toma lateral:

$$L = L_1 + L_2 = 0.45 + 0.85 = 1.30m$$

$$Q = 0.354m^3/s$$

K_e = se tomará entrada con arista en ángulo recto =0.50, tomada de la Tabla 26.

$A = a \times C_c \times C_v$ del diseño de toma lateral

$$V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{0.354}{(0.28 \times 0.62 \times 1.03)} = 1.98m/s$$

$$h_e = \frac{k^e v^2}{2g} = \frac{0.50(1.98)^2}{2 \times 9.81} = 0.1m$$

Cálculo de pérdida por fricción:

$$h_f = S_e \times L \quad (63)$$

$$h_f = \left[\frac{V_2 \times n}{R^{2/3}} \right]^2 \times L$$

$$S_e = \left[\frac{V \times n}{R^{2/3}} \right]^2 \quad (64)$$

Con los siguientes datos se obtiene:

$$v = 1.98m/s$$

$$n = 0.014$$

$$A = \pi r^2 = 0.28 \times 0.62 \times 1.03 = 0.18m^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.18}{\pi}} = 0.24m$$

$$S_e = \left[\frac{1.98 \times 0.014}{(0.24)^{2/3}} \right]^2 = 0.0052$$

$$h_f = S_e \times L$$

$$h_f = 0.0052 \times 1.30m$$

$$h_f = 0.022m$$

Entonces, la pérdida de carga por derivación es:

$$\Delta h = h_e + h_f \quad (65)$$

$$\Delta h = h_e + h_f = 0.1 + 0.022$$

$$\Delta h = 0.12m$$

Por procesos constructivos la compuerta tendrá las siguientes medidas: ancho 0.30 m, altura 0.42 m, longitud 1.30 m y con una abertura de la compuerta de 0.28 m.

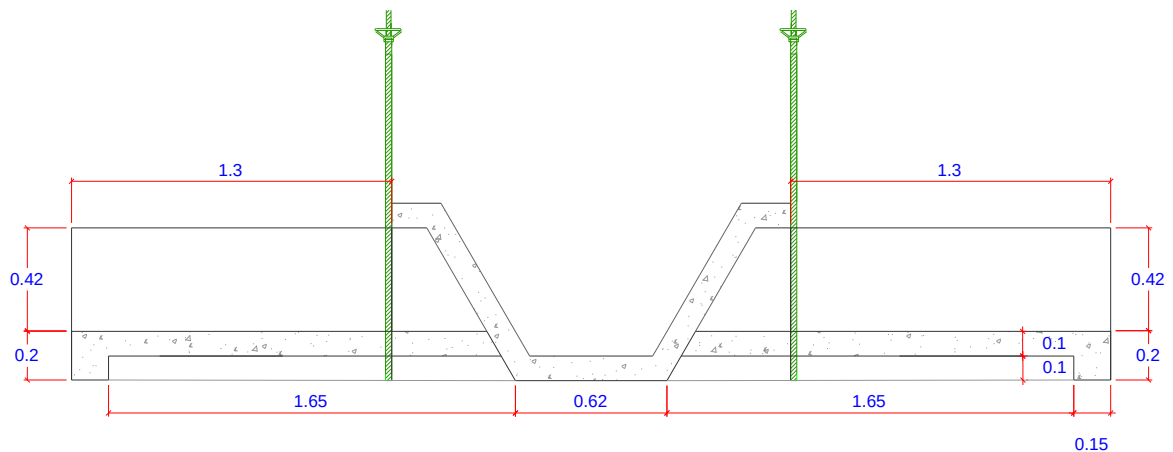


Figura 34. En la presente figura se muestra el diseño de las tomas laterales en ambos márgenes.

El dimensionamiento hidráulico de la compuerta de la toma lateral es de 0.30 x0.50 m, lo cual se consideró al diseñar el conducto.

Datos:

Desnivel= ΔZ =0.98 m

Aguas arriba

$Q=0.354 \text{ m}^3/\text{s}$

$S=0.00221$

$n=0.014$

$Z=0$

$b=0.788 \text{ m}$

$T=0.788 \text{ m}$

$y=0.394 \text{ m}$

$v=1.137 \text{ m/s}$

$H=0.460 \text{ m-kg/kg}$

Aguas abajo

$Q=0.354 \text{ m}^3/\text{s}$

$S=0.002$

$n=0.014$

$Z=0.577$

$b=0.489 \text{ m}$

$T=0.979 \text{ m}$

$y=0.424 \text{ m}$

$v=1.136 \text{ m/s}$

$H=0.490 \text{ m-kg/kg}$

4.1.5.3. Diseño de caída vertical

Solución:

Cálculo del ancho de la caída:

$$q = 1.48H^{3/2} \quad (66)$$

$$q = 1.48(0.46)^{3/2}$$

$$q = 0.462 \text{ m}^3/\text{s x m}$$

Donde B es el ancho de caída:

$$B = \frac{Q}{q} \quad (67)$$

$$B = \frac{Q}{q} = \frac{0.354}{0.462}$$

$$B = 0.766 \approx 0.80\text{m}$$

Cálculo de la longitud de transición de entrada:

$$Lte = \frac{T_1 - T_2}{2 \operatorname{tg}(\alpha/2)} \quad (68)$$

$$Lte = \frac{T_1 - T_2}{2 \operatorname{tg}(12.5)}$$

$$Lte = \frac{0.80 - 0.788}{2 \operatorname{tg}(12.5)}$$

$$Lte = 0.02 \approx \text{despreciable}$$

Dimensiones de la caída:

$$q = \frac{Q}{B} \quad (69)$$

$$q = \frac{0.354}{0.80}$$

$$q = 0.443\text{m}^3/\text{s x m}$$

Cálculo del tirante critico:

$$yc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (70)$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{(0.443)^2}{9.81}}$$

$$y_c = 0.27m$$

$$D = \frac{q^2}{g(\Delta z)^3} \quad (71)$$

$$D = \frac{(0.443)^2}{9.81(0.98)^3}$$

$$D = 0.0213$$

Cálculo de la longitud del pie de caída al inicio del salto:

$$Ld = 4.30 \times \Delta h \times D^{0.27}$$

$$Ld = 4.30 \times 0.98 \times 0.0213^{0.27}$$

$$Ld = 1.49 m$$

Altura de agua pegada al pie de caída:

$$y_p = 1.00 \times \Delta Z \quad (72)$$

$$y_p = 1.00 \times \Delta Z$$

$$y_p = 1.00 \times (0.0213)^{0.22} \times 0.98$$

$$y_p = 0.420 m$$

Cálculo de profundidad seciente menor:

$$y_1 = 0.54 \times D^{0.425} \Delta Z \quad (73)$$

$$y_1 = 0.54(0.0213)^{0.425} \times 0.98$$

$$y_1 = 0.103 m$$

Cálculo de la profundidad seciente mayor:

$$y_2 = 1.66 \times D^{0.27} \times \Delta Z \quad (74)$$

$$y_2 = 1.66 \times D^{0.27} \times \Delta Z$$

$$y_2 = 1.66 \times (0.0213)^{0.27} \times 0.98$$

$$y_2 = 0.575 m$$

Cálculo de la longitud del salto hidráulico:

$$Lj = 5(y_2 - y_1) \quad (75)$$

$$Lj = 5(0.575 - 0.103)$$

$$Lj = 2.36m$$

Longitud del estanque de amortiguamiento:

$$LEA = L_j + L_d \quad (76)$$

$$LEA = 2.36 + 1.49$$

$$LEA = 3.85m$$

Longitud del tramo del canal rectangular.

$$L = 3.5y_c \quad (77)$$

$$L = 3.5 \times 0.27$$

$$L = 0.95m$$

Ancho del estanque de amortiguamiento:

$$L = B + 0.40 \quad (78)$$

$$L = 0.80 + 0.40 = 1.20m$$

Longitud de transición de salida:

$$Lts = \frac{T_3 - T_2}{2 \operatorname{tg}(12.5)} \quad (79)$$

$$Lts = \frac{1.20 - 0.979}{2 \operatorname{tg}(12.5)}$$

$$Lts = 0.498 \approx 0.50m$$

Cálculo de energía de la poza disipadora

Contracción lateral igual a 0.20 m

Ancho de la poza disipadora igual a 1.20 m

$$B^* = B + 0.40 = 1.20 \quad (80)$$

$$B^* = B + 0.40 = 1.20$$

A = by, area rectangular

$$A = 1.20y$$

$$A = 1.20(0.27)$$

$$A = 0.324m^2$$

$$P = 1.20 + 2y \quad (81)$$

$$P = 1.20 + 2(0.27)$$

$$P = 1.74m$$

$$Q = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{nP^{2/3}}$$

$$0.354 = \frac{(1.20y)^{5/3} (0.00221)^{1/2}}{(0.014)(1.20 * 2y)^{2/3}}$$

$$y = 0.27$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0.354}{0.324}$$

$$v = 1.093m/s$$

$$Ep = y + \frac{v^2}{2g}$$

$$Ep = 0.27 + \frac{(1.093)^2}{2(9.81)}$$

$$Ep = 0.331m$$

∴ E Poza disipadora

E Aguas abajo

0.331 <

0.490

ok si cumple

Verificación del Funcionamiento de la Poza									
N°	CAUDAL	TIRANTE	MOMENTUM	TIRANTE	MOMENTUM	LONGITUD	NIVEL ENERGIA	NIVEL ENERGIA	FUNCIONAMIENTO
	(M3/S)	Y1	1	Y2	2	DE POZA	EN POZA	AGUAS ABAJO	DE LA POZA
		(M)	Newton/p[agua]	(M)	Newton/p[agua]	(M)	(M)	(M)	
1	0.354	0.103	0.1090	0.575	0.2040	3.8480	3919.9980	3920.0000	OK
2	0.319	0.094	0.0970	0.543	0.1810	3.6510	3919.9650	3919.9720	OK
3	0.283	0.085	0.0840	0.510	0.1590	3.4420	3919.9300	3919.9430	OK
4	0.248	0.076	0.0720	0.474	0.1370	3.2180	3919.8940	3919.9110	OK
5	0.212	0.067	0.0600	0.436	0.1150	2.9780	3919.8550	3919.8770	OK
6	0.177	0.057	0.0480	0.395	0.0940	2.7150	3919.8120	3919.8410	OK
7	0.142	0.047	0.0370	0.350	0.0740	2.4240	3919.7660	3919.8000	OK
8	0.106	0.037	0.0270	0.300	0.0540	2.0920	3919.7140	3919.7550	OK
9	0.071	0.026	0.0170	0.241	0.0340	1.6980	3919.6540	3919.7020	OK
10	0.035	0.015	0.0070	0.166	0.0160	1.1860	3919.5770	3919.6360	OK

EL DISEÑO ES ACEPTABLE.
EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA

Cerrar

Figura 37. Resultados finales con el SOFTWARE RÁPIDAS V1.0

Diseño estructural de Caída Vertical

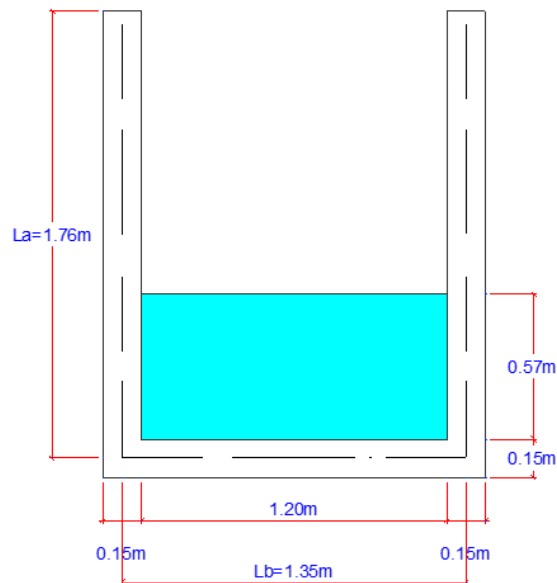


Figura 38. Medidas de la sección de caída

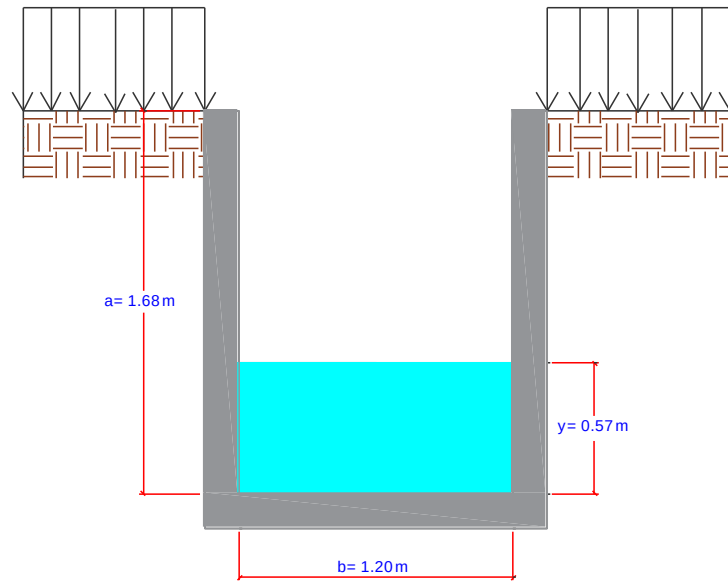


Figura 39. Carga distribuida

Datos:

$$s/c = 1000.00 \text{ kg/cm}^2.$$

Características físicas del suelo.

$$\gamma_s = 1550.00 \text{ kg/cm}^2.$$

$$C = 0.068 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\phi = 25^\circ.$$

Características del concreto:

$$f'_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\gamma_c = 2400.00 \text{ kg/cm}^2.$$

Características del refuerzo:

$$f_y = 4200.00 \text{ kg/cm}^2$$

Espesor de losa de muro:

$$e = 0.15 \text{ m}.$$

σ_p = capacidad portante del estrato ubicado en el fondo del canal.

$$\sigma_p = 0.919 \text{ kg/cm}^2.$$

σ = presión que ejerce el sistema en el fondo del canal.

$$\sigma = \sigma_{\theta} + \sigma_a \quad (82)$$

σ_{θ} =presión que ejerce la estructura.

σ_a =presión que ejerce el agua contenida en la losa de fondo.

Cálculo de la presión que ejerce la estructura:

$$\sigma_{\theta} = \gamma_c (A_E - E_1) \left(\frac{1.00}{(b + 2e) \times 1.00} \right) \quad (83)$$

$$\sigma_{\theta} = \frac{210.00 \text{ kg/m}^2 (1.83 \text{ m} \times 1.50 \text{ m} - 1.68 \text{ m} \times 1.20 \text{ m})}{1.50 \text{ m}}$$

$$\sigma_{\theta} = 102.06 \text{ kg/m}^2$$

Determinación de la presión que el agua ejerce sobre la losa de fondo, bajo la suposición de que opera a plena capacidad.

$$\sigma_a = \gamma_a \times a \quad (84)$$

$$\sigma_a = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 1.68 \text{ m}$$

$$\sigma_a = 1680.00 \text{ kg/m}^2$$

Por último, la presión que el sistema aplica sobre el estrato en el que descansa la estructura es:

$$\sigma = \sigma_{\theta} + \sigma_a$$

$$\sigma = 102.06 \text{ kg/m}^2 + 1680.00 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma = 1782.06 \text{ kg/m}^2 \text{ "dividimos entre 10,000 para convertir a cm}^2 \text{ "}$$

$$\sigma = 0.18 \text{ kg/cm}^2 < 0.919 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{"OK"}$$

Conclusión: la estructura no fallará por asentamiento.

Cálculo del empuje activo.

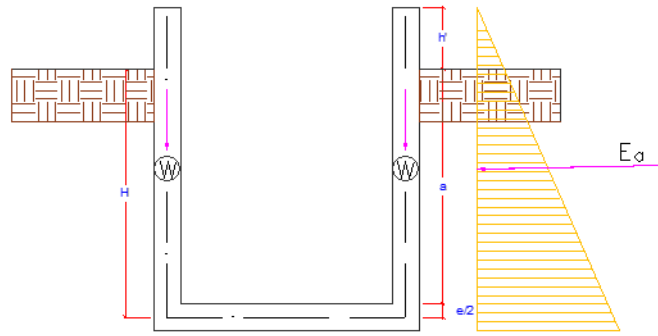


Figura 40. Localización del empuje activo

$$E_a = \frac{1}{2} \times k_a \times \gamma_s \times H(H + 2h') \quad (85)$$

Coeficiente del empuje activo:

$$k_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right) \quad (86)$$

$$k_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right)$$

$$k_a = \tan^2 \left(45 - \frac{25}{2} \right)$$

$$k_a = 0.406$$

Cálculo de H:

$$H = a + \frac{e}{2} \quad (87)$$

$$H = 1.68m + \frac{0.15m}{2}$$

$$H = 1.76m$$

Cálculo de h':

$$h' = \frac{s/c}{\gamma_s} \quad (88)$$

$$h' = \frac{1000 \text{ kg/m}^2}{1550 \text{ kg/m}^3}$$

$$h' = 0.65\text{m}$$

Reemplazando valores:

$$E_a = \frac{1}{2} \times 0.406 \times 1550 \text{ kg/m}^3 \times 1.76\text{m}(1.76\text{m} + 2(0.65\text{m}))$$

$$E_a = 1694.579 \text{ kg/m}$$

Calculo debido al empuje activo:

$$MEA = E_a \times \frac{H}{3} \times \left(\frac{H + 3h'}{H + 2h'} \right) \quad (89)$$

$$MEA = 1694.579 \text{ kg/m} \times \frac{1.76\text{m}}{3} \times \left(\frac{1.76\text{m} + 3(0.65\text{m})}{1.76\text{m} + 2(0.65\text{m})} \right)$$

$$MEA = 1205.329 \text{ kg/m}$$

Para el análisis de la losa de fondo, se considera la estructura en estado vacío. El peso propio de la losa inferior no se toma en cuenta, ya que no contribuye al momento.

Carga de las losas verticales:

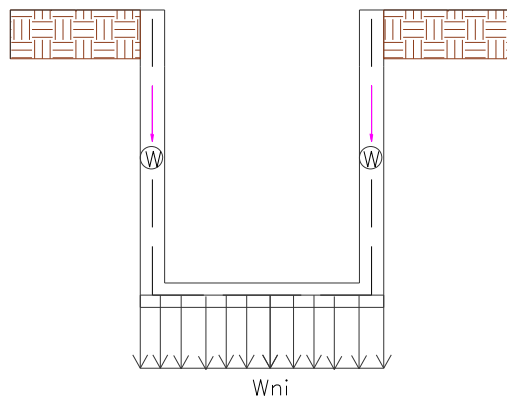


Figura 41. Carga distribuida a lo largo de la losa de fondo

$$p = \frac{y_c \times c \times a \times 1.00\text{m}}{L_b} \quad (90)$$

$$p = \frac{2400kg/m^3 \times 0.15m \times 1.68 \times 1.00m}{1.35}$$

$$p = 448.00kg/m$$

$$2p = 896.00kg/m$$

$$w_i = 896.00kg/m$$

La carga distribuida a lo largo de la losa es:

$$w_i = 2p \quad (91)$$

El momento máximo en un elemento apoyado ocurre en el centro, es decir:

Cuando:

$$x = \frac{L}{2} \rightarrow M_{12max} = \frac{WL^2}{8} \quad (92)$$

Cálculo del momento isostático máximo:

$$w = w_i = 896.00kg/m$$

$$L = Lb = 1.35m$$

$$M_i = \frac{896.00kg/m(1.35)^2}{8}$$

$$M_i = 204.12 \text{ kg } m$$

Momento de diseño

Muros laterales:

$$ML = 1.8 \times MEA \quad (93)$$

$$ML = 1.8 \times (1205.329)$$

$$ML = 2169.592 \text{ kg } m$$

Losa:

$$Md = 1.8 \times MEA - 1.5 \times M_i \quad (94)$$

$$Md = 1.8 \times 1205.329kg \text{ } m - 1.5 \times 204.12kg \text{ } m$$

$$Md = 1863.412 \text{ kg-m}$$

Dimensionamiento final:

Cálculo del peralte efectivo:

$$d = \sqrt{\frac{M}{K \times 6}} \begin{cases} f'_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2 \\ f_s = 1680.00 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$
$$k = 15$$
$$j = 0.88$$
$$e = 15 \text{ cm}$$

M=2169.592 kg-m, que viene hacer el mayor momento y que se presenta en la losa lateral
K=15 “obtenida de la tabla”

$$d = \sqrt{\frac{2169.592}{15 \times 1.00}} \rightarrow d = 12.027 \text{ cm}$$

Si el recubrimiento utilizado es: 3.50 cm y un esfuerzo principal de diámetro $\Phi 3/8$ ”, el espesor de losa teórico t_c :

$$t_c = d + \left(\frac{\phi}{2} + r \right) \quad (95)$$

$$t_c = 12.027 + \left(\frac{0.95}{2} + 2.5 \right)$$
$$t_c = 15 \text{ cm}$$

Comparando un espesor teórico con el asumido $t_c = 15.00 \leq 15.00 \text{ cm OK}$

Por lo tanto, el peralte efectivo es igual:

$$d' = t_c - \left(\frac{\phi}{2} + r \right) = 15 - \left(\frac{0.95}{2} + 2.5 \right)$$
$$d' = 12.03 \text{ cm}$$

Cálculo del refuerzo:

Los momentos obtenidos varían para cada losa (superior, inferior y adyacente), por lo que el área de acero A_s se define en función de este parámetro.

Donde:

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2.$$

$$b = 100.00 \text{ cm.}$$

$$f'_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\phi = 0.90.$$

$$A_s = \frac{Mu}{\phi f_y (d - \frac{a}{2})} \quad (96)$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times t} \quad (97)$$

Para muros laterales

$$Mu = 2169.592 \text{ k gm} \quad A_s = \frac{2169.592}{0.90 \times 4200 \left(12.03 - \frac{2400}{2}\right)} = 5.30 \text{ cm}^2$$

Para losa

$$Mu = 1863.412 \text{ kg m} \quad A_s = \frac{1863.412}{0.9 \times 4200 \left(12.03 - \frac{2.406}{2}\right)}$$

$$A_s = 4.55 \text{ cm}^2$$

Antes de empezar los cálculos, se resuelve el área de acero mínimo y el espaciamiento entre barras máximo S_{bmax} , exigido por R.

$$A_{smin} = \rho \times b \times d \quad (98)$$

$$A_{smin} = 0.0024 \times 100.00 \times 12.05$$

$$A_{smin} = 2.887 \text{ cm}^2$$

$$\rho = 0.7 \times \frac{\sqrt{f'_c}}{f'_y} \quad (99)$$

$$\rho = 0.7 \times \frac{\sqrt{210}}{4200}$$

$$\rho = 0.0024$$

Si $S_{bmax} \leq 3 \times e \leq 45$, y el espesor de la losa es: 15.00cm

$$3 \times e = 45.00 \text{ cm}$$

$$S_{bmax} = 45.00 \text{ cm}$$

En losa inferior el área de refuerzo principal es:

$$A_s = 4.55 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 2.887 \text{ cm}^2 < 4.55 \text{ cm}^2$$

Entonces, el área del acero es el área calculada:

$$A_s = 4.55 \text{ cm}^2$$

Dimensiones del acero empleado

$$\phi = 3/8''$$

$$\text{Área: } a_s = 0.71 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento entre barras que le corresponde es:

$$s_b = \frac{100 \times a_s}{A_s} \quad (100)$$

$$s_b = \frac{100 \times 0.71}{4.55}$$

$$s_b = 15.60 \text{ cm}$$

Conclusión, el espaciamiento es: $\phi = 3/8'' @ 15 \text{ cm}$

$$\text{En losa lateral: } A_s = 5.30 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 2.887 < 5.30 \text{ cm}^2$$

Entonces, el área del acero es el área calculada: $A_s = 5.30 \text{ cm}^2$, $a = 0.71$

$$S_b = \frac{100 \times a_s}{A_s}$$

$$S_b = \frac{100 \times 0.71}{5.30}$$

$$S_b = 13.40$$

$$\phi = 3/8'', \quad \text{Area } a_s = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$\phi = 3/8'' @ 13 \text{ cm}$$

Cálculo de la cuantía máxima

Cálculo de la cuantía balanceada

$$f_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta = 0.85$$

$$\rho b = 0.85 \times \beta \times \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} \times \left(\frac{6000}{6000} \right) \quad (101)$$

$$\rho b = 0.85 \times 0.85 \times \frac{210}{4200} \times \left(\frac{6000}{6000} \right)$$

$$\rho b = 0.0213$$

$$\rho_{max} = 0.75\rho b \quad (102)$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.0213$$

$$\rho_{max} = 0.0160$$

$$A_{smax} = \rho_{max} \times b \times d \quad (103)$$

$$b=100.00\text{cm}$$

$$d=12.03\text{cm}$$

Cálculo de acero máximo

En muros

$$A_{smax} = 0.0160 \times 100.00 \times 12.03$$

$$A_{smax} = 19.25\text{cm}^2$$

En losa

$$A_{smax} = \rho_{max} \times b \times d$$

$$A_{smax} = 0.0160 \times 100.00 \times 12.03$$

$$A_{smax} = 19.25\text{cm}^2$$

Resumen de acero calculado

Muros laterales

$$\emptyset 3/8"@ 13.00 \text{ cm} \quad ; \quad A_s = 5.30\text{cm}^2$$

Losa de fondo

$$\emptyset 3/8"@ 15.00 \text{ cm} \quad ; \quad A_s = 4.55\text{cm}^2$$

Por efectos del proceso constructivo se optó por la siguiente distribución:

Muros laterales

$$\emptyset 3/8"@ 15.00 \text{ cm} \quad ; \quad A_s = 5.30\text{cm}^2$$

$$\text{Área } A_s = 0.71\text{cm}^2$$

Losa de fondo

$\varnothing 3/8" @ 15.00 \text{ cm}$; $A_s = 4.55 \text{ cm}^2$
 Área $A_s = 0.71 \text{ cm}^2$
 Resumen de refuerzos

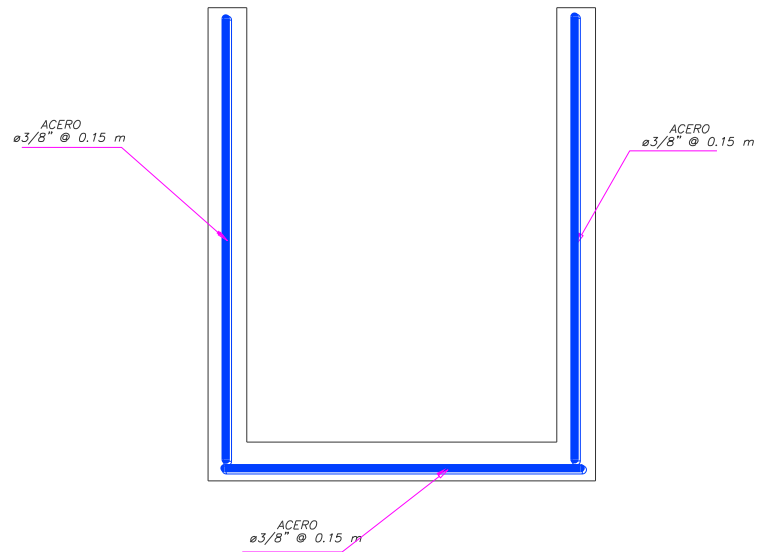


Figura 42. Resumen de refuerzos

Cálculo estructural de pasarela

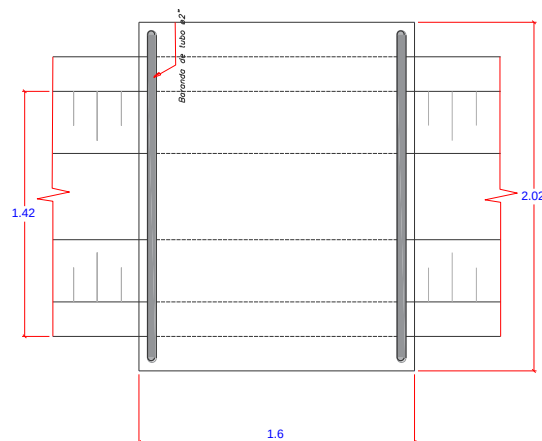


Figura 43. Cálculo estructural de pasarela

Datos:

L: Luz total 2.02.

Le: Luz efectiva 1.22.

f'c: resistencia del concreto (210.00kg/cm²).

fy: límite de fluencia del acero (4200.00kg/cm²).

A: ancho de la pasarela (1.60 m).

P: altura de la viga en pasarela (0.00).

Av: ancho de la viga (0.00).

e: espesor de la losa (0.15m).

Pe: peso específico del concreto = 2.4tn/m³.

Sc: sobre carga = 1.50tn/m³.

El momento máximo en la losa de un elemento simplemente apoyado es:

$$Mu = \frac{1.5 \times W \times L^2}{8} + \frac{1.7 \times Sc \times L^2}{8} \quad (104)$$

Donde $W = Pe \times 1 \times e$

$$WCM = 2.4tn/m^3 \times 1m \times 0.15m$$

$$W = 1.5tn/m^3 \times 1m \times 1.22m$$

$$W = 1.83tn/m$$

$$\text{Entonces: } Mu = \frac{1.5tn/m \times 0.360tn/m \times (2.02m)^2}{8} + \frac{1.7tn/m \times 1.5tn/m \times (2.02m)^2}{8}$$

$$Mu = 1.576tn - m$$

Se calculó el acero mínimo para losas, cuya cuantía mínima es 0.002, para efectos de comparación.

$$Asmin = 0.002 \times b \times e$$

$$Asmin = 0.002 \times 100.00cm \times 15.00cm$$

$$smin = 3.00cm^2$$

Se calculó la cuantía de acero diseñando el elemento por rotura, con la fórmula (1) y (2).

$$As = \frac{Mu}{\phi fy(d - \frac{a}{2})} \quad \dots (1), \quad a = \frac{As \times fy}{0.85 \times f'c \times t}$$

Donde $\phi = 0.90$

$$d = 0.10m$$

$$a = \frac{d}{5}$$

$$d = 0.10m$$

$$A_s = \frac{1.576tn/m}{0.90 \times 4200.00kg/m(0.1 - \frac{0.02}{2})}$$

$$A_s = 4.63cm^2$$

$$a = \frac{4.63cm^2 \times 4200.00kg/cm^2}{0.85 \times 210.00kg/cm^2 \times 10.00cm}$$

$$a = 1.09cm$$

Luego: $A_s > A_{smin}$

$$S = \frac{100.00cm}{\frac{4.63cm^2}{1.29cm^2}}$$

$$S = 27.86cm$$

Se acepta:

Usar $\phi 1/2''$ @0.25cm. acero longitudinal.

Usar $\phi 1/2''$ @0.25cm. acero transversal.

4.1.5.4. Diseño de retenciones del canal trapezoidal

$$Q=0.354m^3/s$$

$$b=0.49$$

$$y=0.42$$

$$Z=0.577$$

$$A=0.310$$

$$V=1.136m/s$$

$$S=0.002$$

$$B. L=0.20m$$

- Se determinó el ancho de la parte central:

$$B = \frac{A}{y} \quad (105)$$

$$B = \frac{0.31}{0.42} = 0.74m$$

- Cálculo del caudal de vertimiento:

$$Q = CLH^{3/2} \quad (106)$$

C=1.94 (de la tabla N°18)

H=80% del B.L.=0.16m

$$H^{3/2} = 0.064$$

$$L_1 = b + 2yz \quad (107)$$

$$L_1 = 0.74 + 2(0.42)(0.577) = 1.22m$$

$$L_2 = B + 2(y + H)Z \quad (108)$$

$$L_2 = 0.74 + 2(0.42 + 0.16) \times 0.577 = 1.41m$$

$$L = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

$$L = \frac{1.22 + 1.41}{2} = 1.32m$$

$$Q_{\text{vert}} = C \times L \times H^{3/2} \quad (109)$$

$$Q_{\text{vert}} = 1.94 \times 1.32 \times 0.064^{3/2}$$

$$Q_{\text{vert}} = 0.164m^3/s$$

$$40\% \text{ de } 0.354m^3/s = 0.142$$

$$\therefore 0.164 \text{ m}^3/\text{s} > 0.142 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal de vertimiento cumple con el criterio establecido que indica que el caudal de vertimiento debe ser mayor o igual al caudal de diseño.

- Velocidad por encima de la cresta vertedora:

$$V = \frac{Q_{vert}}{A} = \frac{0.164}{1.32 \times 0.16} = 0.78 \text{ m/s}$$

$$V = 0.78 \text{ m/s} < 1.136 \text{ m/s}$$

- Longitud de transiciones
Las características del canal aguas arriba y aguas abajo son idénticas:

$$LTe = LTs = \frac{L1 - L3}{2 \tan 12^\circ 30'} = \frac{1.22 - 0.98}{2 \times 0.22169}$$

$$L3 = T(\text{espejo de agua } 0.98 \text{ m})$$

$$LTe = LTs = 0.54 \text{ m}$$

Cálculo del área de la retención

Área de un trapecio:

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

$$A = \frac{1.22 + 0.74}{2} \times 0.42$$

$$A = 0.41 \text{ m}^2$$

En el plano OA-02 se presenta el diseño final de la retención que está ubicado en Anexos.

4.1.6. Modelamiento hidráulico con HEC-RAS

Para el modelamiento se empezó exportando las secciones transversales, elevaciones y la pendiente del programa CIVIL 3D. respecto del uso del programa HEC RAS, es de suma importancia insertar los datos de la sección transversal como rugosidad, caudal y pendiente.

Los resultados que se obtuvieron en la gráfica muestran el correcto funcionamiento de la estructura del canal, tal como se puede apreciar en la Figura 44.

Del mismo modo, el análisis muestra que no hay desbordamiento en el canal, lo que asegura el correcto funcionamiento de la estructura; en otras palabras, las dimensiones del canal en Pacastiti son adecuadas para manejar un caudal de $0.354 \text{ m}^3/\text{s}$, cumpliendo así con la demanda establecida

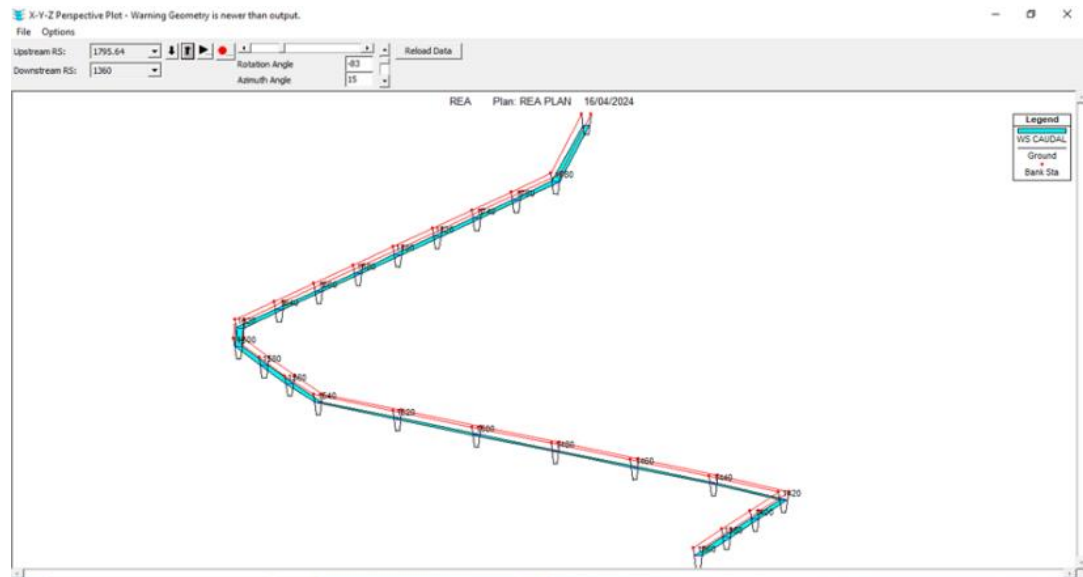


Figura 44. Vista tridimensional del canal sin desbordes

En las partes de la simulación hecha con el software HEC – RAS se observa que no habrá riesgo de desbordamiento en ningún segmento del canal, como se ve en las Figuras 45 y 46.

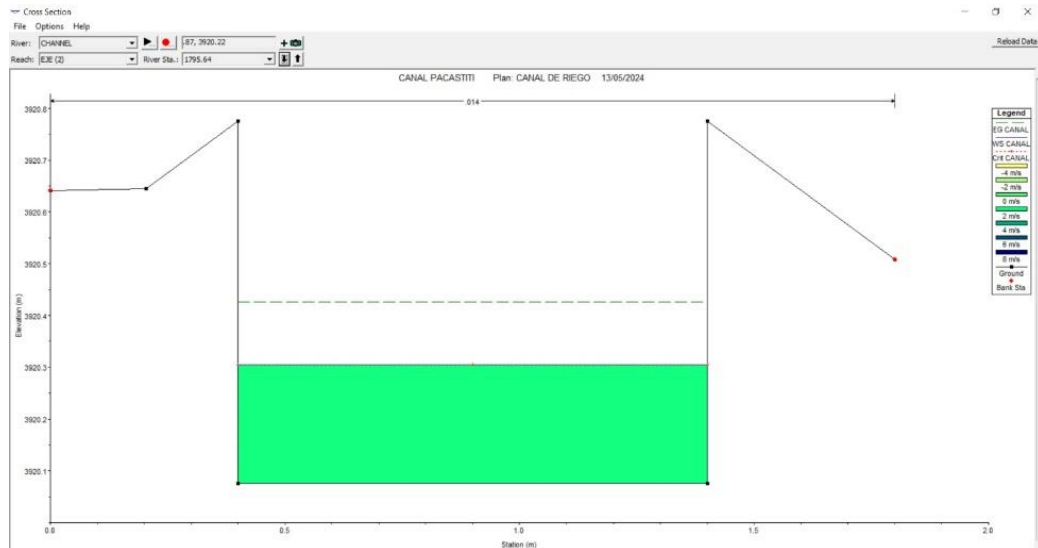


Figura 45. Sección transversal del canal rectangular donde se observa que no existe desbordamiento.

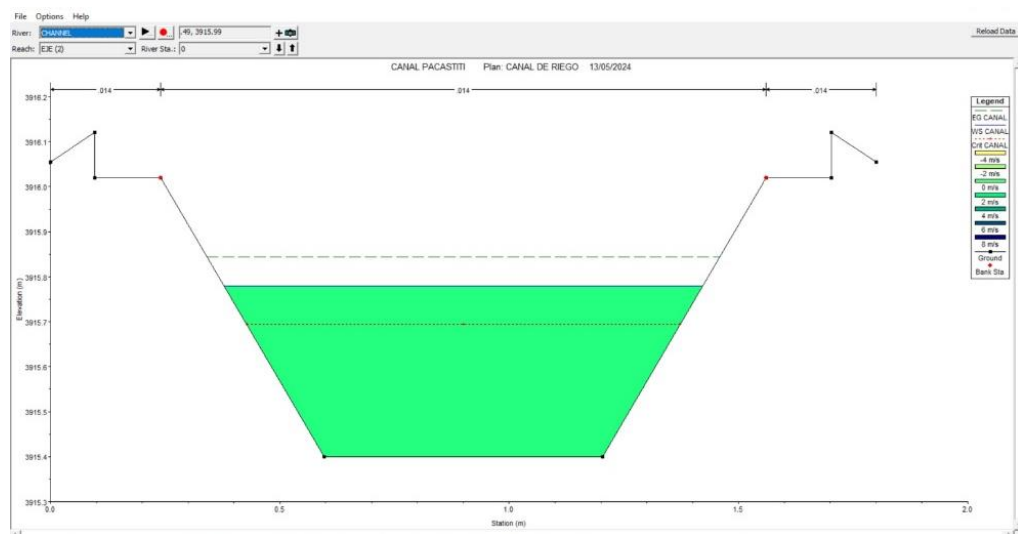


Figura 46. Sección transversal del canal trapezoidal donde se observa que no existe desbordamiento.

Modelamiento con HEC-RAS de retenciones

Se ha simulado el flujo del agua en compuertas parcialmente abiertas. Si las compuertas y la atagüa de madera permanecen cerradas en ambos lados, habrá un desbordamiento. Considerando que solo el 40 % del caudal de diseño del canal puede pasar por

el borde libre de la retención, es crucial operar adecuadamente las compuertas, bajándolas solo lo indispensable para mantener un tirante de agua que asegure la derivación del caudal requerido.

Desde el punto inicial del canal con sección trapezoidal (km 0+008.30), la velocidad del flujo de agua es de aproximadamente 1.136 m/s. Al llegar a la entrada de la transición hacia la retención, disminuye a 1.12 m/s y, al salir, incrementa a 1.23 m/s. Según la simulación realizada en HEC-RAS, este comportamiento es considerado adecuado.

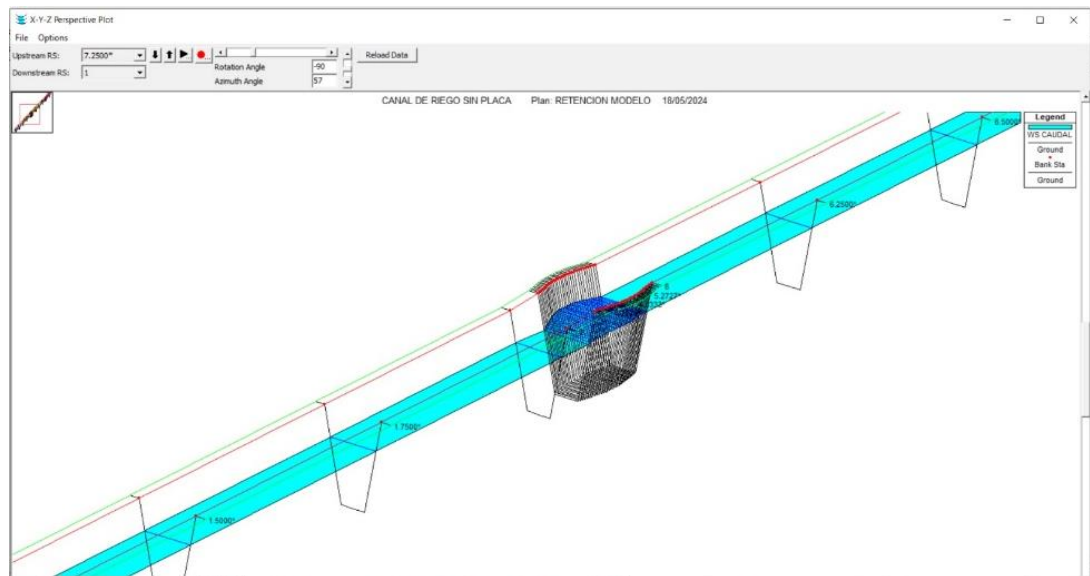


Figura 47. Simulación del flujo de agua en la retención



Figura 48. Vista bidimensional de la retención

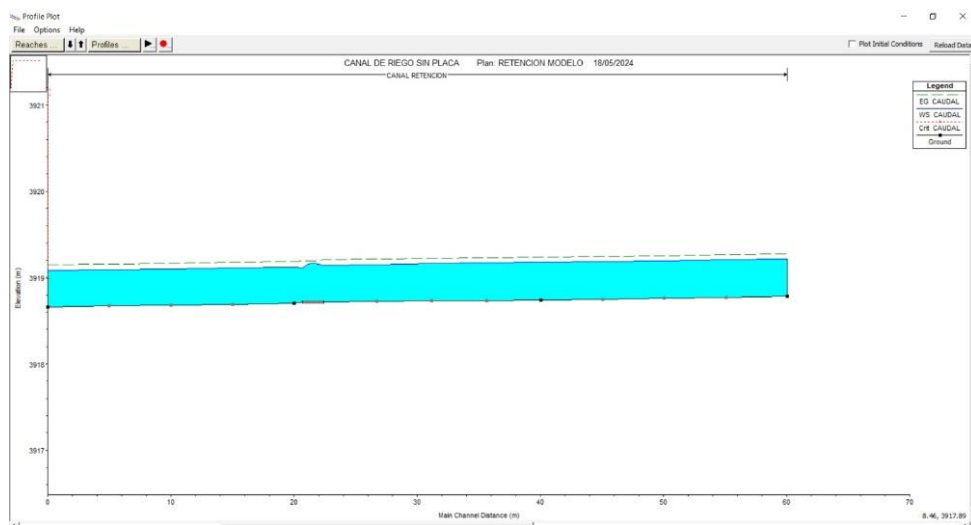


Figura 49. En el perfil se aprecia que no existe ningún desbordamiento en la retención y la sección del canal.

4.2. Discusión de resultados

1. Se hizo el levantamiento topográfico determinando el eje del canal en el terreno natural y el fondo de rasante con una pendiente de 0.20 % según el perfil longitudinal.
2. Los resultados fueron favorables obteniéndose una demanda hídrica en la zona de cultivo con un caudal máximo requerido de 101.45 l/s, ya que este es menor que la oferta hídrica. Los valores que influyen directamente en este resultado son la evapotranspiración (etp), coeficiente de uso consuntivo (kc), precipitación efectiva y requerimiento de lámina. Todos estos datos fueron calculados con la fuente de SENAMHI.
3. Según los ensayos de laboratorio, el suelo donde irá el cuerpo del canal principal es arena con limo y arcilla de baja plasticidad, por lo que se ha decidido revestirlo con concreto simple $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, que absorberá los esfuerzos y minimizará las pérdidas por infiltración.

Los valores obtenidos para el diseño de la caída vertical, basados en el estudio de mecánica de suelos, fueron los siguientes: ángulo de fricción de 25° , cohesión de 0.068 kg/cm^2 y una carga admisible de 0.919 kg/cm^2 . Para la cimentación, se aplicó un factor de seguridad de 3 en relación con la capacidad portante. La presión ejercida por el sistema sobre el estrato de apoyo de la caída vertical es inferior a la carga admisible, lo que garantiza que la estructura no sufrirá fallos por asentamiento.

4. El diseño hidráulico del canal es para un caudal de $0.354 \text{ m}^3/\text{s}$. Se inició con el diseño del canal rectangular el cual tuvo como resultado, según procesos constructivos, un ancho de solera 0.80 m, tirante 0.39 m, longitud 3.5 m. Seguidamente, se calculó la caída vertical para salvar el desnivel de 0.98 m con un ancho de caída de 0.8 m, ancho de la poza disipadora de 1.20 m con un ancho de contracción de 0.20 m en ambos lados y con una longitud de estanque total de 3.85 m. La energía en la poza disipadora es menor que la energía aguas debajo de la caída; por lo tanto, el diseño es aceptable. En la sección trapezoidal se diseñó un ancho de solera 0.50 m con un talud de 0.577, lo cual forma un ángulo de 60° con respecto a la horizontal de la base del canal con un tirante de 0.42 m. La velocidad se mantiene casi constante salvo en la salida de la retención donde se incrementa a 1.23 m/s. Del mismo modo, entre tramos la retención se mantiene casi constante.

Se aprecian, además, los resultados óptimos calculados de la retención con un ancho de base de 0.75 m, que ocupa la parte central de la retención con una ataguía de madera para retener el agua para el respectivo riego de las parcelas. El agua a pasar por encima de la ataguía calculado con el 40 % del caudal de diseño que es el caudal de vertimiento de $0.164 \text{ m}^3/\text{s}$, esto es mayor al 40 % del caudal de diseño, lo cual cumple con el parámetro de diseño.

5. No hay una normativa universal para determinar el grosor del revestimiento de concreto. No obstante, con base en la experiencia adquirida en la construcción de canales en el país, se recomienda un espesor de 5 a 7.7 cm para canales pequeños y medianos, y de 10 a 15 cm para canales medianos y grandes, siempre que no se incluya armadura en el diseño (Autoridad Nacional del Agua, 2010). Para calcular el presupuesto del canal revestido con concreto, se ha considerado un espesor de 10 cm.
6. La nueva estructura del canal tendrá una pérdida por infiltración de $33.78 \text{ m}^3/\text{día}$ en todo el tramo del canal, lo que representa el 0.11 % del caudal total ingresado. Además, se han calculado las pérdidas por evaporación en todo el tramo del canal, obteniendo un caudal de $1.90 \text{ m}^3/\text{día}$ que representa un porcentaje de 0.006 % del caudal total. Por lo tanto, las pérdidas se reducen 6.4 veces en relación al canal no revestido. Todos estos resultados son aproximaciones.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las conclusiones alcanzadas en este estudio son las siguientes:

1. Las condiciones geológicas y morfológicas son llanuras y mesetas que son las más comunes en la región. El levantamiento topográfico fue muy importante para poder procesar los datos en el programa CIVIL 3D, con ello se hizo el trazado correspondiente de la pendiente que dio 0.2 % mediante el perfil longitudinal y el trazado de todo el tramo del canal, de acuerdo a la superficie del terreno.
2. No se presentará un déficit de agua para el suministro del proyecto, ya que la disponibilidad de la fuente (Río San Antón) supera la demanda. El diseño realizado del canal Pacastiti es de máxima eficiencia hidráulica, ya que cumple con los parámetros establecidos para un diseño con máxima eficiencia hidráulica. El canal proyectado no enfrentará dilemas de sedimentación, ya que su velocidad mínima estimada es de 1.136 m/s, superior a la velocidad mínima recomendada de 0.8 m/s, que previene la sedimentación. Además, la velocidad máxima proyectada es de 1.23 m/s, por debajo del límite de 3.00 m/s a partir del cual podrían ocurrir problemas de erosión en el revestimiento de concreto simple con resistencia $f'c = 175\text{kg/cm}^2$. Las obras de arte diseñadas cumplen con los consejos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), garantizando un funcionamiento hidráulico eficiente y sin problemas para el sistema de canal proyectado.
3. Mediante el análisis de mecánica de suelos se han identificado las características, propiedades físicas y geomecánicas del suelo como capacidad de carga, constantes de reacción, empujes de tierra y manejabilidad del terreno. Con estos factores se puede asegurar una construcción segura. No se encontró nivel freático a 1.50 m en calicata, lo cual es favorable para el diseño del canal; solo se encontró un suelo relativamente húmedo. La carga admisible comprende desde 0.799kg/cm^2 hasta 0.799kg/cm^2 , lo cual implica que se tiene un suelo apto para diseñar las estructuras proyectadas.
4. Por último, se concluye que el nuevo diseño del canal incrementará significativamente la eficiencia del riego, favoreciendo el crecimiento de la producción agrícola y ganadera. En consecuencia, mejorará la economía de los pobladores. La propuesta del estudio permitirá irrigar 67.03 hectáreas adicionales, beneficiando a 70 usuarios al incorporar estas áreas a la agricultura bajo riego.

5. La eficiencia por conducción en todo el tramo del canal es 99.72 %, ya que se reducen las pérdidas 6.4 veces en relación al canal sin revestir.
6. Las pérdidas por fricción e infiltración se reducirán cumpliendo con todos los parámetros establecidos.

5.2. Recomendaciones

1. A las autoridades locales de riego se les recomienda llevar a cabo la gestión necesaria para asegurar la financiación y la implementación efectiva de la propuesta técnica. Esto incluye coordinar con entidades financieras, obtener los recursos requeridos y supervisar la correcta ejecución del proyecto según los estándares establecidos.
2. Con el cálculo del presupuesto que es de S/.622,010.78 a nivel de costo directo, se puede decir que es un proyecto totalmente sustentable y que va a mejorar el sistema de conducción de agua desde la toma lateral hasta la toma parcelaria.
3. Del perfil estratigráfico del terreno, se recomienda que, teniendo los valores de la capacidad admisible, se desplanten las estructuras a un nivel de cimentación que se estime en el cálculo estructural correspondiente. Se establecerá una cimentación superficial que se basa en la capa superficial o poco profunda del terreno, ya que cuenta con suficiente capacidad portante o se trata de edificaciones secundarias y ligeras; en este tipo, la carga se distribuye en un plano de apoyo horizontal.
4. Se sugiere establecer un sistema de drenaje agrícola para reducir el nivel freático al menos un metro y asegurar el crecimiento adecuado de los cultivos.
5. El modelamiento del flujo de agua utilizando el programa HEC-RAS debe llevarse a cabo simultáneamente con el diseño del canal y las obras asociadas. Este enfoque permite verificar en tiempo real la eficacia del diseño, garantizando que no se produzcan problemas de desbordamiento. En caso de que se detecten posibles fallos, estos pueden corregirse de inmediato, ajustando el diseño según los criterios establecidos para asegurar un funcionamiento óptimo del canal.
6. Emplear los agregados apropiados en la mezcla del concreto: para concreto armado se utilizará un $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ y para un concreto simple un $f'c = 175\text{kg/cm}^2$. Además, se sugiere utilizar material impermeabilizante para evitar posibles fugas y disminuir el razonamiento de las paredes y el fondo del canal.
7. Es importante señalar que, debido a la presencia de un suelo saturado cerca de la rasante del canal, se recomienda implementar un material debajo de la base del canal con una profundidad de 0.30 metros. Esta capa se compondrá de dos niveles: la primera capa será un filtro de 0.15 metros de altura, formado por piedras de entre 1 y 1.5 pulgadas de diámetro, y la segunda capa consistirá en una capa de arena gruesa de 0.15 metros de altura. Esta estructura ayudará a mejorar la estabilidad y el drenaje del canal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASALDE, José. 2020.** Diseño del canal de riego con máxima eficiencia hidráulica mediante el software HEC-RAS, del tramo km 0+000 al km 3+085, en el distrito de Salas, región Lambayeque. [En línea] 2020. [Citado el: 20 de octubre de 2023.] <https://hdl.handle.net/20.500.12727/6942>.
- ASCOY, José. 2019.** Diseño del mejoramiento del canal de riego la Banda, progresiva km. 0+000 al km. 1+112, sector la Banda, Distrito San Benito, Provincia de Contumaza – Cajamarca, 2019. [En línea] 2019. [Citado el: 10 de noviembre de 2023.] <https://hdl.handle.net/20.500.14414/12376>.
- AUTORIDAD NACIONAL DE AGUA. 1969.** *PROYECTO 7 IRRIGACIONES*. PUNO : s.n., 1969.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. 2010.** *criterios de diseños de obras hidraulicas para la formulación de proyectos hidraulicos multisectoriales y de afianzamiento hidrico*. Lima : s.n., 2010.
- BALTODANO, William y MORALES, Sheyla. 2015.** Diseño hidráulico de un canal de 1 km de longitud que comprende parte de la zona 2, 5, 6 Y 11 del L. Municipio de Ciudad Sandino, de marzo a julio 2015. [En línea] 2015. [Citado el: 12 de octubre de 2023.] <https://core.ac.uk/download/pdf/53103576.pdf>.
- BH, SALZGITTER CONSULT GM. 1984.** *Planificacion de canales, zona piloto ferreñafe Tomo II/1 Proyecto Tinajones*. Chiclayo : s.n., 1984.
- CAPCHA, Gusleidy y MARTINEZ, Frank. 2021.** Evaluación de eficiencia hidráulica de canales de riego por gravedad - canal Huayao, Chupaca, Junín 2021. [En línea] 2021. [Citado el: 19 de octubre de 2023.] <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11093>.
- CHAN, Eduardo. 2015.** Revisión de la capacidad y funcionamiento hidráulico de un canal mediante modelación numérica. [En línea] 2015. [Citado el: 20 de octubre de 2023.] <https://repositorio.unam.mx/contenidos/72627>.
- CHEREQUE, Wendor. 1993.** *Mecanica de Fluidos 2*. [ed.] Concytec. Lima-Perú : Pontificia Universidad Católica del Perú. Sistema de Bibliotecas, 1993.
- CORONADO DEL AGUILA, Francisco. 1992.** *Diseño y construccion de canales*. Lima : s.n., 1992.
- DAS, Braja M. 2013.** *Fundamentos de ingenieria geotecnica cuarta edición*. Mexico : RPK, 2013. 978-607-519-373-1.
- Davis, C.V.** *Handbo ok of applied hydraulics*.

DEMIN, Pablo et al. 2017. Eficiencia de conduccion del sistema de riego del embalse las Piriquitas, en la provincia de Catamarca, Argentina. [En línea] 2017. [Citado el: 10 de octubre de 2023.] <http://ojs.fch.unicen.edu.ar/index.php/estudios-ambientales/article/view/144>.

FIESTAS, Elber y SEGURA, Hernán. 2020. Diseño de un canal de riego para el Caserío Acequia Alta, Distrito de Cascas, Provincia Gran Chimú, Región La Libertad. [En línea] 2020. [Citado el: 2 de noviembre de 2023.] <https://hdl.handle.net/20.500.12692/48724>.

GARCIA, Elmer. 1997. *MANUAL DE DISEÑO HIDRAULICO Y OBRAS DE ARTE*. LIMA : s.n., 1997.

HERNÁNDEZ, Roberto FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación*. [ed.] sexta. INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Mexico D.F. : McGRAW-HILL, 2014. pág. 600. ISBN: 978-607-15-0291-9.

IMPROVEMENT"ILRI, "INTERNATIONAL INSTITUTE FOR LAND RECLAMATION AND. 1978. *Principios y Aplicaciones del Drenaje, Tomo IV*. 1978.

KERLINGER, Fred y LEE, Howard. 2002. *Investigacion del Comportamiento*. [trad.] Leticia PINEDA. 4. México : Mc GRAW-HILL, 2002. pág. 827.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN. 1978. *Boletin tecnico N°7 "Consideraciones Generales sobre Canales Trapezoidales"*. 1978.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO-DGIAR. 2015. *Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego*. Lima : s.n., 2015.

—. **2015.** *Manual N°5 Medición del agua*. Lima : s.n., 2015.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES [MTC]. 2016. *Ministerio de Transportes y Comunicaciones*. Lima : s.n., 2016.

PLACIDO. Sandy y SALVATIERRA, Kevin. "Propuesta de diseño del canal Barrio Nuevo para un sistema de riego distrito de Victor Larco - provincia de Trujillo - La Libertad 2020". [En línea] [Citado el: 22 de octubre de 2023.] <https://hdl.handle.net/20.500.12759/7104>.

SOTELO, Gilberto. 2002. *Hidraulica de canales*. Mexico : 968-36-9433-0, 2002.

STREETER, Victor L., WYLIE, E. Benjamin y BEDFORD, Keith W. 2011. *Mecanica de Fluidos*. Santafé de Bogotá : McGraw-Hill Interamericana, S.A., 2011.

Torres, Sanchez Jeimi Maylin. 2017. *Diseño Hidráulico y Modelamiento en HEC-RAS del Canal*. LIMA : s.n., 2017.

USBR, UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION. 1978. *Desing of Small Canal Structures*. Colorado: United States Government Printing. 1978.

VEN TE CHOW. 2004. *Hidraulica de canales abiertos*. Colombia : Nomos S.A., 2004. 958-600-228-4.

VILLÓN, Máximo. 2005. *Diseño de estructuras hidraulicas*. Lima : Villón, 2005. Vol. 2.

- . **2003.** *Diseño de Estructuras Hidraulicas*. Lima : Villon, 2003.
- . **2007.** *Hidraulica de Canales*. Lima : Editorial Villón, 2007. 99778-66-081-6.

ANEXOS

ANEXO 1: TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
VARIABLE INDEPENDIENTE: Diseño de canal de riego por gravedad	Topografía	Perfil longitudinal	%
		rasante	m
		Sección transversal	m
	Oferta, demanda y diseño hidráulico	Demanda hídrica	m ³ /s
		Caudal	m ³ /s
		Área hidráulica	m ²
		velocidad	m/s
	Estudio de mecánica de suelos	Granulometría	mm
		Clasificación de suelos	AASHTO SUCS
		Contenido de humedad	%
		Limite liquido	%
		Limite plástico	%
		Capacidad portante del suelo	Kg/m ²
	Geometría del canal	Talud	m
		Pendiente	m/m
		Rugosidad	adimensional
	Material de revestimiento	Concreto	Kg/cm ²
VARIABLE DEPENDIENTE: Máxima eficiencia hidráulica	Perdidas	Fricción	m
	Perdidas de conducción	Infiltración	m ³ /s
		Evaporación	mm
	Calculo	Caudal de entrada	m ³ /s
	(capacidad de transporte)	Caudal de salida	m ³ /s

ANEXO 2: TABLA DE MATRIZ DE CONSISTENCIA.

TABLA DE MATRIZ DE CONSISTENCIA							
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Problema Especifico	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variables	Metodologías
¿Cómo se puede diseñar un canal de riego por gravedad que logre la máxima eficiencia hidráulica en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo - Azángaro - Puno?	Diseñar un canal de riego por gravedad que logre la máxima eficiencia hidráulica en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo - Azángaro - Puno.	El diseño adecuado del canal de riego por gravedad permite alcanzar la máxima eficiencia hidráulica, considerando factores geométricos, hidráulicos y geotécnicos en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo - Azángaro - Puno.	¿Cuál es la pendiente apropiada para el canal y el diseño geométrico de la trayectoria del canal, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo -Azangaro-Puno?	Realizar el levantamiento topográfico para determinar la pendiente apropiada para el canal y el diseño geométrico de la trayectoria del canal, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo -Azangaro-Puno.	El levantamiento topográfico determinara una pendiente apropiada para el canal y el diseño geométrico de la trayectoria del canal, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo -Azangaro-Puno.	<u>Variable Dependiente:</u> Determinar la pendiente apropiada para el canal y el diseño geométrico de la trayectoria del canal <u>Variable Independiente:</u> Levantamiento topográfico.	Tipo de investigación Enfoque: Cuantitativo. Tipo: Aplicada Nivel de Investigación: Descriptivo-explicativo.
			¿Cuál es la demanda de agua para el canal, objeto de estudio, obtenida mediante el estudio hidrológico, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo -Azangaro-Puno?	Determinar la demanda de agua para el canal, objeto de estudio, mediante el estudio hidrológico, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo -Azangaro-Puno.	El estudio hidrológico determinará la demanda de agua para el canal en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo de la provincia de Azangaro de la región Puno.	<u>Variable Dependiente:</u> Determinar la demanda de agua para el canal en estudio. <u>Variable Independiente:</u> Estudio hidrológico.	
			¿Cuál es el estudio de mecánica de suelos en puntos estratégicos en todo el trayecto del tramo del canal en estudio, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo - Azangaro-Puno?	Determinar el estudio de mecánica de suelos en puntos estratégicos en todo el trayecto del tramo del canal en estudio, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo - Azangaro-Puno.	El estudio de mecánica de suelos determinara las diferentes características físico-mecánicas de los suelos que constituyen la pared estratigráfica, en los puntos estratégicos en todo el trayecto del tramo del canal en estudio, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo de la provincia de Azángaro de la región Puno.	<u>Variable Dependiente:</u> Trayecto del tramo del canal en estudio. <u>Variable Independiente:</u> Estudio de mecánica de suelos.	
			¿Cuál es la geometría típica del canal para una conducción con máxima eficiencia hidráulica, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo -Azangaro-Puno?	Determinar la geometría típica del canal para una conducción con máxima eficiencia hidráulica, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo -Azangaro-Puno.	La determinación de la geometría típica del canal permitirá una conducción con máxima eficiencia hidráulica, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo de la provincia de Azangaro de la región Puno.	<u>Variable Dependiente:</u> Conducción con máxima eficiencia hidráulica. <u>Variable Independiente:</u> Geometría típica del canal	
¿Cuáles son las pérdidas hidráulicas y de conducción a lo largo del canal, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, provincia de Azángaro, región Puno?				Cuantificar las pérdidas hidráulicas y de conducción a lo largo del canal, en el centro poblado de Pacastiti, distrito de Asillo, provincia de Azángaro, región Puno.	La cuantificación de las pérdidas hidráulicas y de conducción a lo largo del canal permitirá identificar los factores que afectan la eficiencia en el transporte del agua en el canal, en el centro poblado de Pacastiti del distrito de Asillo, provincia de Azángaro, región Puno.	<u>Variable Dependiente:</u> Pérdidas hidráulicas y de conducción. <u>Variable Independiente:</u> Factores que afectan la eficiencia en el transporte del agua.	Diseño de Investigación. Diseño: No experimental. Tipo: Transeccional o transversal. Población y muestra. Población: Canal de riego del centro poblado de Pacastiti. Muestra: Progresiva 0+00 – 1+796 km del canal. Técnicas de recolección de datos. Observación directa. Levantamiento topográfico. Estudio de mecánica de suelos Diseño del canal- H canales Modelamiento HEC RAS Análisis documental, internet.

ANEXO 3: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

(Estación total, trípode, 2 miras telescópicas, 2 bastones porta prisma, GPS navegador, 3 sistemas de comunicación)



Granulometría por tamizado ASTM D-422, MTC E107: (Juego de tamices ASTM, balanza electrónica, horno eléctrico)



Contenido de Humedad ASTM D -2216, MTC E 108:

(recipiente de aluminio, horno eléctrico, balanza de precisión, espátulas) Limite liquido ASTM D – 4318, MTC E110 (copa casa grande, horno eléctrico, balanza eléctrica, tamiz N°40, miseta, ranurador de bronce)



Limite plástico ASTM D-4318, MTC E 111: (balanza, horno eléctrico, vidrio poroso)



Ensayo de Corte Directo ASTM -D3080:

Equipo de Corte Directo y Caja de Corte, tornillos de ajuste, papel filtro, placas ranuradas con orificios, pistón de carga, piedras porosas, anillo para muestra.



Estos están validados con los certificados de calibración de los equipos de laboratorio que se adjuntara a continuación.

Medición de la profundidad de socavación actual del canal existente.



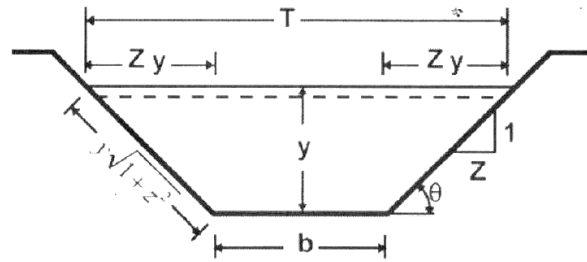
ANEXO 4: DEMOSTRACIÓN DE LA FÓRMULA DE MÁXIMA EFICIENCIA
HIDRÁULICA (MEH)

Demostración de la fórmula de máxima eficiencia hidráulica (MEH)

Sección trapezoidal

Determinando las características que debe cumplir una sección trapezoidal para que sea hidráulicamente la más eficiente de todas.

Tenemos: donde “n” es la rugosidad, “S” es la pendiente, “Z” es el talud, “y” es el tirante y “b” es la base del canal.



caudal:

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

Área:

$$A = by + Zy^2 \dots (2)$$

Perímetro:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + Z^2} \dots (3)$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{A}{P} \dots (4)$$

$$b = \frac{A}{y} - Zy \dots (5) \text{ de (2)}$$

Desarrollando:

Se dice que una sección de canal es hidráulicamente la más eficiente, cuando para una rugosidad, pendiente y área dada conduce el gasto máximo posible.

Dados A, S y n para que Q sea máximo se requiere que el radio hidráulico R sea máximo y para que esto se de es necesario que el perímetro mojado P sea mínimo.

Sustituyendo (5) en (3) y haciendo la derivada $\frac{\partial P}{\partial y}$ e igualando a cero resulta:

$$P = \left(\frac{A}{y} - Zy\right) + 2y\sqrt{1 + Z^2} \dots (6), \text{ haciendo } \frac{\partial P}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial P}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left[\left(\frac{A}{y} - Zy \right) + 2y\sqrt{1 + Z^2} \right] = 0$$

$$0 = \frac{-A}{y^2} - Z + 2\sqrt{1 + Z^2}$$

Despejando el área “A”.

$$\frac{A}{y^2} = 2\sqrt{1 + Z^2} - Z \dots (7)$$

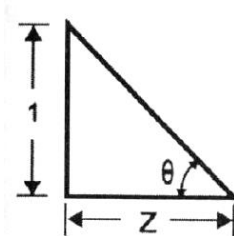
Sustituyendo (2) en (7)

$$\frac{by + zy^2}{y^2} = 2\sqrt{1 + Z^2} - Z$$

$$\frac{b}{y} + Z = 2\sqrt{1 + Z^2} - Z$$

$$\frac{b}{y} = 2(\sqrt{1 + Z^2} - Z) \dots (8)$$

Calculo de $\sqrt{1 + Z^2} - Z$ en función de θ :



θ =ángulo de inclinación de las paredes del canal con la horizontal

Se tiene:

$$\cot \theta = Z$$

luego

$$\sqrt{1 + Z^2} - Z = \sqrt{1 + \cot^2 \theta} - \cot \theta$$

$$\sqrt{1 + Z^2} - Z = \sqrt{\csc^2 \theta} - \cot \theta$$

$$\sqrt{1+Z^2} - Z = \operatorname{csec}\theta - \operatorname{ctg}\theta$$

$$\sqrt{1+Z^2} - Z = \frac{1}{\operatorname{sen}\theta} - \frac{\cos\theta}{\operatorname{sen}\theta} \dots (9)$$

Expresando en función del ángulo mitad, se tiene:

$$1 - \cos\theta = 2\operatorname{sen}^2\frac{\theta}{2} \dots (10)$$

$$\operatorname{sen}\theta = 2\operatorname{sen}\frac{\theta}{2} \times \cos\frac{\theta}{2}$$

Luego sustituyendo las 2 ultimas expresiones en (9), resulta:

$$\sqrt{1+Z^2} - Z = \frac{2\operatorname{sen}^2\frac{\theta}{2}}{2\operatorname{sen}\frac{\theta}{2} \times \cos\frac{\theta}{2}}$$

$$\sqrt{1+Z^2} - Z = \frac{\operatorname{sen}\frac{\theta}{2}}{\cos\frac{\theta}{2}}$$

$$\sqrt{1+Z^2} - Z = \operatorname{tg}\frac{\theta}{2} \dots (11)$$

Relación de la base entre el tirante reemplazando (11) en (8), se obtiene:

$$\frac{b}{y} = 2\operatorname{tg}\frac{\theta}{2} \dots (12)$$

Encontrando el talud “Z”, más eficiente para ello el tirante “y” se considera constante.

Manteniendo a “y” como constante y haciendo $\frac{\partial P}{\partial Z} = 0$ en (6)

$$\frac{\partial P}{\partial Z} = \frac{\partial}{\partial Z} \left[\left(\frac{A}{y} - Zy \right) + 2y\sqrt{1+Z^2} \right] = 0$$

$$\frac{\partial P}{\partial Z} = 0 = 0 - y + 2Zy(1+Z^2)^{-\frac{1}{2}}$$

$$-1 + 2Z(1+Z^2)^{-\frac{1}{2}} = 0$$

$$2Z = (1+Z^2)^{\frac{1}{2}}$$

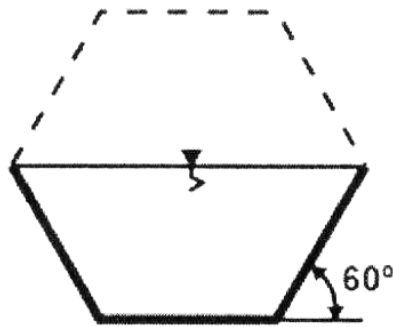
Elevamos al 2 a ambos miembros

$$4Z^2 = 1 + Z^2 \rightarrow 3Z^2 = 1$$

$\therefore Z = \sqrt{\frac{1}{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$, lo cual equivale a un $\theta = 60^\circ$ ($Z = \text{ctg}\theta$).

Este valor representa, el talud más eficiente para una sección de máxima eficiencia hidráulica, para un “y” constante.

Sección trapezoidal: mitad de un hexágono regular



ANEXO 5: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE
MECÁNICA DE SUELOS.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF -041 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	1252-2023
2. Solicitante	INGENIERIA Y GEOTECNIA YOCAT SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
3. Dirección	JR. TARMA NRO. 252 URB. LAS MERCEDES - PUNO SAN ROMAN JULIACA
4. Equipo	CORTE DIRECTO
Capacidad	300 kgf
Marca	PERUTEST
Modelo	PT-CD
Número de Serie	1059
Clase	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
Identificación	NO INDICA
Indicador	DIGITAL
Marca	PERUTEST
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	1059
División de Escala / Resolución	0.01 kgf
5. Fecha de Calibración	2023-04-18

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-04-18

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello



JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF -041 - 2023

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

En el laboratorio de Fuerza de PERUTEST S.A.C.
Avenida Chillon lote 50 b - Comas - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.6 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
KOSSOMET	CELDA DE CARGA DE 500 kg MARCA: KELI	KS22A-0087
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	1AT-1704-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF -041 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{promedio}$ (kgf)
10	30	30.00	29.90	30.00	30.0
20	60	59.94	60.00	60.00	60.0
30	90	89.90	89.80	89.90	89.9
40	120	119.80	119.70	119.80	119.8
50	150	149.70	149.60	149.60	149.6
60	180	179.60	179.50	179.50	179.5
70	210	209.50	209.50	209.50	209.5
80	240	239.40	239.40	239.30	239.4
90	270	269.30	269.30	269.89	269.5
100	300	299.20	299.30	299.00	299.2
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
30	0.11	0.33	0.00	0.03	0.47
60	0.03	0.10	0.00	0.02	0.42
90	0.15	0.11	0.00	0.01	0.42
120	0.19	0.08	0.00	0.01	0.41
150	0.25	0.07	0.00	0.01	0.41
180	0.26	0.06	0.00	0.01	0.41
210	0.24	0.00	0.00	0.00	0.41
240	0.26	0.04	0.00	0.00	0.41
270	0.19	0.22	0.00	0.00	0.41
300	0.28	0.10	0.00	0.00	0.41

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0.00 %
---	--------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO



ANEXO 6: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C."

REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA

PROYECTO

DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO

DESCRIPCIÓN

CALICATA 01

NIVEL FREÁTICO

N.P.

PROFUNDIDAD

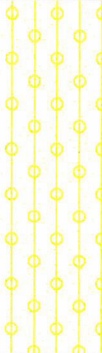
1.50 m

DESCRIPCIÓN

PROGRESIVA km 00+020

FECHA

2/04/2024

PROF.		SÍMBOLO	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Gravas	Arenas	Finos	Humedad	MUESTRA
(m.)			SUCS	AASHTO		(%)	(%)	(%)	(%)	
	0.10	DESBROCE Y LIMPIEZA DE VEGETACIÓN								
	0.20									
	0.30		SM	A-2-4(0)	ARENA CON PRESENCIA DE LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	2.71	64.91	32.38	12.91	M - 01
	0.40									
	0.50									
	0.60									
	0.70									
	0.80									
	0.90									
	1.00									
	1.10									
	1.20									
	1.30									
	1.40									
	1.50									
	1.60									
	1.70									
	1.80									
	1.90									
	2.00									
	2.10									
	2.20									
	2.30									
	2.40									
	2.50									
	2.60									
	2.70									
	2.80									
	2.90									
	3.00									



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CODIGO :

VERSIÓN :

RUC - 20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.

PAGINA : 1

ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-
AZÁNGARO-PUNO
SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
-WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE
DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 00+020
CALICATA : C - 01
MUESTRA : M - 01

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO PACASTITI

FECHA : 2/04/2024

PROF. : 1.50 m.

N. F. : N.P.

TAMAÑO MAXIMO

PESO INICIAL

FRACCIÓN

:

:

:

Pulg.

gr.

gr.

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

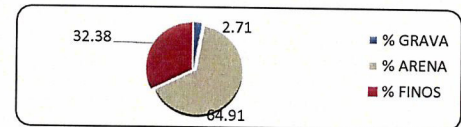
:

:

:

:

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	MTC	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.91
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LÍMITE LÍQUIDO (LL) : 20.65
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		LÍMITE PLÁSTICO (LP) : NP
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		ÍNDICE PLÁSTICO (IP) : NP
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		CLASIFICACIÓN (SUCS) : SM
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-2-4(0)
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350						
No4	4.760	13.57	2.71	2.71	97.29		
No8	2.380						
No10	2.000	10.06	2.01	4.73	95.27		
No16	1.190						
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.425	18.00	3.60	8.33	91.67		
No 50	0.300						
No60	0.260						
No80	0.180						
No100	0.149						
No200	0.075	296.47	59.29	67.62	32.38		
BASE		161.90	32.38	100.00	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		32.38	6.48				



% GRAVA 2.71 % ARENA 64.91 % FINOS 32.38

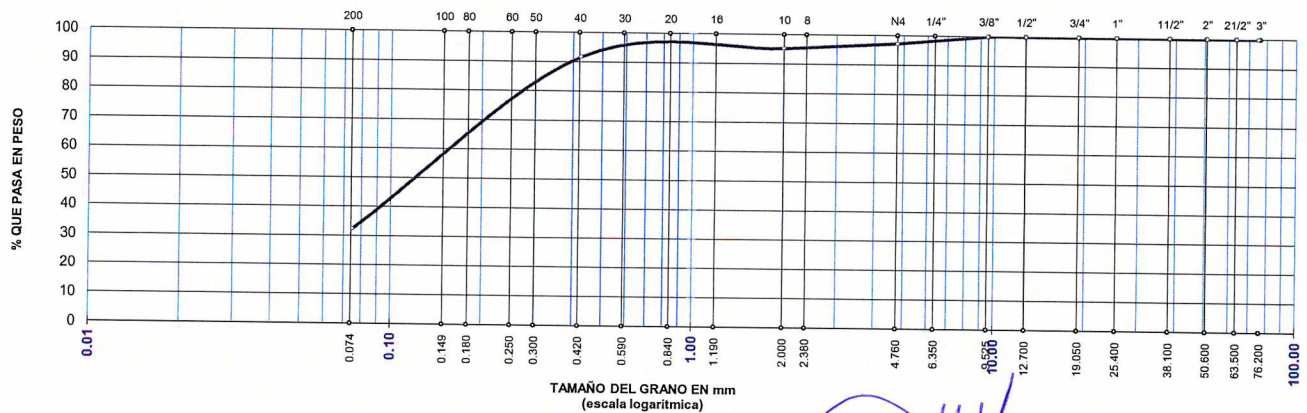
D 10 = ---- D 30 = ---- D 60 = 0.238

Cu = ---- Cc = ----

OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD



* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CODIGO :

VERSIÓN :

RUC - 20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.

PAGINA :

2

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO
SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
-WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE
DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 00+020
CALICATA : C - 01
MUESTRA : M - 01

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO PACASTITI
FECHA : 2/04/2024
PROF. : 1.50 m.
N. F. : N.P.

DESCRIPCIÓN	UNID.	
Nro. DEL RECIPIENTE		
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	A	gr.
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	B	gr.
PESO DEL RECIPIENTE	C	gr.
PESO DEL AGUA	D=A-B	gr.
PESO DEL SUELO SECO	E=B-C	gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	(D/E)*100	%
PROMEDIO		%

HUMEDAD NATURAL		
30	31	32
461.20	491.70	538.90
414.49	440.73	481.92
46.61	47.18	46.82
46.71	50.97	56.98
367.88	393.55	435.10
12.70	12.95	13.10
12.91		

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Ing. Edwin Noel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CODIGO :

VERSIÓN :

RUC -
20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.

PAGINA : 3

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90 T-89)

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO

SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
-WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO PACASTITI

DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 00+020

FECHA : 2/04/2024

CALICATA : C - 01

PROF. : 1.50 m.

MUESTRA : M - 01

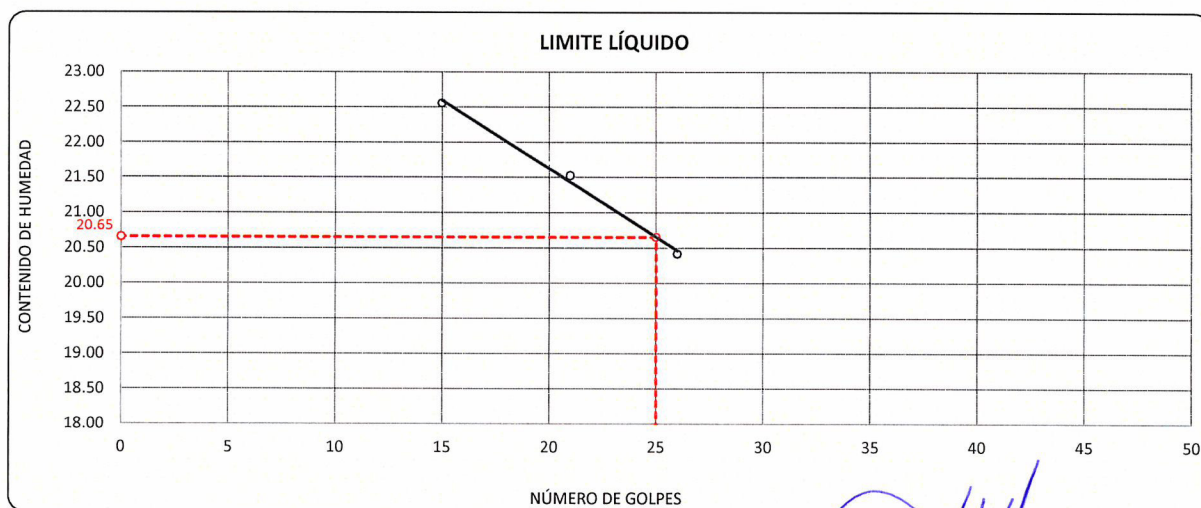
N. F. : **N.P.**

DESCRIPCIÓN	UNID.	
Nro. DEL RECIPIENTE		
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	A	gr.
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	B	gr.
PESO DEL RECIPIENTE	C	gr.
PESO DEL AGUA	D=A-B	gr.
PESO DEL SUELO SECO	E=B-C	gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	(D/E)*100	%
Nro.DE GOLPES		
PROMEDIO		%

LIMITE LÍQUIDO		
3	4	5
67.55	65.54	64.94
64.48	62.34	62.17
50.87	47.47	48.60
3.07	3.20	2.77
13.61	14.87	13.57
22.56	21.52	20.41
15	21	26
---	---	---

LIMITE PLÁSTICO	
NP	

RESULTADOS / PARAMETROS	LL	LP	IP	% W
OBTENIDOS	20.7	NP	NP	12.91
ESPECIFICACIONES TECNICAS				



* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	RUC - 20606762357
	"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.	

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (NORMA ASTM - D3080)

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO
SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
 : -WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO PACASTITI
DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 00+020
CALICATA : C - 01
PROF. : 1.50 m.
CLASIFICACION (SUCS) : SM
ESTADO DE MUESTRA : INALTERADA
VELOCIDAD DE ENSAYO : 0.50 mm/min.
SATURADO (hrs) : 24 Horas
FECHA : 2/04/2024

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Diametro (Ø) (cm)	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10
Area (A) (cm ²)	29.26	29.26	29.26	29.26	29.26	29.26
Densidad Seca (yd) (gr/cm ³)	1.55		1.55		1.55	
Humedad (w) (%)	12.70	15.21	12.95	14.42	13.10	13.55
Carga (kg)	10.00		20.00		30.00	
Esfuerzo (Kg/cm ²)	0.34		0.68		1.03	

ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
0.10	1.00	1.00	0.034	0.10	2.50	2.50	0.085	0.10	3.00	3.00	0.103
0.20	2.00	2.00	0.068	0.20	5.00	5.00	0.171	0.20	6.00	6.00	0.205
0.30	3.00	3.00	0.103	0.30	7.00	7.00	0.239	0.30	9.00	9.00	0.308
0.40	4.00	4.00	0.137	0.40	8.00	8.00	0.273	0.40	11.00	11.00	0.376
0.60	5.00	5.00	0.171	0.60	9.00	9.00	0.308	0.60	12.50	12.50	0.427
0.80	5.50	5.50	0.188	0.80	9.75	9.75	0.333	0.80	13.50	13.50	0.461
1.00	5.75	5.75	0.196	1.00	10.50	10.50	0.359	1.00	14.50	14.50	0.496
1.25	6.00	6.00	0.205	1.25	11.00	11.00	0.376	1.25	15.00	15.00	0.513
1.50	6.25	6.25	0.214	1.50	11.50	11.50	0.393	1.50	15.50	15.50	0.530
1.75	6.50	6.50	0.222	1.75	12.00	12.00	0.410	1.75	15.75	15.75	0.538
2.00	6.50	6.50	0.222	2.00	12.00	12.00	0.410	2.00	16.00	16.00	0.547
2.25	6.50	6.50	0.222	2.25	12.00	12.00	0.410	2.25	16.00	16.00	0.547
2.50	6.50	6.50	0.222	2.50	11.75	11.75	0.402	2.50	16.00	16.00	0.547
2.75	6.25	6.25	0.214	2.75	11.50	11.50	0.393	2.75	16.00	16.00	0.547
3.00	6.25	6.25	0.214	3.00	11.50	11.50	0.393	3.00	15.75	15.75	0.538
3.50	6.00	6.00	0.205	3.50	11.25	11.25	0.384	3.50	15.50	15.50	0.530
4.00	5.75	5.75	0.196	4.00	11.25	11.25	0.384	4.00	15.50	15.50	0.530
4.50	5.75	5.75	0.196	4.50	11.00	11.00	0.376	4.50	15.25	15.25	0.521
5.00	5.50	5.50	0.188	5.00	11.00	11.00	0.376	5.00	15.25	15.25	0.521
5.50	5.50	5.50	0.188	5.50	10.75	10.75	0.367	5.50	15.00	15.00	0.513
6.00	5.25	5.25	0.179	6.00	10.75	10.75	0.367	6.00	15.00	15.00	0.513
6.50	5.25	5.25	0.179	6.50	10.50	10.50	0.359	6.50	14.75	14.75	0.504

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RUC - 20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (NORMA ASTM - D3080)

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO - PUNO

SOLICITANTE : VERONICA QQUENAYA QQUENAYA - WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE

DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 00+020

CALICATA : C - 01

PROF. : 1.50 m.

N. F. :

CLASIFICACION (SUCS) : SM

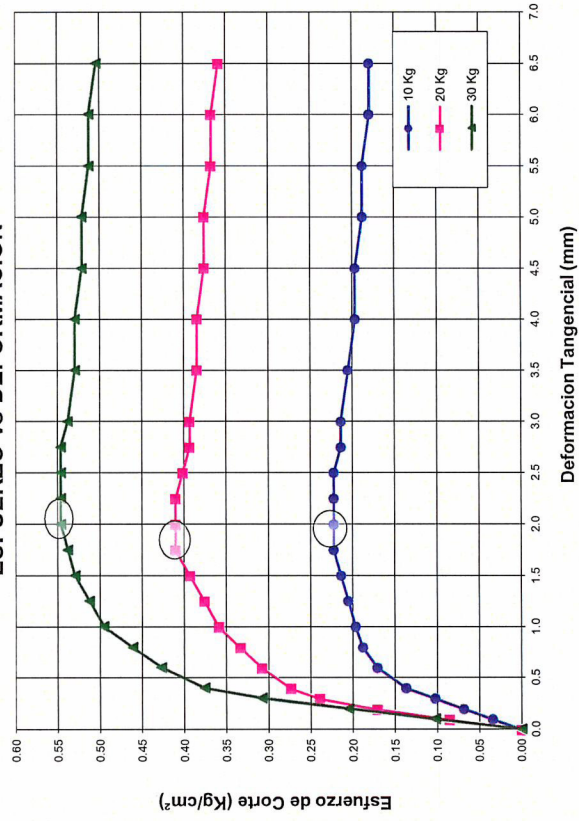
ESTADO DE MUESTRA : INALTERADA

VELOCIDAD DE ENSAYO : 0.50 mm/min.

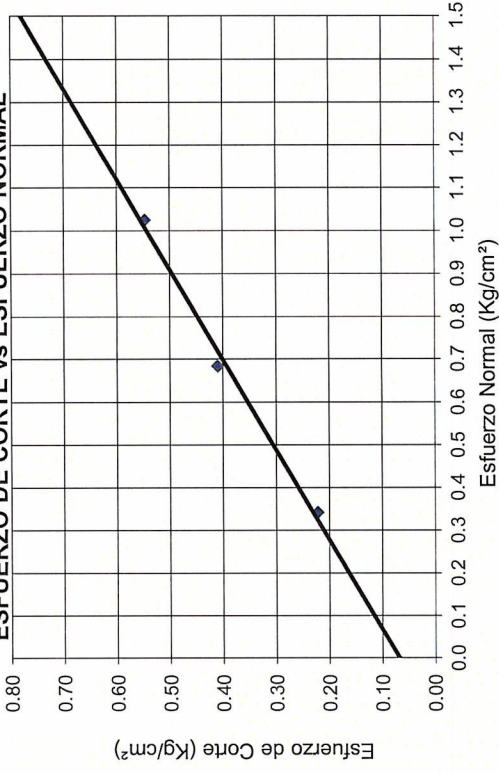
SATURADO (hrs) : 24 Horas

FECHA : 2/04/2024

ESFUERZO vs DEFORMACION



ESFUERZO DE CORTE vs ESFUERZO NORMAL



C

0.068 kg/cm²

Ø

25°

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Ing. Edwin Yael Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esq. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C."

RUC 20606762357

MEMORIA DE CÁLCULO

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO

SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
-WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE

DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 00+020

CALICATA : C - 01

PROF. : 1.50 m.

N. F. : N.P.

1.- DATOS DE CALCULO :

$c = 0.068 \text{ kg/cm}^2$ (ENSAYO DE CORTE DIRECTO)
 $\phi = 25$

2.- CAPACIDAD DE CARGA (Cimentaciones cuadradas)

Donde:

c = Cohesion kg/cm2 (Ensayo de Corte Directo)
 N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga
 γ = Densidad natural
 B = Base de zapata

3.- CALCULO DE FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA.

FACTORES DE CARGA: Falla por corte general

ϕ	N_c'	N_q'	N_γ'	ϕ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

PAGINA 168, "PRINCIPIOS DE INGENIERIA DE CIMENTACIONES"

BRAJA M. DAS, CUARTA EDICION 2001

DE DONDE

$N_c = 14.80$
 $N_q = 5.60$
 $N_\gamma = 2.25$



Ing. Edwin Roel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C."

RUC 20606762357

4.- CALCULO DE DENSIDADES

$$\gamma = 1.55 \text{ gr/cm}^3 = 0.001550 \text{ kg/cm}^3$$

5.- ANALISIS DE CAPACIDAD DE CARGA

PROCESO DE CALCULO

$$\begin{aligned} q_u &= 1.3 c & N_c &+ \gamma & D_f & N_q &+ 0.4 B & \gamma & N_\gamma \\ q_u &= 1.3 \cdot 0.068 & 15 &+ 0.00155 & 150 & 5.60 &+ 0.4 \cdot 100 & 0.00155 & 2.25 \\ q_u &= 1.315 & &+ & 1.302 & &+ 0.14 & & \\ q_u &= 2.756 & & & & & & & \text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

q admisible

Para un factor de seguridad de 3

$$\begin{aligned} q_{adm} &= 2.756471 \text{ kg/cm}^2 / 3 \\ q_{adm} &= 0.918824 \text{ kg/cm}^2 \\ q_{adm} &= 0.919 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Df m	B m	c kg/cm ²	ϕ (°)	Nc	Nq	N γ	q adm kg/cm ²
1.00	1.00	0.068	25	14.80	5.60	2.25	0.774
1.50	1.00	0.068	25	14.80	5.60	2.25	0.919
2.00	1.00	0.068	25	14.80	5.60	2.25	1.063
2.50	1.00	0.068	25	14.80	5.60	2.25	1.208
3.00	1.00	0.068	25	14.80	5.60	2.25	1.353

DE ACUERDO A LOS ANÁLISIS EFECTUADOS Y OTRAS CONSIDERACIONES DE CARÁCTER GEOTÉCNICO, LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE EN SU GENERALIDAD SE ESTIMA EN:

$$q_{adm} = 0.919 \text{ kg/cm}^2$$



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C."

REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA

PROYECTO

DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO

DESCRIPCIÓN

CALICATA 02

NIVEL FREÁTICO

N.P.

PROFUNDIDAD

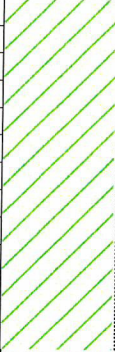
1.50 m

DESCRIPCIÓN

PROGRESIVA km 00+830

FECHA

5/04/2024

PROF.		SÍMBOLO	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Gravas	Arenas	Finos	Humedad	MUESTRA
(m.)			SUCS	AASHTO		(%)	(%)	(%)	(%)	
	0.10	DESBROCE Y LIMPIEZA DE VEGETACIÓN								
	0.20									
	0.30		CL	A-4(6)	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	0.00	13.50	86.50	16.05	M - 01
	0.40									
	0.50									
	0.60									
	0.70									
	0.80									
	0.90									
	1.00									
	1.10									
	1.20									
	1.30									
	1.40									
	1.50									
	1.60									
	1.70									
	1.80									
	1.90									
	2.00									
	2.10									
	2.20									
	2.30									
	2.40									
	2.50									
	2.60									
	2.70									
	2.80									
	2.90									
	3.00									



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CODIGO :

VERSIÓN :

RUC - 20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.

PAGINA : 1

ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO

SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
-WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE

DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 00+830

CALICATA : C - 02

MUESTRA : M - 01

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO PACASTITI

FECHA : 5/04/2024

PROF. : 1.50 m.

N. F. : N.P.

TAMAÑO MAXIMO	:	Pulg.
PESO INICIAL	:	500.0 gr.
FRACCIÓN	:	500.0 gr.

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	MTC	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.05
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LÍMITE LÍQUIDO (LL) : 29.37
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		LÍMITE PLÁSTICO (LP) : 20.99
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		ÍNDICE PLÁSTICO (IP) : 8.37
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		CLASIFICACIÓN (SUCS) : CL
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-4 (6)
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00		
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	0.00	0.00	0.00	100.00		
No10	2.000	2.75	0.55	0.55	99.45		
No16	1.190						
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.425	3.41	0.68	1.23	98.77		
No 50	0.300						
No60	0.260						
No80	0.180						
No100	0.149						
No200	0.075	61.34	12.27	13.50	86.50		
BASE		432.50	86.50	100.00	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		86.50	17.30				

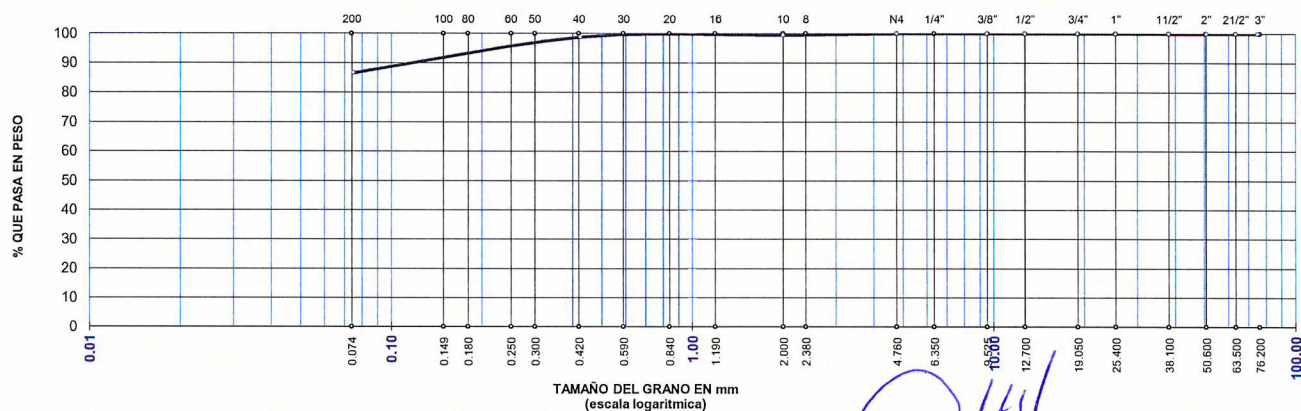
■ % GRAVA
■ % ARENA
■ % FINOS

% GRAVA	0.00	% ARENA	13.50	% FINOS	86.50
D 10 =	----	D 30 =	----	D 60 =	----
Cu =	----	Cc =	----		

OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD



* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CODIGO :

VERSIÓN :

RUC - 20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.

PAGINA : 2

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

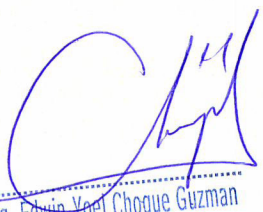
PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO
SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
-WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE
DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 00+830
CALICATA : C - 02
MUESTRA : M - 01

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO PACASTITI
FECHA : 5/04/2024
PROF. : 1.50 m.
N. F. : N.P.

DESCRIPCIÓN	UNID.	
Nro. DEL RECIPIENTE		
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	A	gr.
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	B	gr.
PESO DEL RECIPIENTE	C	gr.
PESO DEL AGUA	D=A-B	gr.
PESO DEL SUELO SECO	E=B-C	gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	(D/E)*100	%
PROMEDIO		%

HUMEDAD NATURAL		
45	46	47
524.30	522.20	555.60
458.30	457.96	486.79
53.31	54.20	55.08
66.00	64.25	68.81
404.99	403.76	431.71
16.30	15.91	15.94
16.05		

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Eso. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CODIGO :

VERSIÓN :

RUC -
20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.

PAGINA : 3

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90 T-89)

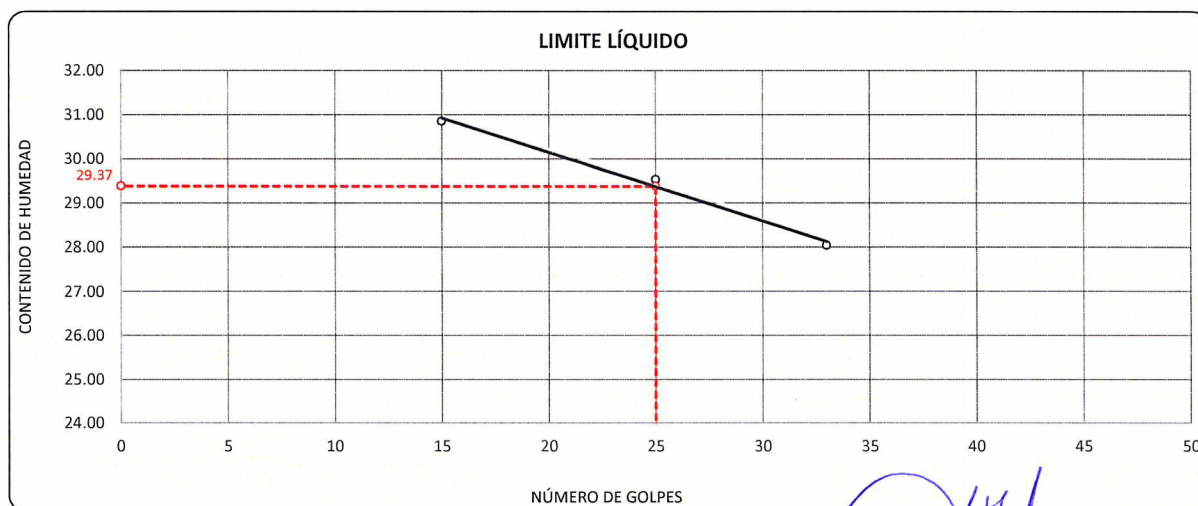
PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO**SOLICITANTE** : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
-WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE**UBICACIÓN** : CENTRO POBLADO PACASTITI**DESCRIPCIÓN** : PROGRESIVA km 00+830**FECHA** : 5/04/2024**CALICATA** : C - 02**PROF.** : 1.50 m.**MUESTRA** : M - 01**N. F.** : **N.P.**

DESCRIPCIÓN	UNID.	
Nro. DEL RECIPIENTE		
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	A	gr.
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	B	gr.
PESO DEL RECIPIENTE	C	gr.
PESO DEL AGUA	D=A-B	gr.
PESO DEL SUELO SECO	E=B-C	gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	(D/E)*100	%
Nro.DE GOLPES		
PROMEDIO		%

LIMITE LÍQUIDO		
4	5	6
64.35	69.00	68.49
60.37	64.35	64.63
47.47	48.60	50.86
3.98	4.65	3.86
12.90	15.75	13.77
30.85	29.52	28.03
15	25	33
---	---	---

LIMITE PLÁSTICO	
11	12
28.12	28.45
27.10	27.35
22.25	22.10
1.02	1.10
4.85	5.25
21.03	20.95
---	---
20.99	

RESULTADOS / PARAMETROS	LL	LP	IP	% W
OBTENIDOS	29.4	21.0	8.4	16.05
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				



* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

Ing. Edwin Noel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	RUC - 20606762357
	"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.	

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (NORMA ASTM - D3080)

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO
 SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
 : -WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE
 UBICACIÓN : CENTRO POBLADO PACASTITI
 DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 00+830
 CALICATA : C - 02
 PROF. : 1.50 m.
 CLASIFICACION (SUCS) : CL
 ESTADO DE MUESTRA : INALTERADA
 VELOCIDAD DE ENSAYO : 0.50 mm/min.
 SATURADO (hrs) : 24 Horas
 FECHA : 5/04/2024

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Diametro (φ)	(cm)	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10
Area (A)	(cm ²)	29.26	29.26	29.26	29.26	29.26	29.26
Densidad Seca (yd)	(gr/cm ³)	1.50		1.50		1.50	
Humedad (w)	(%)	16.30	19.55	15.91	18.11	15.94	16.99
Carga	(kg)	10.00		20.00		30.00	
Esfuerzo	(Kg/cm ²)	0.34		0.68		1.03	

ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
0.10	1.00	1.00	0.034	0.10	2.00	2.00	0.068	0.10	3.00	3.00	0.103
0.20	2.00	2.00	0.068	0.20	4.00	4.00	0.137	0.20	6.00	6.00	0.205
0.30	3.00	3.00	0.103	0.30	5.50	5.50	0.188	0.30	8.00	8.00	0.273
0.40	4.50	4.50	0.154	0.40	7.00	7.00	0.239	0.40	10.00	10.00	0.342
0.60	5.50	5.50	0.188	0.60	8.00	8.00	0.273	0.60	11.00	11.00	0.376
0.80	6.00	6.00	0.205	0.80	8.50	8.50	0.290	0.80	12.00	12.00	0.410
1.00	6.25	6.25	0.214	1.00	9.00	9.00	0.308	1.00	12.50	12.50	0.427
1.25	6.50	6.50	0.222	1.25	9.25	9.25	0.316	1.25	12.75	12.75	0.436
1.50	6.75	6.75	0.231	1.50	9.50	9.50	0.325	1.50	13.00	13.00	0.444
1.75	6.75	6.75	0.231	1.75	9.50	9.50	0.325	1.75	13.25	13.25	0.453
2.00	6.75	6.75	0.231	2.00	9.75	9.75	0.333	2.00	13.25	13.25	0.453
2.25	6.75	6.75	0.231	2.25	9.75	9.75	0.333	2.25	13.50	13.50	0.461
2.50	6.50	6.50	0.222	2.50	9.75	9.75	0.333	2.50	13.00	13.00	0.444
2.75	6.50	6.50	0.222	2.75	9.50	9.50	0.325	2.75	13.00	13.00	0.444
3.00	6.50	6.50	0.222	3.00	9.50	9.50	0.325	3.00	13.00	13.00	0.444
3.50	6.25	6.25	0.214	3.50	9.50	9.50	0.325	3.50	12.75	12.75	0.436
4.00	6.25	6.25	0.214	4.00	9.25	9.25	0.316	4.00	12.75	12.75	0.436
4.50	6.25	6.25	0.214	4.50	9.25	9.25	0.316	4.50	12.50	12.50	0.427
5.00	6.25	6.25	0.214	5.00	9.25	9.25	0.316	5.00	12.50	12.50	0.427
5.50	6.00	6.00	0.205	5.50	9.00	9.00	0.308	5.50	12.50	12.50	0.427
6.00	6.00	6.00	0.205	6.00	9.00	9.00	0.308	6.00	12.25	12.25	0.419
6.50	6.00	6.00	0.205	6.50	9.00	9.00	0.308	6.50	12.25	12.25	0.419

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esd. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RUC - 20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.G.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (NORMA ASTM - D3080)

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRAULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO - PUNO

SOLICITANTE : VERONICA QQUENAYA QQUENAYA - WILLIAMS JHON MAMANI QUISPÉ

DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 00+830

CALICATA : C - 02

PROF. : 1.50 m.

N. F. :

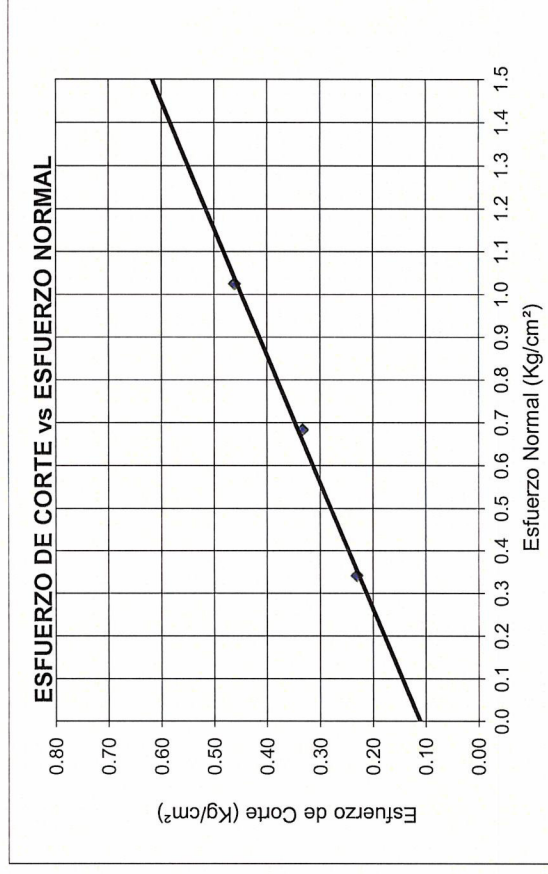
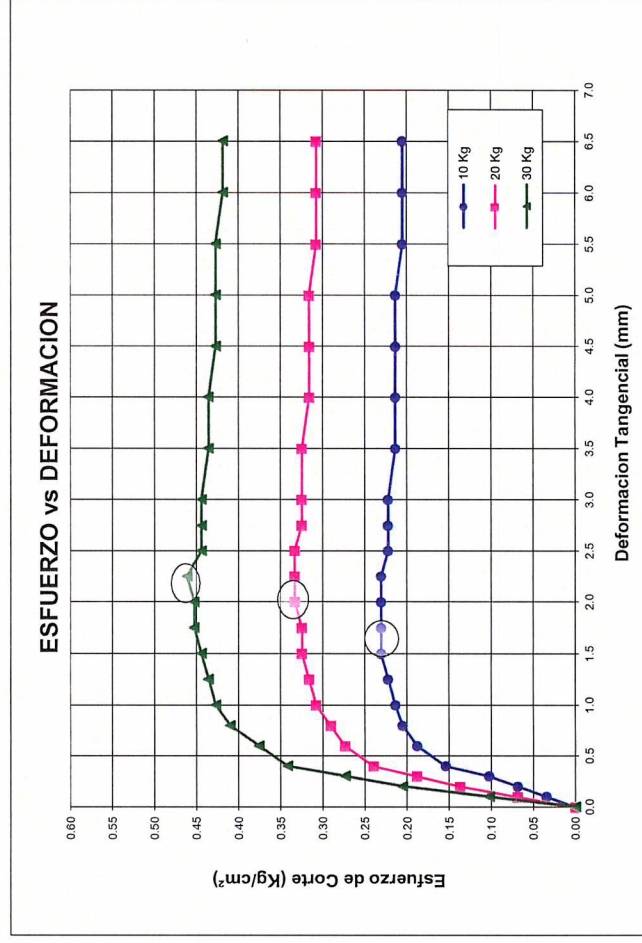
CLASIFICACION (SUCS) : CL

ESTADO DE MUESTRA : INALTERADA

VELOCIDAD DE ENSAYO : 0.50 mm/min.

SATURADO (hrs) : 24 Horas

FECHA : 5/04/2024



C 0.111 kg/cm² 19°

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

Ing. *Stefany Yocat*
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C."

MEMORIA DE CÁLCULO

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO

SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
-WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE

DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 00+830

CALICATA : C - 02

PROF. : 1.50 m.

N. F. : N.P.

1.- DATOS DE CALCULO :

$c = 0.111 \text{ kg/cm}^2$ (ENSAYO DE CORTE DIRECTO)
 $\phi = 19$

2.- CAPACIDAD DE CARGA (Cimentaciones cuadradas)

Donde:

c = Cohesion kg/cm2 (Ensayo de Corte Directo)
 N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga
 γ = Densidad natural
 B = Base de zapata

3.- CALCULO DE FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA.

FACTORES DE CARGA: Falla por corte general

ϕ	N_c'	N_q'	N_γ'	ϕ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

PAGINA 168, "PRINCIPIOS DE INGENIERIA DE CIMENTACIONES"

BRAJA M. DAS, CUARTA EDICION 2001

DE DONDE

$N_c = 11.36$
 $N_q = 3.61$
 $N_\gamma = 1.03$



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esd. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C."

RUC 20606762357

4.- CALCULO DE DENSIDADES

$$\gamma = 1.50 \text{ gr/cm}^3 = 0.001500 \text{ kg/cm}^3$$

5.- ANALISIS DE CAPACIDAD DE CARGA

PROCESO DE CALCULO

$$\begin{aligned} q_u &= 1.3 c & N_c &+ \gamma & D_f & N_q &+ 0.4 B & \gamma & N_\gamma \\ q_u &= 1.3 \cdot 0.111 & 11 &+ 0.00150 & 150 & 3.61 &+ 0.4 \cdot 100 & 0.00150 & 1.03 \\ q_u &= 1.640 & &+ & 0.812 & &+ 0.062 & & \\ q_u &= 2.514 & & & & & & & \text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

q_{adm} admisible

Para un factor de seguridad de 3

$$\begin{aligned} q_{adm} &= 2.514210 \text{ kg/cm}^2 & / & 3 \\ q_{adm} &= 0.838070 \text{ kg/cm}^2 \\ q_{adm} &= 0.838 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Df m	B m	c kg/cm ²	ϕ (°)	Nc	Nq	N γ	q adm kg/cm ²
1.00	1.00	0.111	19	11.36	3.61	1.03	0.748
1.50	1.00	0.111	19	11.36	3.61	1.03	0.838
2.00	1.00	0.111	19	11.36	3.61	1.03	0.928
2.50	1.00	0.111	19	11.36	3.61	1.03	1.019
3.00	1.00	0.111	19	11.36	3.61	1.03	1.109

DE ACUERDO A LOS ANÁLISIS EFECTUADOS Y OTRAS CONSIDERACIONES DE CARÁCTER GEOTÉCNICO, LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE EN SU GENERALIDAD SE ESTIMA EN:

$$q_{adm} = 0.838 \text{ kg/cm}^2$$



Ing. Edwin Yael Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C."

REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA

PROYECTO

DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO

DESCRIPCIÓN

CALICATA 03

NIVEL FREÁTICO

N.P.

PROFUNDIDAD

1.50 m

DESCRIPCIÓN

PROGRESIVA km 01+780

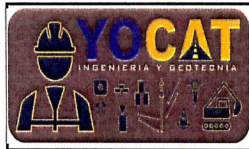
FECHA

9/04/2024

PROF. (m.)	SÍMBOLO	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Gravas	Arenas	Finos	Humedad	MUESTRA
		SUCS	AASHTO		(%)	(%)	(%)	(%)	
0.10				DESBROCE Y LIMPIEZA DE VEGETACIÓN					
0.20									
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90		CL	A-6(12)	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	0.00	13.49	86.51	18.14	M - 01
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00									
2.10									
2.20									
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									



Ing. Edwin Yael Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CODIGO :

VERSIÓN :

RUC - 20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.

PAGINA : 1

ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

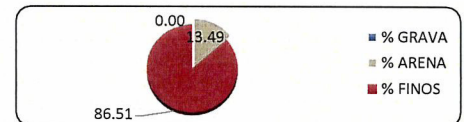
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-
AZÁNGARO-PUNO
SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
-WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE
DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 01+780
CALICATA : C - 03
MUESTRA : M - 01

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO PACASTITI
FECHA : 9/04/2024
PROF. : 1.50 m.
N. F. : N.P.

TAMAÑO MAXIMO	:	Pulg.
PESO INICIAL	:	500.0 gr.
FRACCIÓN	:	500.0 gr.

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	MTC	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 18.14
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LÍMITE LÍQUIDO (LL) : 35.55
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		LÍMITE PLÁSTICO (LP) : 21.74
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		ÍNDICE PLÁSTICO (IP) : 13.81
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		CLASIFICACIÓN (SUCS) : CL
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-6(12)
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00		
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	0.00	0.00	0.00	100.00		
No10	2.000	1.30	0.26	0.26	99.74		
No16	1.190						
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.425	7.82	1.56	1.82	98.18		
No 50	0.300						
No60	0.260						
No80	0.180						
No100	0.149						
No200	0.075	58.35	11.67	13.49	86.51		
BASE		432.53	86.51	100.00	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		86.51	17.30				



% GRAVA	0.00	% ARENA	13.49	% FINOS	86.51
---------	------	---------	-------	---------	-------

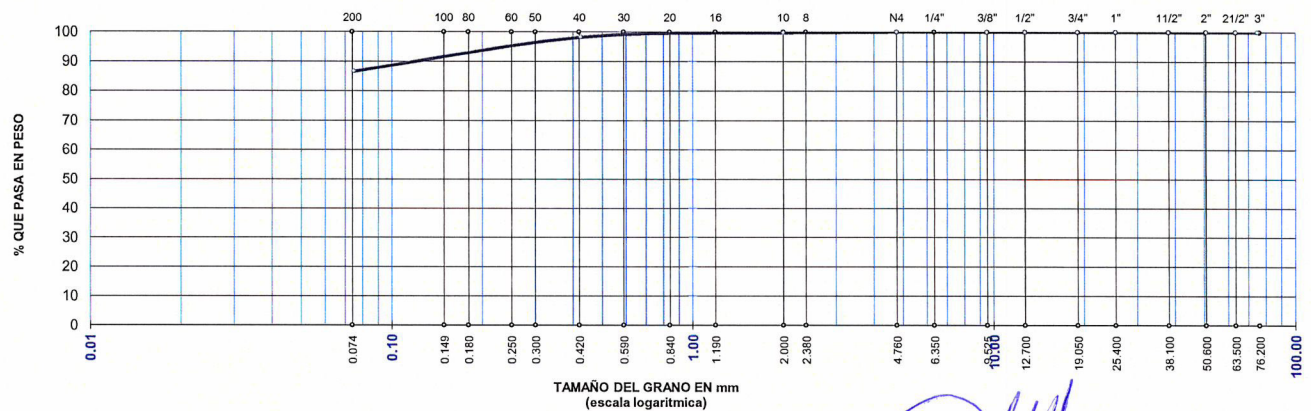
D 10 =	----	D 30 =	----	D 60 =	----
--------	------	--------	------	--------	------

Cu =	----	Cc =	----
------	------	------	------

OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD



* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CODIGO :

VERSIÓN :

RUC - 20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.

PAGINA : 2

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO

SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
-WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE

DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 01+780

CALICATA : C - 03

MUESTRA : M - 01

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO PACASTITI

FECHA : 9/04/2024

PROF. : 1.50 m.

N. F. : N.P.

DESCRIPCIÓN	UNID.	
Nro. DEL RECIPIENTE		
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	A	gr.
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	B	gr.
PESO DEL RECIPIENTE	C	gr.
PESO DEL AGUA	D=A-B	gr.
PESO DEL SUELO SECO	E=B-C	gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	(D/E)*100	%
PROMEDIO		%

HUMEDAD NATURAL		
24	25	26
611.40	485.30	504.10
523.06	417.73	434.96
45.80	42.39	48.66
88.34	67.57	69.14
477.26	375.34	386.30
18.51	18.00	17.90
18.14		

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Ecn. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CODIGO :

VERSIÓN :

RUC -
20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.

PAGINA : 3

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90 T-89)

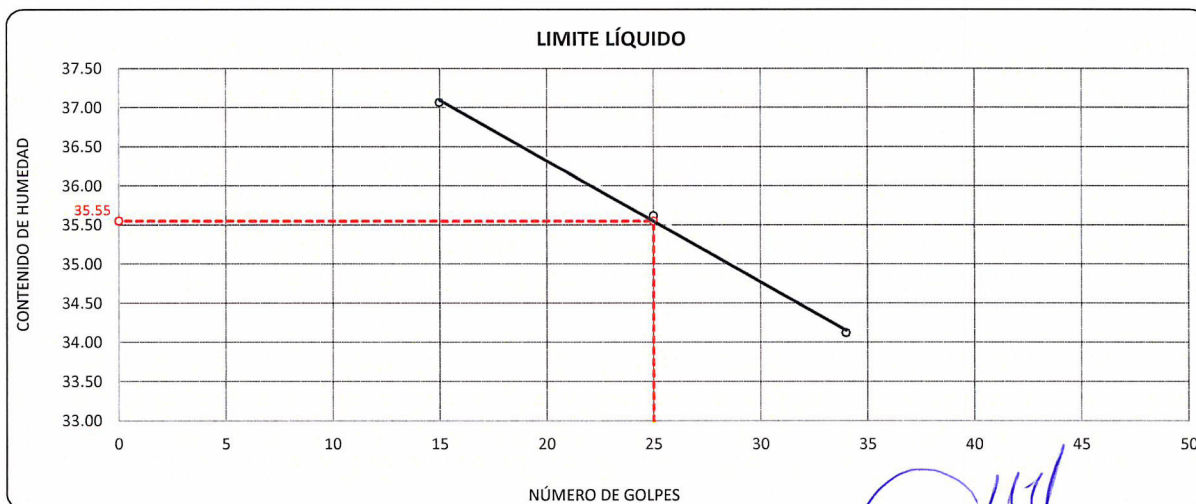
PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO**SOLICITANTE** : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
-WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE**UBICACIÓN** : CENTRO POBLADO PACASTITI**DESCRIPCIÓN** : PROGRESIVA km 01+780**FECHA** : 9/04/2024**CALICATA** : C - 03**PROF.** : 1.50 m.**MUESTRA** : M - 01**N. F.** : **N.P.**

DESCRIPCIÓN	UNID.	
Nro. DEL RECIPIENTE		
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	A	gr.
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	B	gr.
PESO DEL RECIPIENTE	C	gr.
PESO DEL AGUA	D=A-B	gr.
PESO DEL SUELO SECO	E=B-C	gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD	(D/E)*100	%
Nro.DE GOLPES		
PROMEDIO		%

LIMITE LÍQUIDO		
5	6	7
66.24	69.10	67.65
61.47	64.31	62.86
48.60	50.86	48.82
4.77	4.79	4.79
12.87	13.45	14.04
37.06	35.61	34.12
15	25	34

LIMITE PLÁSTICO	
10	11
29.67	27.17
28.62	26.29
23.78	22.25
1.05	0.88
4.84	4.04
21.69	21.78
---	---
21.74	

RESULTADOS / PARAMETROS	LL	LP	IP	% W
OBTENIDOS	35.5	21.7	13.8	18.14
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				



* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esd. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	RUC - 20606762357
	"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.	

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (NORMA ASTM - D3080)

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO
SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA -WILLIAMS JHON MAMANI QUISPPE
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO PACASTITI
DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 01+780
CALICATA : C - 03
PROF. : 1.50 m.
CLASIFICACION (SUCS) : CL
ESTADO DE MUESTRA : INALTERADA
VELOCIDAD DE ENSAYO : 0.50 mm/min.
SATURADO (hrs) : 24 Horas
FECHA : 9/04/2024

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Diametro (Ø)	(cm)	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10
Area (A)	(cm ²)	29.26	29.26	29.26	29.26	29.26	29.26
Densidad Seca (yd)	(gr/cm ³)	1.42		1.42		1.42	
Humedad (w)	(%)	18.51	21.89	18.00	20.32	17.90	19.12
Carga	(kg)	10.00		20.00		30.00	
Esfuerzo	(Kg/cm ²)	0.34		0.68		1.03	

ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
0.10	0.50	0.50	0.017	0.10	2.00	2.00	0.068	0.10	3.00	3.00	0.103
0.20	1.50	1.50	0.051	0.20	4.00	4.00	0.137	0.20	6.00	6.00	0.205
0.30	2.50	2.50	0.085	0.30	6.00	6.00	0.205	0.30	8.00	8.00	0.273
0.40	3.50	3.50	0.120	0.40	8.00	8.00	0.273	0.40	9.00	9.00	0.308
0.60	4.50	4.50	0.154	0.60	9.00	9.00	0.308	0.60	11.00	11.00	0.376
0.80	5.50	5.50	0.188	0.80	9.25	9.25	0.316	0.80	12.00	12.00	0.410
1.00	6.00	6.00	0.205	1.00	9.50	9.50	0.325	1.00	12.25	12.25	0.419
1.25	6.50	6.50	0.222	1.25	9.50	9.50	0.325	1.25	12.50	12.50	0.427
1.50	6.50	6.50	0.222	1.50	9.50	9.50	0.325	1.50	12.50	12.50	0.427
1.75	6.50	6.50	0.222	1.75	9.50	9.50	0.325	1.75	12.50	12.50	0.427
2.00	6.50	6.50	0.222	2.00	9.50	9.50	0.325	2.00	12.50	12.50	0.427
2.25	6.50	6.50	0.222	2.25	9.50	9.50	0.325	2.25	12.50	12.50	0.427
2.50	6.50	6.50	0.222	2.50	9.25	9.25	0.316	2.50	12.50	12.50	0.427
2.75	6.50	6.50	0.222	2.75	9.25	9.25	0.316	2.75	12.50	12.50	0.427
3.00	6.25	6.25	0.214	3.00	9.25	9.25	0.316	3.00	12.50	12.50	0.427
3.50	6.25	6.25	0.214	3.50	9.25	9.25	0.316	3.50	12.50	12.50	0.427
4.00	6.25	6.25	0.214	4.00	9.00	9.00	0.308	4.00	12.25	12.25	0.419
4.50	6.25	6.25	0.214	4.50	9.00	9.00	0.308	4.50	12.25	12.25	0.419
5.00	6.00	6.00	0.205	5.00	9.00	9.00	0.308	5.00	12.25	12.25	0.419
5.50	6.00	6.00	0.205	5.50	9.00	9.00	0.308	5.50	12.00	12.00	0.410
6.00	6.00	6.00	0.205	6.00	9.00	9.00	0.308	6.00	12.00	12.00	0.410
6.50	6.00	6.00	0.205	6.50	9.00	9.00	0.308	6.50	12.00	12.00	0.410

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esd. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RUC - 20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.G.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (NORMA ASTM - D3080)

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO - PUNO

SOLICITANTE : VERÓNICA QQUENAYA QQUENAYA - WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE

DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 01+780

CALICATA : C - 03

PROF. : 1.50 m.

N. F. :

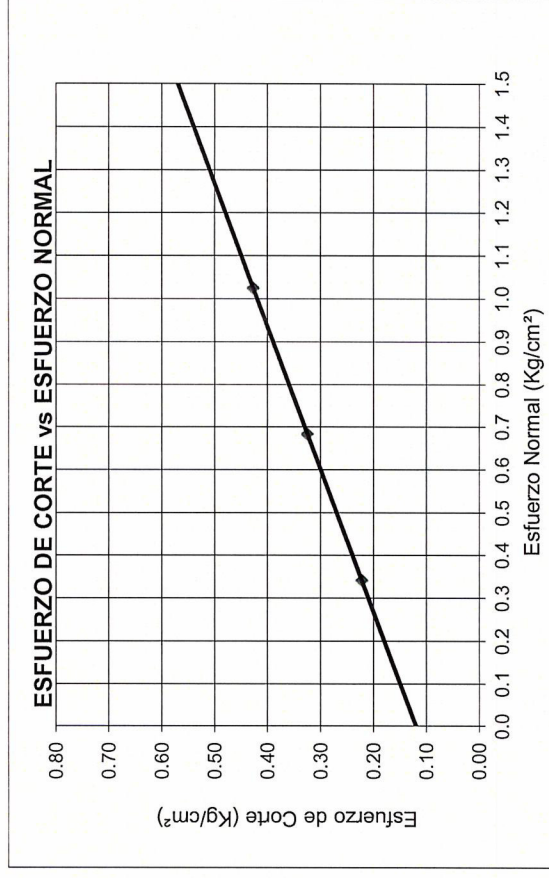
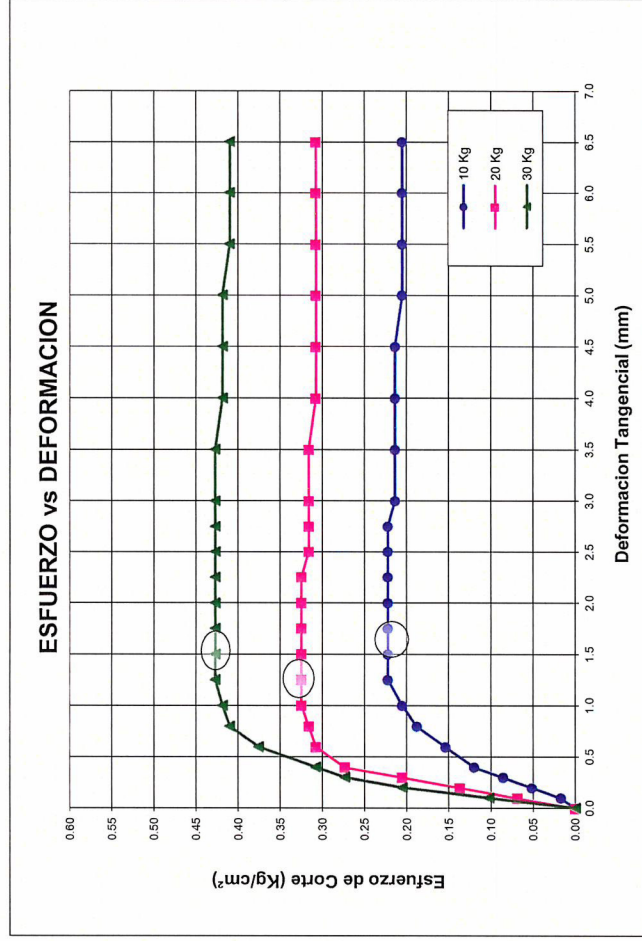
CLASIFICACIÓN (SUCS) : CL

ESTADO DE MUESTRA : INALTERADA

VELOCIDAD DE ENSAYO : 0.50 mm/min.

SATURADO (hrs) : 24 Horas

FECHA : 9/04/2024



C 0.120 kg/cm² 17°

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

Ing. Edwin Yori Choque Lujan
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20606762357

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C."

MEMORIA DE CÁLCULO

PROYECTO : DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA EN EL CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO DE ASILLO-AZÁNGARO-PUNO

SOLICITANTE : -VERONICA QQUENAYA QQUENAYA
-WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE

DESCRIPCIÓN : PROGRESIVA km 01+780

CALICATA : C - 03

PROF. : 1.50 m.

N. F. : N.P.

1.- DATOS DE CALCULO :

$c = 0.120 \text{ kg/cm}^2$ (ENSAYO DE CORTE DIRECTO)
 $\phi = 17$

2.- CAPACIDAD DE CARGA (Cimentaciones cuadradas)

Donde:

c = Cohesion kg/cm^2 (Ensayo de Corte Directo)
 N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga
 γ = Densidad natural
 B = Base de zapata

3.- CALCULO DE FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA.

FACTORES DE CARGA: Falla por corte general

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

PAGINA 168, "PRINCIPIOS DE INGENIERIA DE CIMENTACIONES"

BRAJA M. DAS, CUARTA EDICION 2001

DE DONDE

$N_c = 10.47$
 $N_q = 3.13$
 $N_\gamma = 0.76$



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C."

RUC 20606762357

4.- CALCULO DE DENSIDADES

$$\gamma = 1.42 \text{ gr/cm}^3 = 0.001420 \text{ kg/cm}^3$$

5.- ANALISIS DE CAPACIDAD DE CARGA

PROCESO DE CALCULO

$$\begin{aligned} q_u &= 1.3 c & N_c &+ \gamma & D_f & N_q &+ 0.4 B & \gamma & N_\gamma \\ q_u &= 1.3 \cdot 0.120 & 10 &+ 0.00142 & 150 & 3.13 &+ 0.4 \cdot 100 & 0.00142 & 0.76 \\ q_u &= 1.628 & &+ & 0.667 & &+ 0.043 & & \\ q_u &= 2.338 & & & & & & & \text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

q admisible

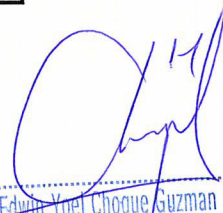
Para un factor de seguridad de 3

$$\begin{aligned} q_{adm} &= 2.337801 \text{ kg/cm}^2 & / & 3 \\ q_{adm} &= 0.779267 \text{ kg/cm}^2 \\ q_{adm} &= 0.779 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Df m	B m	c kg/cm ²	ϕ (°)	Nc	Nq	N γ	q adm kg/cm ²
1.00	1.00	0.120	17	10.47	3.13	0.76	0.705
1.50	1.00	0.120	17	10.47	3.13	0.76	0.779
2.00	1.00	0.120	17	10.47	3.13	0.76	0.853
2.50	1.00	0.120	17	10.47	3.13	0.76	0.927
3.00	1.00	0.120	17	10.47	3.13	0.76	1.001

DE ACUERDO A LOS ANÁLISIS EFECTUADOS Y OTRAS CONSIDERACIONES DE CARÁCTER GEOTÉCNICO, LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE EN SU GENERALIDAD SE ESTIMA EN:

$$q_{adm} = 0.779 \text{ kg/cm}^2$$



 Ing. Edwin Yael Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

ANEXO 7: RESOLUCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO
FUENTE ANA.

FORMALIZACION DEL USO DE AGUA, POBLACIONAL Y AGRARIO
RESOLUCION JEFATURAL N° 058-2018-ANA

INFORME DE FORMALIZACION
003-2020 - -ANA-AAA.TIT-ALA.RM.AT/AHFE

Ayaviri, 14 de diciembre de 2020

Autoridad Administrativa del Agua		Titicaca			
Autoridad Local de Agua		Ramis			
CUT	141353-2020	Fecha	30 de octubre de 2020	Tipo de uso	Agrario

Datos Generales

Organización de usuarios de agua					
Comisión de Usuarios Subsector Hidráulico Asillo Progreso					
Representante	ROBERTO MOROCCO CALLOHUANCA			DNI	01558512

Lugar de Uso de Agua

Ubicación Política					
Dpto.: Puno, Pro.: Azangaro, Dist.: Asillo					
Ubicación geográfica WGS84 UTM		Zona: , Este: , Norte:			
Organización de usuarios de agua					
Comisión de Usuarios Subsector Hidráulico Asillo Progreso					
Bloque riego					
ASILLO PROGRESO ORURILLO					
Area (ha)	2159.270	Nº Usuarios	1803	Nº Predios	3111

Demanda de Agua del Bloque

Variables	Origen											
meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Eto(mm/mes)	108.16	96.62	100.46	91.63	86.11	76.15	82.11	94.50	103.72	117.95	117.25	113.72
Kc Ponderado	1.00	1.00	1.00	0.95	0.90	0.90	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95
ETc (mm/mes)	108.16	96.62	100.46	87.05	77.50	68.54	73.90	85.05	98.53	112.05	111.39	108.03
Pp (mm/mes)	129.60	99.10	103.30	43.80	7.80	1.60	3.00	6.20	21.60	48.00	66.60	91.30
PE (mm/mes)	102.70	83.40	86.20	40.70	7.70	1.60	3.00	6.10	20.90	44.30	59.50	78.00
DA (mm/mes)	5.46	13.22	14.26	46.35	69.80	66.94	70.90	78.95	77.63	67.75	51.89	30.03
Er	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
DAP (m³/ha)	136.50	330.50	356.50	1158.71	1744.98	1673.38	1772.48	1973.75	1940.85	1693.81	1297.19	750.85
Area cultivo (ha)	0.00	0.00	0.00	2159.27	2159.27	2159.27	2159.27	2159.27	2159.27	2159.27	2159.27	2159.27
DAB (m³/ha)	0.00	0.00	0.00	2501973.14	3767872.17	3613268.44	3827252.09	4261859.16	4190819.18	3657398.52	2800978.05	1621287.88
M.R (l/s/ha)	0.05	0.14	0.13	0.45	0.65	0.65	0.66	0.65	0.70	0.58	0.44	0.28
Caudal (l/s)	0.00	0.00	0.00	965.27	1406.76	1394.01	1428.93	1400.74	1508.82	1246.66	958.53	605.32

Fuente de Agua

Origen Superficial	Río Crucero	
Ubicación política	Departamento	Puno
	Provincia	Azangaro
	Distrito	Asillo
Ubicación geográfica de la captación		
WGS84 UTM, Zona:19.000 Este:354078.000 Norte:8383220.000		

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA XIV
TITICACA
ADMINISTRACIÓN LOCAL DE AGUA RAMIS
El fedatario que suscribe certifica que el presente documento que ha leído a la vista es COPIA FIEL DEL ORIGINAL y al que me remito en caso de no estar presente lo que doy fé
Ayaviri 28 SEP 2022

FEDATARIO

FORMALIZACION DEL USO DE AGUA, POBLACIONAL Y AGRARIO
RESOLUCION JEFATURAL N° 058-2018-ANA

INFORME DE FORMALIZACION
003-2020 - -ANA-AAA.TIT-ALA.RM.AT/AHFE

Ayaviri, 14 de diciembre de 2020

Sector hidráulico	Mayor	
	Menor	Comisión de Usuarios Subsector Hidráulico Asillo Progreso

Descripción de Obras Hidráulicas

Captación superficial

Bocatoma	CAPTACION INAMPO		
Tipo	Permanente	Material	Concreto
Operación	Manual	Estado	Regular
Baraje		Margen	Derecha

Conducción

Canal	CD.INAMPO		
Tipo	Abierto	Material	Concreto Simple
Sección	Rectangular	Estado	No definido
Dimensión sección(cm)	200,240	Longitud	9.000
Caudal diseño(l/s)	3000.000	Caudal máx(l/s)	
Estructura control	No definido	Caudal mín(l/s)	

Reservorio

Nombre	PRESA COTARSAYA		
Estado	Regular	Material	
Dimensión (m)	Ancho: 800.000, Largo: 1300.000, Alto: 4.000		
Volumen (m³)	2800000.000		
Coordenadas ubicación WGS84 UTM			

Oferta de Agua Río Crucero

Variables	Oferta anual (m³): 103853389.00											
meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Volumen (m³)	12641244.00	11632868.00	12869846.00	10980801.00	8977140.00	6921573.00	6223771.00	5767506.00	5132160.00	5795522.00	7408584.00	9502374.00
Caudal (l/s)	4720.00	4809.00	4805.00	4236.00	3352.00	2670.00	2324.00	2153.00	1980.00	2164.00	2858.00	3548.00

Asignación de Agua Río Crucero

Variables	Asignación anual (m³): 29124750.70											
meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Volumen (m³)	0.00	0.00	0.00	2409484.71	3628588.26	3479699.64	3685773.14	4104314.44	4035900.53	3522198.40	2697436.55	1561355.03
Caudal (l/s)	0.00	0.00	0.00	929.59	1354.76	1342.48	1376.11	1532.38	1557.06	1315.04	1040.68	582.94

Origen Superficial	Río Crucero	
Ubicación política	Departamento	Puno
	Provincia	Azangaro
	Distrito	Asillo
Ubicación geográfica de la captación	WGS84 UTM, Zona:19.000 Este:353133.000 Norte:8387097.000	
Sector hidráulico	Mayor	
	Menor	Comisión de Usuarios Subsector Hidráulico Asillo Progreso

Descripción de Obras Hidráulicas

FORMALIZACION DEL USO DE AGUA, POBLACIONAL Y AGRARIO
RESOLUCION JEFATURAL N° 058-2018-ANA

INFORME DE FORMALIZACION
003-2020 - -ANA-AAA.TIT-ALA.RM.AT/AHFE

Ayaviri, 14 de diciembre de 2020

Captación superficial

Bocatoma	CAPTACION SAN JERONIMO MI		
Tipo	Rustica	Material	No definido
Operación	Manual	Estado	Regular
Baraje		Margen	Izquierda

Conducción

Canal	CD SAN JERONIMO		
Tipo	Abierto	Material	Tierra
Sección	No definido	Estado	No definido
Dimensión sección(cm)	60,60	Longitud	5.000
Caudal diseño(l/s)	60.000	Caudal máx(l/s)	60.000
		Caudal mín(l/s)	20.000
Estructura control	No definido		

Oferta de Agua Río Crucero

Variables	Oferta anual (m³): 94936709.00											
meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Volumen (m³)	11555876.00	10634077.00	11764872.00	10038012.00	8206377.00	6327305.00	5689404.00	5272323.00	4691520.00	5297929.00	6772507.00	8686507.00
Caudal (l/s)	4314.00	4396.00	4393.00	3873.00	3064.00	2441.00	2124.00	1968.00	1810.00	1978.00	2613.00	3243.00

Asignación de Agua Río Crucero

Variables	Asignación anual (m³): 206588.32											
meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Volumen (m³)	0.00	0.00	0.00	17091.01	25738.38	24682.28	26144.01	29112.81	28627.54	24983.73	19133.52	11075.04
Caudal (l/s)	0.00	0.00	0.00	6.59	9.61	9.52	9.76	10.87	10.04	9.33	7.38	4.13

Origen Superficial	Río Crucero	
Ubicación política	Departamento	Puno
	Provincia	Azangaro
	Distrito	Asillo
Ubicación geográfica de la captación	WGS84 UTM, Zona:19.000 Este:353328.000 Norte:8377784.000	
Sector hidráulico	Mayor	
	Menor	Comisión de Usuarios Subsector Hidráulico Asillo Progreso

Descripción de Obras Hidráulicas

Captación superficial

Bocatoma	CAPTACION SANTA CRUZ MACHARIRI MI		
Tipo	Permanente	Material	Concreto
Operación	Manual	Estado	Regular
Baraje		Margen	Izquierda

Conducción

Canal	CD SANTA CRUZ MACHARIRI		
Tipo	Abierto	Material	Cto. Simple
Sección	Rectangular	Estado	No definido
Dimensión sección(cm)	100,60	Longitud	7.000

FORMALIZACION DEL USO DE AGUA, POBLACIONAL Y AGRARIO
RESOLUCION JEFATURAL N° 058-2018-ANA

INFORME DE FORMALIZACION
003-2020 - -ANA-AAA.TIT-ALA.RM.AT/AHFE

Ayaviri, 14 de diciembre de 2020

Caudal diseño(l/s)	120.000	Caudal máx(l/s)	120.000	Caudal mín(l/s)	80.000
Estructura control	No definido				

Oferta de Agua Río Crucero

Variables	Oferta anual (m³): 92838599.00											
meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Volumen (m³)	11300491.00	10399076.00	11504853.00	9816163.00	8025022.00	6187467.00	5563680.00	5155786.00	4587840.00	5180856.00	6622819.00	8494546.00
Caudal (l/s)	4219.00	4299.00	4295.00	3787.00	2996.00	2387.00	2077.00	1925.00	1770.00	1934.00	2555.00	3172.00

Asignación de Agua Río Crucero

Variables	Asignación anual (m³): 911229.55											
meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Volumen (m³)	0.00	0.00	0.00	75385.84	113528.07	108869.78	115317.22	128412.18	126271.70	110199.44	84395.02	48850.30
Caudal (l/s)	0.00	0.00	0.00	29.08	42.39	42.00	43.05	47.94	48.72	41.14	32.56	18.24

Delimitación del Bloque

La Comisión de Usuarios Subsector Hidráulico Asillo Progreso, presenta delimitado un (01) bloque de riego aprobado y denominado ASILLO PROGRESO ORURILLO dentro de cual tiene 30 comités de usuarios de agua, que consiste en el agrupamiento de los predios teniendo en consideración su ordenamiento en torno a la red de riego, la forma de distribución de agua de riego, siendo esta una unidad básica de demanda conformada por el conjunto de predios bajo riego que tienen en común el origen del recurso hídrico y varias estructuras hidráulicas de captación, conducción, distribución y una presa llamada Cotarsaya.

Oferta de Agua

Según aforos puntuales realizados en las fuentes de agua identificados para formalización del uso de agua de la organización de usuarios de agua; realizado por el método velocidad área (flotador) en el mes de **noviembre**; para determinar la disponibilidad hídrica y el análisis de volumen mensual se ha utilizado los caudales promedios mensuales (m³/s) de la estación río Ayaviri desde el año 1964 - 2011, utilizando la matriz de variabilidad que permite aproximar los caudales en los meses restantes en que no se tiene datos de aforo (Campana de Gauss), del análisis efectuado se ha obtenido los siguientes resultados: En la Fuente de agua del Río Crucero de la captación **INAMPO MD** concreto, ubicado en las coordenadas UTM DATUM WGS84 zona 19S E=354078 m; N=8383220 m con un caudal 2858.25 l/s, captación **SAN JERONIMO MI** rustico, ubicado en las coordenadas UTM DATUM WGS84 zona 19S E=353133 m; N=8381097 m con un caudal 2612.85 l/s, captación **SANTA CRUZ MACHARIRI MI** concreto, ubicado en las coordenadas UTM DATUM WGS84 zona 19S E=353328 m; N=8377784 m con un caudal 2555.10 l/s; que equivale a un volumen anual acumulado de 291 628 697.76 m³ de libre disponibilidad.

Demanda de Agua

La demanda de agua para uso productivo con fines agrarios, requerida para el Bloque de Riego ASILLO PROGRESO ORURILLO de la Comisión de Usuarios Subsector Hidráulico Asillo Progreso, con aguas provenientes del río Crucero, con 03 captaciones : captación **INAMPO MD** con un volumen de agua **29 124 750.71m³** para beneficiar un área bajo riego de hasta 2079.45 ha de pastos cultivados, captación **SAN JERONIMO MI** con un volumen de agua **206 588.31 m³** para beneficiar un área bajo riego de hasta 14.75 ha de pastos cultivados, **SANTA CRUZ MACHARIRI MI** con un volumen de agua **911 229.54 m³** para beneficiar un área bajo riego de hasta 65.06 ha de pastos cultivados, para aprovechar un



AUTORIZACION NACIONAL DEL AGUA
AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA XIV
TITICACA
ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA RAMIS
El fedatario que suscribe certifica que el
presente documento que ha tenido a la vista es
COPIA FIEL DEL ORIGINAL y al que me
remito en caso necesario de lo que doy fe
Ayaviri 28 SEP 2022
MIRIAM MINANTAY ROMERO
FEDATARIO

FORMALIZACION DEL USO DE AGUA, POBLACIONAL Y AGRARIO

RESOLUCION JEFATURAL N° 058-2018-ANA

INFORME DE FORMALIZACION

003-2020 - -ANA-AAA.TIT-ALA.RM.AT/AHFE

volumen anual total de hasta **30 242 568.57** que suministran agua para riego complementario para un total de 2159.27 ha de área bajo riego, a 1803 usuarios de agua, ubicados políticamente en el Centro poblado Progreso, distrito de Asillo, provincia de Azángaro, departamento de Puno.

Para determinar la demanda mensual de agua por gravedad para uso productivo con fines agrarios y formalizar el uso del agua, en el marco de la R J N° 058-2018-ANA, se ha tomado la información contenida en el estudio "Actualización del Balance Hídrico de la Cuenca del Río Ramis".

Asignación de Agua

Se realizó el balance hídrico en los puntos de interés de cada fuente de agua evaluado (captaciones), considerando la demanda de agua solicitada para formalizar uso del agua, existiendo superávits hídricos en las fuentes de agua natural evaluados a la demanda solicitada. En consecuencia corresponde asignar a la captación **INAMPO MD** con un volumen de agua **29124750.71 m³** para beneficiar un área bajo riego de hasta 2079.45 ha de pastos cultivados, captación **SAN JERONIMO MI** con un volumen de agua **206588.31 m³** para beneficiar un área bajo riego de hasta 14.75 ha de pastos cultivados, captación **CRUZ MACHARIRI MI** con un volumen de agua **911229.54 m³** para beneficiar un área bajo riego de hasta 65.06 ha de pastos cultivados, para aprovechar un volumen anual total de hasta **30242568.57 m³/año**, para satisfacer la demanda de agua como formalización de uso del agua superficial para uso productivo con fines agrarios, riego complementario por gravedad de 2159.27 hectáreas de pastos, la misma que beneficia a 1803 usuarios, petitionado por la Comisión de Usuarios Subsector Hidráulico Asillo Progreso.

Conclusiones

1. La solicitud de Formalización del Uso de Agua con Fines Agrarios, presentado por la Comisión de Usuarios Sub Sector Hidráulico Asillo Progreso, se adecua a los objetivos de la R J N° 058-2018-ANA y la disponibilidad hídrica de una 01 fuente de agua río Crucero evaluada, la cual satisface la demanda de agua en todos los meses del año.
2. Aprobar la delimitación del Bloque de Riego **ASILLO PROGRESO ORURILLO**, dentro de la Comisión de Usuarios Subsector Hidráulico Asillo Progreso, conformado por 1803 usuarios, 1803 predios según el padrón y con área bajo riego total de hasta 2159.27 ha.
3. Otorgar, la licencia de uso de agua superficial en bloque, para uso productivo con fines agrarios, en el marco del N° 058-2018-ANA, a favor de la Comisión de Usuarios Subsector Hidráulico Asillo Progreso, para aprovechar un volumen acumulado anual de hasta **30242568.57 m³/año**, para riego complementario por gravedad de **2159.27 has.**, con aguas provenientes de: Río Crucero de la captación **INAMPO MD** concreto, ubicado en las coordenadas UTM DATUM WGS84 zona 19S E=354078 m; N=8383220 m, captación **SAN JERONIMO MI** rustico, ubicado en las coordenadas UTM DATUM WGS84 zona 19S E=353133 m; N=8381097 m, captación **SANTA CRUZ MACHARIRI MI** concreto, ubicado en las coordenadas UTM DATUM WGS84 zona 19S E=353328 m; N=8377784 m; políticamente ubicado en el Centro poblado Progreso, políticamente está localizado en el distrito de Asillo, provincia de Azángaro, departamento de Puno.
4. El titular de la licencia queda obligado al pago de la retribución económica por el uso del agua. El incumplimiento al pago por el lapso de dos (02) años consecutivos y el cambio de uso, trae consigo la extinción de la licencia.
5. El titular de la presente licencia implemente una estructura de control y medición de caudales en la fuente de agua en un plazo de tres (03) meses desde la notificación del acto administrativo y reporte mensualmente el uso del agua a la Administración Local de Agua Ramis.
6. El titular del derecho debe tener conocimiento que el uso de las aguas disponibles, está condicionado a las necesidades reales del objeto al cual se destinan y a las fluctuaciones de las disponibilidades de agua, originadas por causas naturales y por la aplicación de la Ley N° 29338 y su Reglamento.

Es cuanto informo a usted, para los fines pertinentes

Atentamente,



Ing. Ángel Hugo Flores Esteva
Analista de Recursos Hídricos
Administración Local de Agua RAMIS

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA XIV
TITICACA
ADMINISTRACIÓN LOCAL DE AGUA RAMIS
El fedatario que suscribe certifica que el
presente documento que se tiene a la vista es
COPIA FIEL DEL ORIGINAL y al que me
remito en caso de ser necesario de lo que doy fe
Ayacucho 28 SEP 2020
MIRIAM NINANTAY ROMERO
FEDATARIO



Nº	DESCRIPCION	TOTAL DE PREDIOS IDENTIFICADOS EN EL COMITE	TOTAL DE USUARIOS	Area total (ha)	Area Bajo Riego (ha) Falta Completar	OBSERVACIONES
1	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA JILA RETIRO	44	40	289.35	17.70	NINGUNA
2	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA JILA INAMPO	60	39	226	38.66	NINGUNA
3	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA JILA ASIRUNI	67	37	60.6	26.00	NINGUNA
4	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA JILA ROSASPATI	59	35	99	29.00	NINGUNA
5	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA JILA CENTRAL	77	40	96.15	30.85	NINGUNA
6	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA JILA CAJANUYO	47	30	43.5	20.00	NINGUNA
7	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA JILA HUANCASA	64	32	107.5	24.16	NINGUNA
8	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA JILA SAN JERONIMO	38	38	96.75	14.75	NINGUNA
9	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA SANTA CRUZ MARIANO	195	81	545.6	65.06	NINGUNA
10	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA LOS ANGELES	87	51	212.5	65.15	NINGUNA
11	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA PACASTITI CENTRAL	158	70	256	53.00	NINGUNA
12	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA COPACONDORI	49	45	52.5	26.00	NINGUNA
13	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA CALAPAMPA	192	119	618.5	238.75	NINGUNA
14	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA CASA BLANCA	148	98	322.5	178.90	NINGUNA
15	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA ADJUDICADA HUANCA	57	36	193.25	39.32	NINGUNA
16	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA POTOSIÑANPATA	136	54	195.55	67.84	NINGUNA
17	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA SAN ANTONIO	78	43	197.75	45.59	NINGUNA
18	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA VISTA ALAGRE	16	14	31.5	23.20	NINGUNA
19	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA VILLAPAMPA	106	81	441.5	193.60	NINGUNA
20	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA MESETA ALTA	195	73	363.35	83.15	NINGUNA
21	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA MESETA BAJA	217	80	329.35	90.98	NINGUNA
22	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA CENTRAL ACCO	184	93	334.3	128.26	NINGUNA
23	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA MIRAFLORES A	31	31	162.25	46.25	NINGUNA
24	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA CCORPA ACCO	257	166	185.35	116.52	NINGUNA
25	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA COLQUEMARCA	293	154	320.35	245.64	NINGUNA
26	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA PRAGA	31	31	50.13	45.63	NINGUNA
27	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA CHOQUESANI	103	72	214.46	141.31	NINGUNA
28	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA ACCOPATA QU	56	56	56.25	32.75	NINGUNA
29	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA CACHUYO QU	19	17	5.25	3.29	NINGUNA
30	COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA HUICHULLO QU	106	47	83	27.95	NINGUNA
AREA BAJO RIEGO DE TODOS LOS COMIT		3170	1803	6190.04	2159.27	



Roberto Morocco Callahuanca
DNI. 01558512
PRESIDENTE



Lino T. Gutierrez Quelca
DNI. 02282182
VICE PRESIDENTE



Encarnación Mamani
TESORERO
DNI. 01407072

**ANEXO 8: INFORMACIÓN SOLICITADA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA
PROGRESO FUENTE SENAMHI**

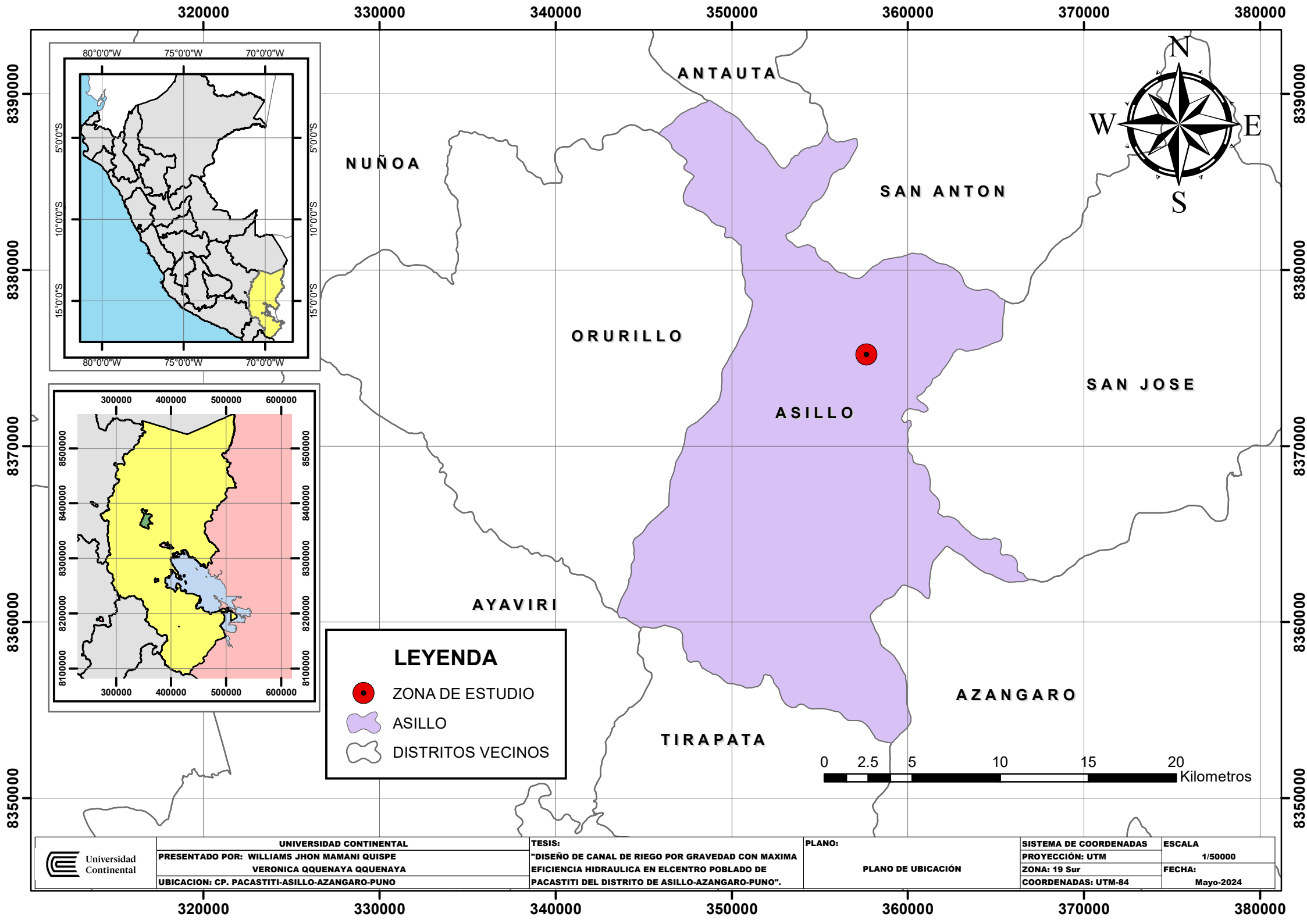
DATOS SOLICITADOS DE LA ESTACIÓN PROGRESO

EV135	Evaporacion acumulada mensual (mm)
HR101	Humedad relativa media diaria (%)
PT101	Precipitacion total diaria (mm)
PT202	Precipitacion maxima en 24 horas (mm)
TM101	Temperatura media diaria (°C)
TM202	Temperatura maxima media mensual (°C)
TM103	Temperatura minima media mensual (°C)
VTMED	Velocidad media de viento (m/s)

CODIGO	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
HR101	1998		64.12	61.85	59.51	48.91		50.98	47.32	49.02	60	58.94	
HR101	1999		70.06	70.78	68.92	59.52	55.59	62.24	56.5	56.14		52.11	59.7
HR101	2000	66.55	67.98		61.93	57.23	55.04	57.03	53.12				
HR101	2001	70.34		71.01	62.04	64.8		56.14		49.53	51.52		58.3
HR101	2002	58.89	68.51	65.3	64.82	57.23	52.02			52.51	57.62	57.91	63.66
HR101	2003	69.4	68.08	69.01	63.73	57.94	50.4	49.88	51.74	50.13	52.15	55.36	63.47
HR101	2004	68.91	69.75	67.08	64.51	53.47	53.33	58.16	54.26	56.28	57.86	59.24	
HR101	2005	68.07	72.66	65.15	64.35	57.21		51.43	45.92	50.33	60.88	59.38	64.83
HR101	2006	71.56	66.89	66.45	65.54	50.05	52.4	51.04	54.62	54.2	57.87	64.69	66.37
HR101	2007	70.75	69.75	74.82	69.96	59.6	53.08	54.68	50.88	62.25	54	58.05	62.17
HR101	2008	74.75	71.84	69.83	63.43	56.02	49.82	52.76	53.93	51.85	57.56	58.31	65.25
HR101	2009	70.04	71.3	68.87	65.68	64.89	50.58	53.02	54.28	54.28	51.77	63.01	
HR101	2010	75.02	72.91	70.68	66.8	59.66	57.1	49.93	48.69	52.39	55.14	52.94	64.82
HR101	2011	68.1	75.35	73.48	66.43	60.75	51.45	48.95	53.06	60.83	62.4	60.84	69
HR101	2012	69.9	75.1	72.65	72.36	62.95	54.54	53.4	54.17	59.77			69.73
HR101	2013	74.93			66.98	63.55	57.68	59.32	52.68	53.22			
HR101	2014		69.7	67.9	63.3	54.51	51.73	51.18	52.99	59.63	58.32		
HR101	2015			68.37		60.69	52.45	48.8	48.23	54.51	56.38	59.09	63.92
HR101	2016	65.98		63.08	65.03	55.86	50.38	51.03	51.98	50.9	58		
HR101	2017		68.08	71.11	68.42	65.1	56.22	51.86	49.86	59.68	54.05	56.71	65.59
HR101	2018	69.04	72.35	73.62	62.44	56.08	62.45	51.23	53.93	52.43	63.5		58.55
HR101	2019	69.13	77.72	75.47	69.23	58.37	52.64	50.01	51.65	57.93	56.32	65.65	70.84
HR101	2020		74.75	68.13	53.87	49.15	47.83	46.96	57.45	58.95		51.84	
HR101	2021	71.19	73.76	73.86	71.39	67.43	67.31	60.96	58.08	61.56	63.53		78.69
HR101	2022		77.34	67.44	61.62	61.48	60.15	63.04	60.74	56.53	51.09	67.21	
HR101	2023	70.29	74.23	81.59	82.7	80.73	73.68	57.26	50.34	55.21	53.97	59.03	69.83
HR101	2024	68.32	73.85	72.84	66.26								
PT101	1998	100.2	72.2	52.8	17.5	0	7.7	0	1.2	2.2	103.7	88.7	32.6
PT101	1999	107.6	125.6	136.6	40.2	0.5	0	0	0	16.6	35.8	54.3	
PT101	2000	137.7	114.1	105.1	9.6	1.4	1.2	1.6	2.4		108	17.6	99.6
PT101	2001	151.8	111	132.4	30.6			5.5	0	14.2	49.6	62.7	57.4
PT101	2002	117	107	94.4	149.2	8.8	1.8	25.4	4.4	25.6	131.6	86	
PT101	2003	181.6	114.9		60.2	7	7.6	0.5	7	15.4	14.8	16.1	80.6
PT101	2004	240.4	160.2	61.8		7.4	0	4.8	22.8	40.6	13	53.8	118.8
PT101	2005	52.5	200.8	54.7	35.4	0.5	0	1.2	2.8	3.8	75.9	62.2	86.4
PT101	2006	146.4	46.9	64.6	50.5	0	2.1	0	3.9		42.9	63.6	79.5
PT101	2007	130.2	58.1	152.6	60.5	14.4	0.6	0.5	0	25.8	19.4	75.4	53.6
PT101	2008	130.3	73	52.4	4.6	6.2	0	0	0	7.6	49.6	26.5	155.6
PT101	2009	112.1	90.9	59.7	15.3	5.2	0	4.6	0.8	9.2	19.2	111.8	104.6
PT101	2010	153.8	118.8	71.6	40.8	8.6	0	0	2.6	0	24.8	8.6	121.2
PT101	2011	93.2	162.2	130.8	51.2	2.1	0	6.2	11	61.2	59.2	37.6	108.4
PT101	2012	137.6	159.4	109.2	25.2	9.6	0	0	0	14.6	9.6	29	172
PT101	2013	135.6	180.8	123.2	43.6	8	2.4	2.9	4.2	8.2	81.4	33.6	123.7
PT101	2014	103.5	136.4	102.3	19.2	1.2	0	0	13.6	56.6	51.6	26.2	134.5
PT101	2015	180.4	91	73.9	58.8	12.4	6.6	0	9.2	31.4		65.3	153.8
PT101	2016	98.6	210.6	31.4	84	2.8	1.2	10.6	14.8	11.2	53	44.4	89.6
PT101	2017	109.4	79.2	105	112.8	36.1	0	3.6	0.4	55.4	46.3	37.7	64.9
PT101	2018	79.2	130.2	110.3	18	6.2	16.8	21.5	18.6	14.4	92.9	61	58.2
PT101	2019	109.9	92.7	101	47.4	19.8	0.4	0.5	0	4.6	51.8	107.3	130.6
PT101	2020	169.8	145.6	102.6	15.8	16	0	0	6.4	7.2	62.2		
PT101	2021		153.9	156.2	63.6	9.2	0	0	0	11.3	36.5	133	177.5
PT101	2022	117	130.2	120.8	35.2	0.6	2	0	5.1	18.4	0	1.2	26
PT101	2023	46.2	101.2	102.1	18.2	33.3	0	1.1	1.4	22.5	9.9	125.6	144.7
PT101	2024	77.5	184.9	156.7	104.8								
TM101	1998	11.54	11.58	11.37	10.94	9.38	8.25	7.87	9.09	9.97	10.27	10.58	10.03
TM101	1999	10.15	9.51	9.34	9.31	8.99	7.8	7.6	8.49	9.15	9.85	10.63	10.31
TM101	2000	9.49	9.4	9.58	9.55	9	7.58	6.88	7.93	9.16	8.76		9.24
TM101	2001	8.91		8.97	9.31	8.16	7.27	6.93	7.51	9.62	10.92	11.23	10.75
TM101	2002	10.53	9.94	10.43	9.63	8.85	8.44	6.96	8.19	9.42	9.73	10.41	10.14
TM101	2003	9.99	10.37	9.92	9.74	9.13	8.02	8.01	8.32	9.46	10.31	10.91	10.56
TM101	2004	9.69	9.94	10.2	9.68	8.45	7.44	7.37	8.09	9.34	10.32	11.04	
TM101	2005	10.15	10.02	10.49	10.02	8.39	6.89	7.81	8.24	9.76	10.18	10.94	10.43
TM101	2006	9.53	10.67	10.5	9.53	7.93	8.16	7.65	9.13	9.78	10.01	10.28	10.51
TM101	2007	10.41	10.09	9.28	9.5	8.88	7.89	7.33	8.85	9.05	9.85	9.9	10.39
TM101	2008	9.14	9.4	8.96	9.64	7.6	7.83	6.76	8.44	9.38	10.3	10.91	10.19
TM101	2009	9.83	9.77	10.01	9.68	8.81	7.28	7.89	8.4	9.99	11.05	10.55	
TM101	2010	9.61	10.35	10.2	10.02	9.09	8.5	7.77	8.62	9.87	10.68	11.26	10.28
TM101	2011	10.15	9.44	9.32	9.71	8.55	7.93	7.8	8.35	8.74	9.46	10.61	9.74
TM101	2012	9.78	8.97	9.22	8.84	8.07	7.1	6.9	7.57	8.64			9.96
TM101	2013	8.91			8.84	8.4	7.21	7.03	7.79	9.11			
TM101	2014		9.97	10.15	10.25	9.52	9.15	8.05	8.26	9.27	9.91		
TM101	2015			10.12		8.98	8.38	7.84	8.45	10.16	10.32	11.15	10.38
TM101	2016	10.59		11.13	9.84	9.04	8.06	8.09	8.97	9.72	10.03		
TM101	2017		10.31	9.5	9.38	9.17	7.82	8.1	9.1	9.6	10.34	11.34	10.66
TM101	2018	9.9	9.82	9.61	9.44	8.09	7	7.22	8.05	9.36	9.83	10.68	10.42
TM101	2019	10.28	9.82	10.03	9.56	9.21	7.98	7.86	8.19	10.19	10.25	10.41	10.41
TM101	2020			10.1	9.89	8.81	8.29	8.01	9.03	9.63	9.94	11.64	
TM101	2021	9.8	9.09	9.6	9.15	8.52	8.01	7.83	8.53	9.96	11.09		9.48
TM101	2022			9.35	9.55	8.75	7.22	7.88	8.25	9.73	10.86	11.75	10.15
TM101	2023	10.39	10.19	9.72	9.39	8.27	6.47	8.03	7.82	10.05	12.27	11.76	11.4
TM101	2024	11.41	10.09	10.77	10.8								
TM102	1998	18.14	18.23	18.51	18.39	17.77	15.57	16.58	17.77	18.4	17.26	17.33	16.95
TM102	1999	16.68	15.23	15.24	15.15	15.75	15.47	15.22	16.58	16.73	16.71	17.96	16.75
TM102	2000	15.01	14.74	14.84	16.93	17.21	15.55	14.85	16.56	17.99	16.06	18.72	15.43
TM102	2001	14.17	14.82	15.01	15.82	15.75	15.21	15.17	16.06	17.77	18.07	18.41	17.46
TM102	2002	16.67	14.9	15.89	15.45	15.85	15.83	13.97	16.29	17.2	17.16	17.49	16.75
TM102	2003	16.27	16.11	15.41	16.23	16.12	15.54	16.14	16.32	16.61	18.01	18.3	17.34
TM102	2004	15.02	15.76	16.45	16.17	16.35	15.37	15.25	15.39	16.61	17.79	18.19	17.26
TM102	2005	16.63	15.75	17.01	17.13	16.94	16.31	16.34	16.55	17.43	16.83	17.44	16.4
TM102	2006	15.01	16.79	16.55	16.35	16.43	15.93	16.05	17.05	17.59	17.28	16.71	17.01

TM102	2007	17.14	16.64	15.49	16.11	16.26	16.37	15.67	17.85	16.22	17.27	16.98	16.45
TM102	2008	14.7	15.67	15.57	16.77	15.89	16.57	15.9	17.05	17.55	17.12	18.03	15.94
TM102	2009	15.98	15.69	16.56	16.51	16.55	16.05	15.97	17.14	18.22	18.85	17.61	17.25
TM102	2010	16.05	17.05	16.76	17.45	17.31	17.73	17.26	17.92	18.85	18.57	19.05	16.19
TM102	2011	16.15	15.05	15.61	16.47	16.75	16.29	15.75	17.17	16.43	17.11	18.65	16.46
TM102	2012	15.95	14.74	15.99	15.94	16.15	15.85	15.91	17.34	17.68	18.03	17.89	16.08
TM102	2013	15.73	15.46	16.73	17.21	16.66	15.39	15.9	16.4	17.78	17.44	18.69	16.18
TM102	2014	16.16	16.76	17.28	17.07	17.3	17.69	16.09	16.2	16.53	17.38	18.8	17.28
TM102	2015	15.39	16.04	16.27	15.77	16.55	17.21	16.63	17.21	18.12	17.88	18.93	17.23
TM102	2016	17.97	17.52	19.07	17.15	17.59	17.09	16.57	17.2	17.85	17.01	18.21	17.51
TM102	2017	15.97	17.01	15.63	16.17	16.14	16.41	16.51	17.71	17.11	17.85	19.18	17.55
TM102	2018	16.35	16.31	16.16	16.95	16.94	15.53	15.57	15.88	17.28	16.93	18.19	18
TM102	2019	17.23	16.17	16.92	16.87	17.2	16.55	16.64	17.28	18.23	17.57	17.59	17.23
TM102	2020	16.48	16.46	17.01	17.2	16.92	16.93	16.87	18.43	17.36	17.17	19.68	
TM102	2021	16.33	16.06	15.87	15.99	16.08	16.14	16.9	17.26	17.67	18.31	17.65	15.52
TM102	2022	16.08	15.81	16.59	17.45	17.12	15.87	17.05	16.72	17.95	18.77	19.32	16.77
TM102	2023	17	16.56	16.71	17.25	15.92	16.02	17.86	17.2	18.47	20.12	18.57	17.95
TM102	2024	18.3	16.64	17.57	18.41								
TM103	1998	5.37	5.74	4.99	3.35	-1.12	-0.62	-2.02	0.11	0.43	2.94	3.32	3.78
TM103	1999	4.29	4.42	4.41	2.96	0.89	-2.58	-1.94	-0.87	1.25	2.52	2.52	3.64
TM103	2000	4.41	4.17	3.4	1.65	-0.19	-1.66	-2.25	-0.23	0.82	2.19	2.43	3.11
TM103	2001	4.4	4.26	3.79	1.85	-0.34	-3.76	-5.74	-5.04	0.47	2.81	3.62	4.05
TM103	2002	3.74	4.65	4.04	3.1	0.84	-0.37	-3.77	-3.44	0.69	3.22	3.41	4.59
TM103	2003	5.14	5.25	4.85	2.79	1.22	-4.42	-4.65	-3.3	0.13	1.16	2.47	4.19
TM103	2004	4.46	4.48	3.85	2.69	-3.44	-5.34	-4.07	-3.46	-0.05	2.73	3.23	2.88
TM103	2005	3.89	3.84	3.08	0.89	-4.87	-6.62	-4.7	-5.07	-1.45	2.01	2.92	3.64
TM103	2006	2.95	3.66	2.46	-0.19	-5.56	-5.73	-5.1	-2.24	0.24	1.75	3.69	4.15
TM103	2007	4.63	4.09	3.63	1.45	-2.5	-5.69	-5.58	-3.42	0.75	1.45	1.73	2.36
TM103	2008	3.59	1.17	0.23	-1.85	-5.79	-3.99	-6.47	-1.79	-1.38	3.76	3.48	4.04
TM103	2009	4.45	4.98	3.88	1.23	-2.83	-6.52	-5.07	-5.59	1.53	2.26	4.98	4.9
TM103	2010	4.81	5.26	4.88	2.8	-0.74	-3.77	-5.63	-4.38	-0.57	2.46	3.12	4.73
TM103	2011	4.73	5.18	4.75	3.24	-3.61	-6.02	-5.33	-4.34	0.61	1.15	3.94	4.52
TM103	2012	4.54	4.28	4.1	3.61	-4.41	-5.07	-6.26	-5.69	-1.63	3.72	4.8	5.46
TM103	2013	4.75	5.18	4.93	-0.45	-1.07	-4.41	-5.2	-4.02	-2.59	2.87	3.43	4.8
TM103	2014	4.62	4.13	3.42	2.75	-3.03	-4.51	-4.89	-3.25	1.95	2.3	3.57	4.77
TM103	2015	4.11	4.75	4.5	4.19	1.57	-0.33	-1.41	-0.14	2.7	2.91	4.65	4.19
TM103	2016	5.07	5.74	4.83	3.51	0.4	-1.61	-1	-0.1	1.07	3.5	2.64	4.23
TM103	2017	4.43	4.58	4.55	4.15	2.79	-0.43	-1.13	-0.07	2.83	2.37	3.89	4.45
TM103	2018	4.41	4.91	5.03	1.99	-0.27	-0.79	-1.25	0.25	1.27	3.77	4.61	3.68
TM103	2019	4.88	4.88	4.47	3.45	1.37	-1.19	-1.56	-1.05	2.21	2.61	3.75	4.77
TM103	2020	4.81	5.91	4.95	3.3	0.23	-1.12	-1.39	-0.61	2.03	2.85	3.03	
TM103	2021	4.81	4.36	4.15	2.49	0.17	-0.65	-1.93	0.13	2.42	3.64	3.93	3.95
TM103	2022	4.11	3.99	3.61	2.02	0.31	-1.66	-1.55	0.06	1.41	1.97	2.63	3.42
TM103	2023	3.65	4.36	4.78	2.72	1.46	-6.27	-5.34	-4.39	-1.27	0.98	1.2	2.06
TM103	2024	1.24	4.59	5.38	3.98								

ANEXO 9: PLANOS

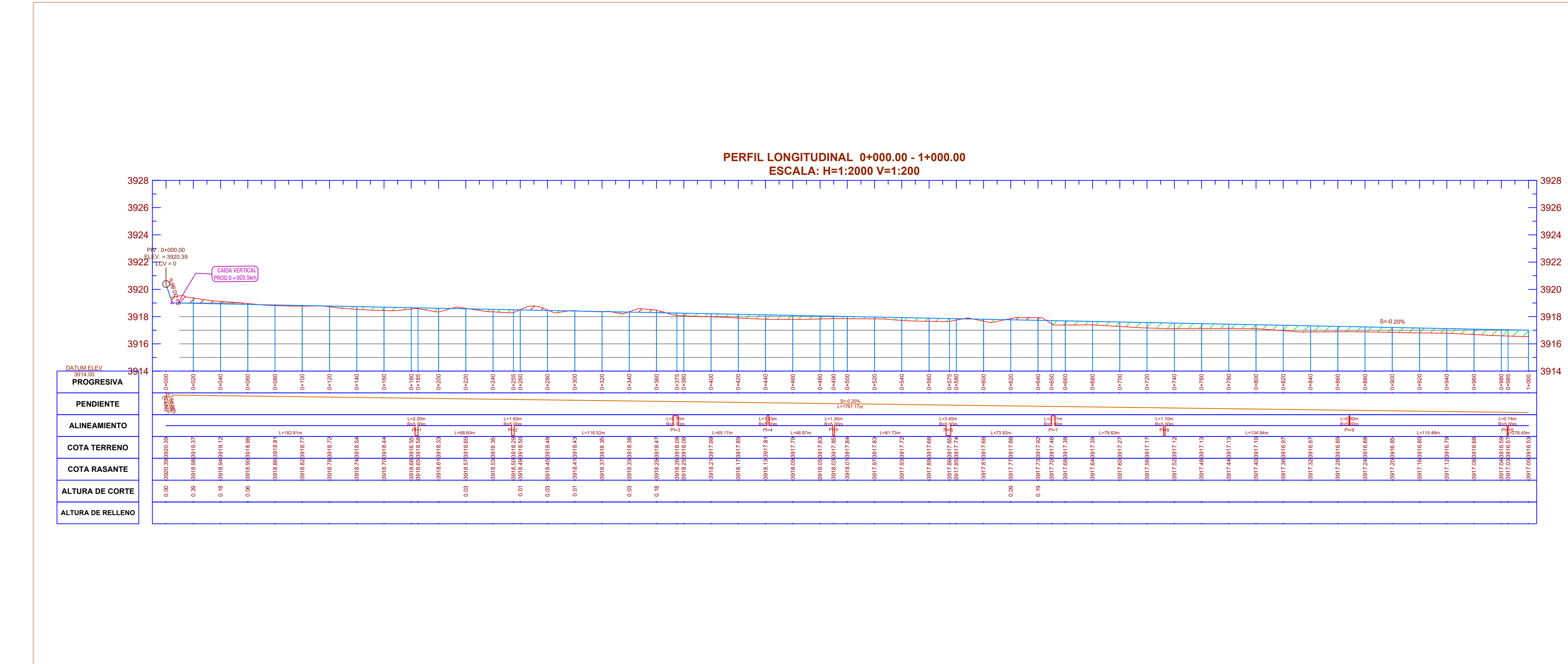
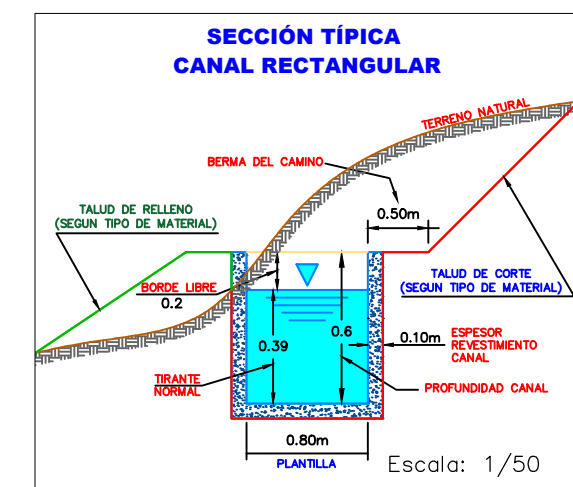


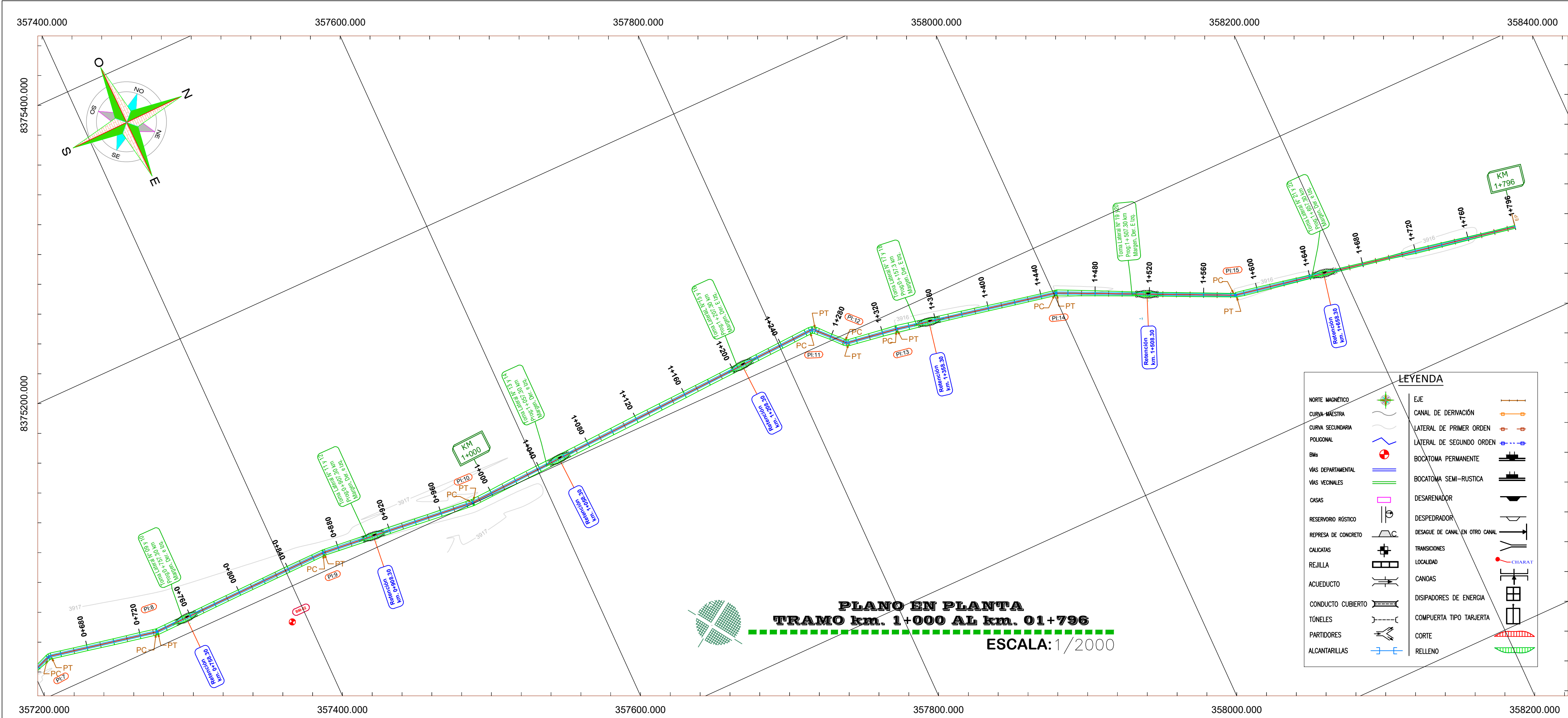


SECCIÓN TÍPICA CANAL TRAPEZOIDAL

Diagrama de una sección típica de un canal trapezoidal, mostrando las siguientes dimensiones y componentes:

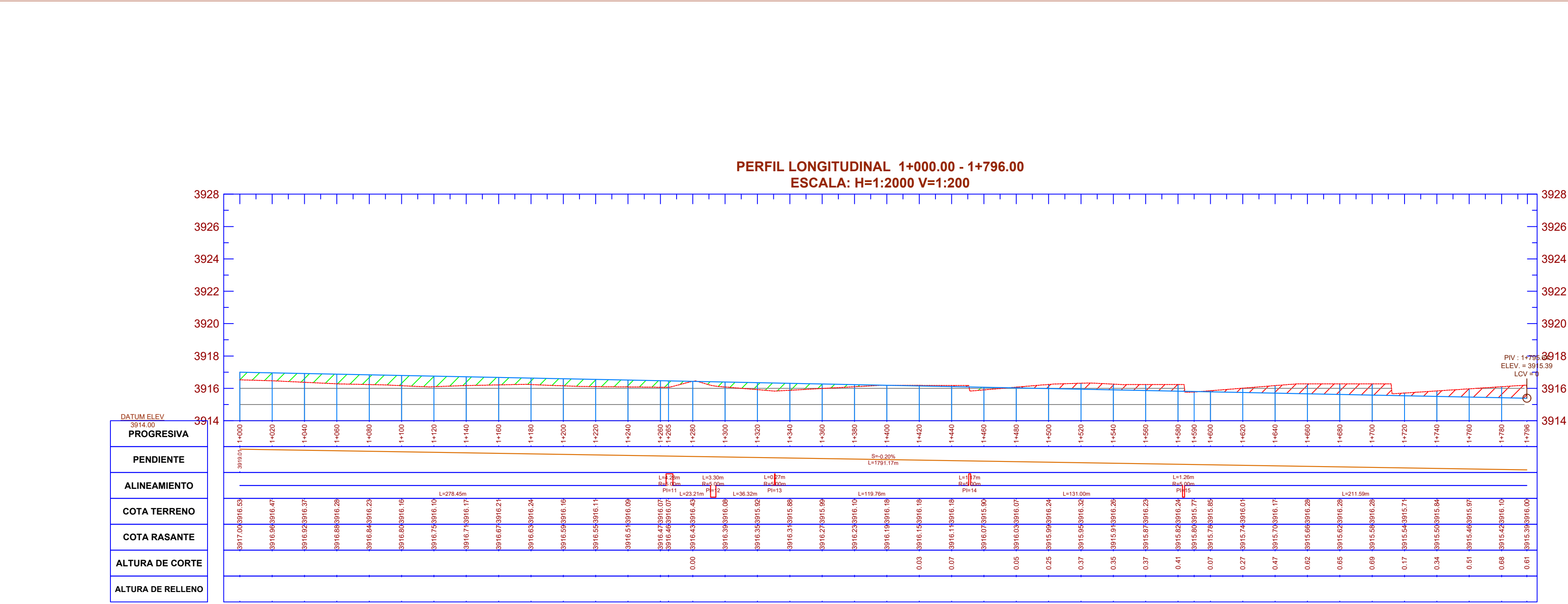
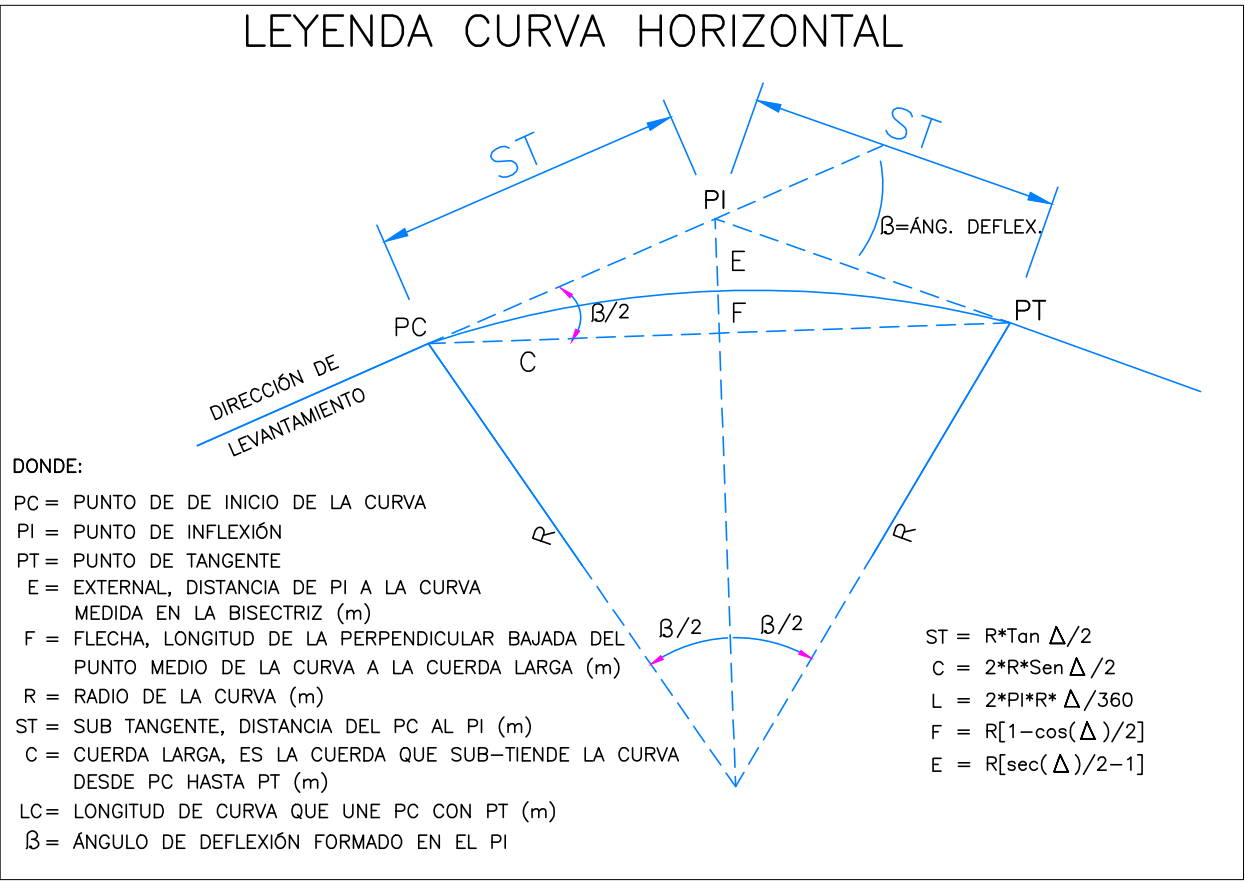
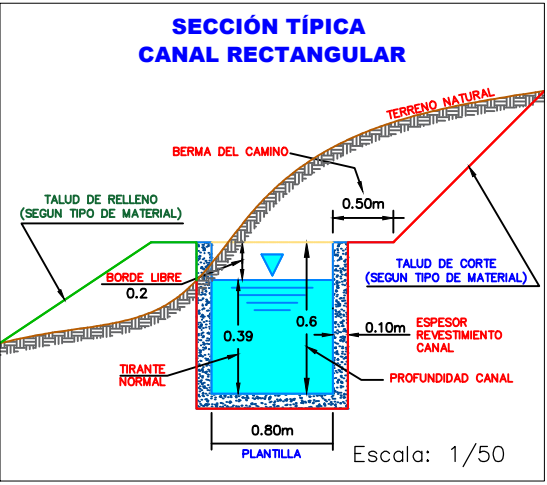
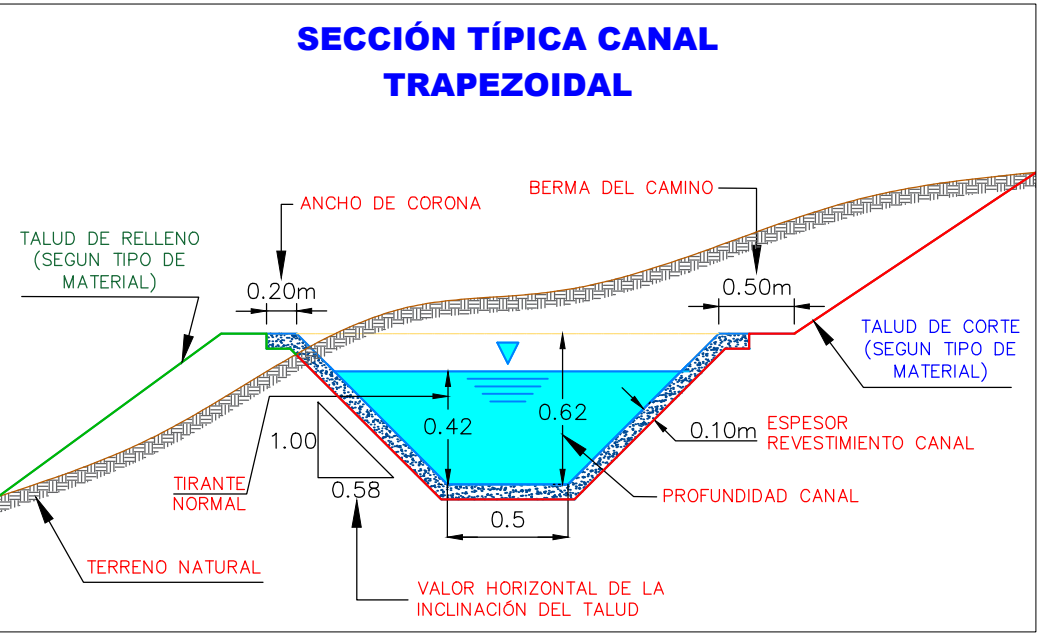
- ANCHO DE CORONA:** 0.20m
- BERMA DEL CAMINO:** 0.50m
- TALUD DE RELLENO (SEGÚN TIPO DE MATERIAL):** Indicado por la línea roja superior.
- TALUD DE CORTE (SEGÚN TIPO DE MATERIAL):** Indicado por la línea roja inferior.
- TIRANTE NORMAL:** 1.00m
- TERRENO NATURAL:** Línea roja que representa el terreno original.
- VALOR HORIZONTAL DE LA INCLINACIÓN DEL TALUD:** 0.58
- PROFUNDIDAD CANAL:** 0.5m
- ESPESOR REVESTIMIENTO CANAL:** 0.10m
- ANCHO DE LA SECCIÓN EN AGUA:** 0.42m y 0.62m

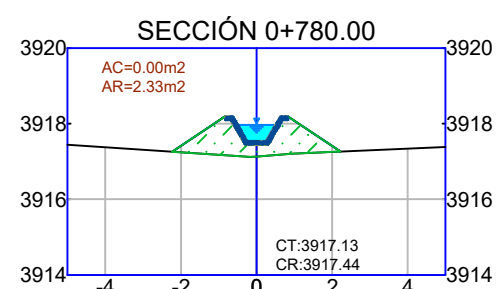
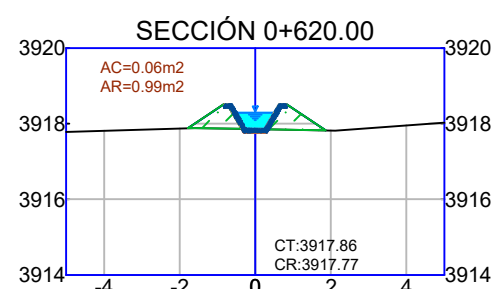
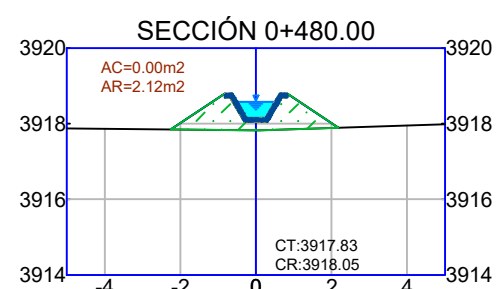
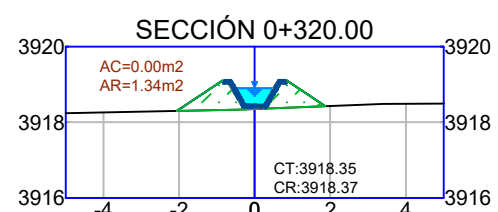
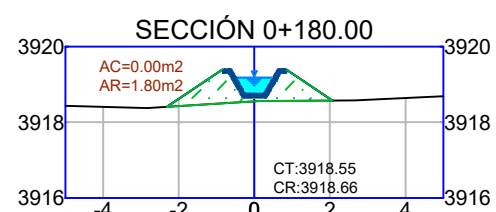
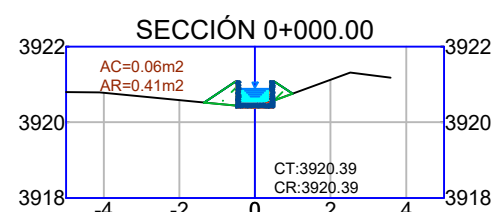
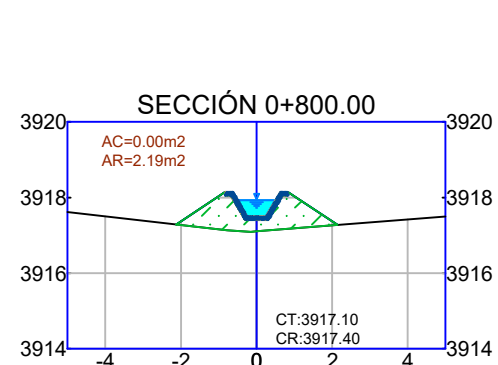
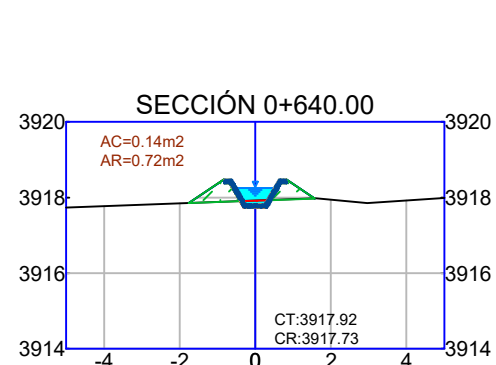
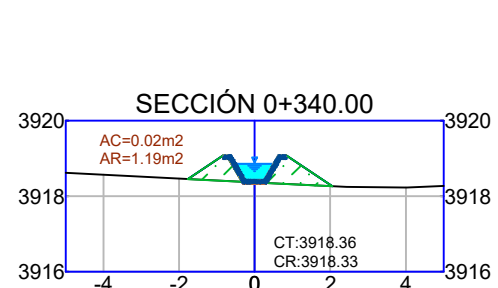
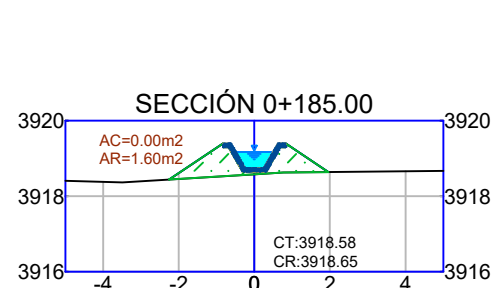
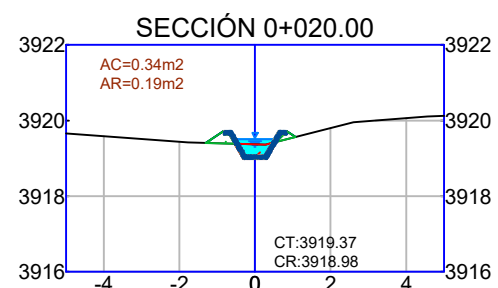
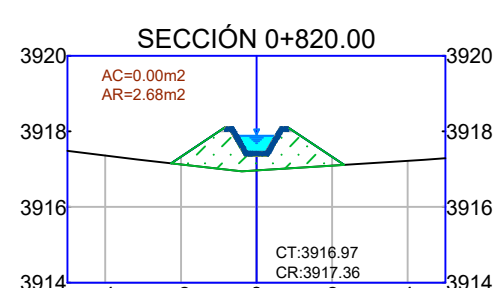
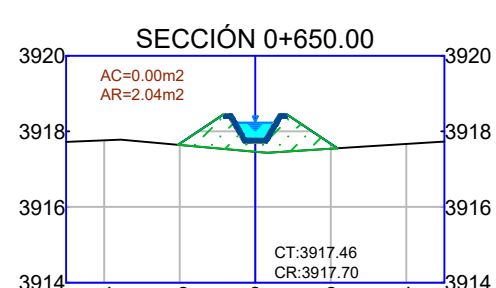
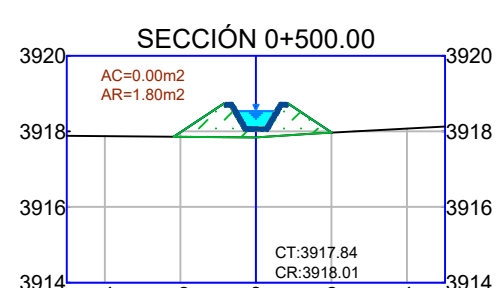
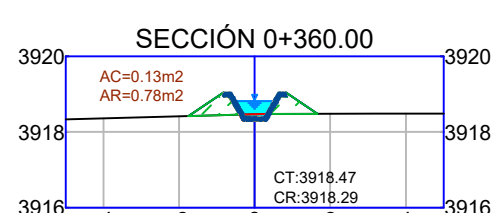
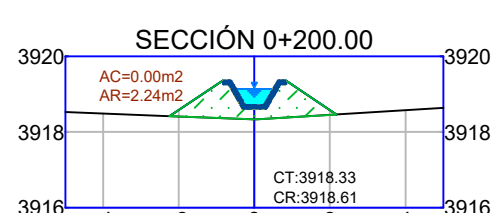
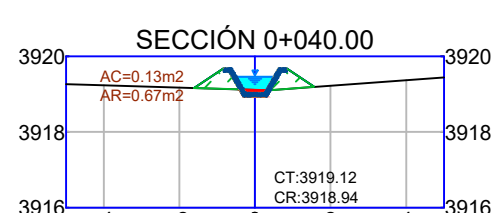
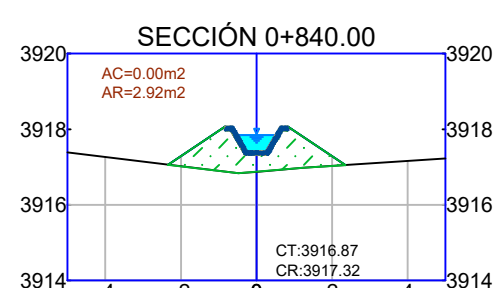
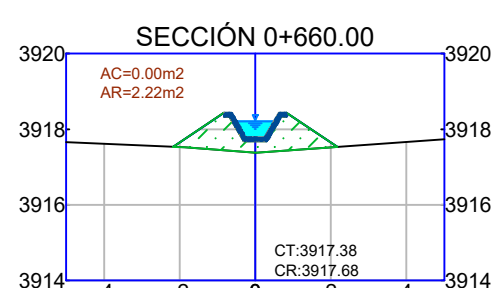
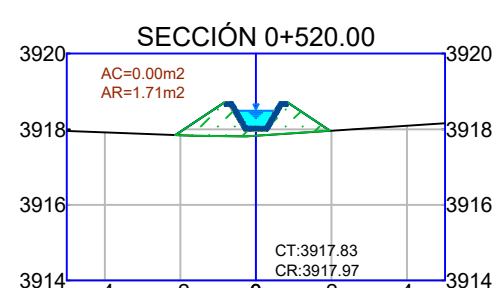
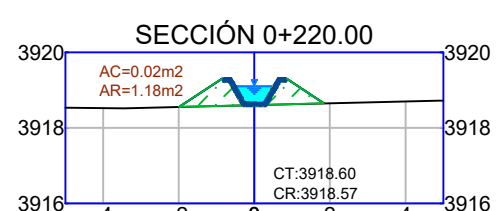
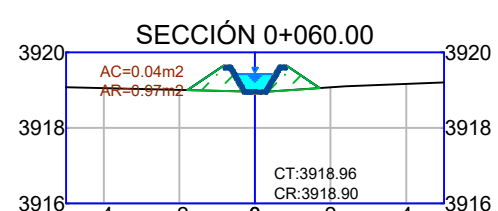
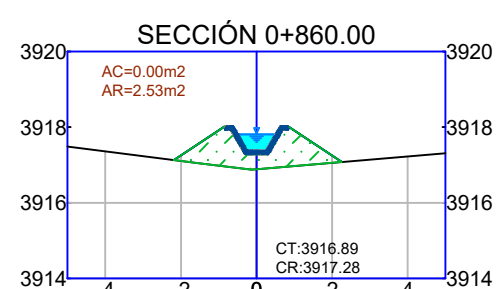
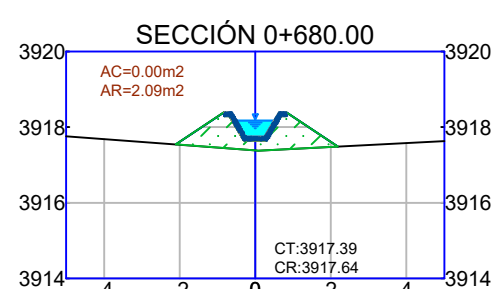
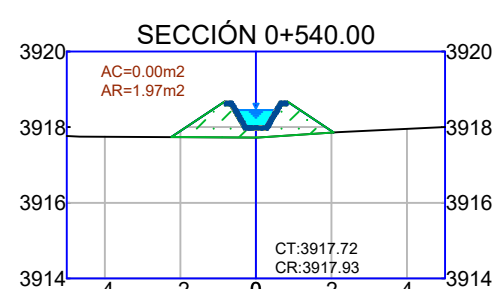
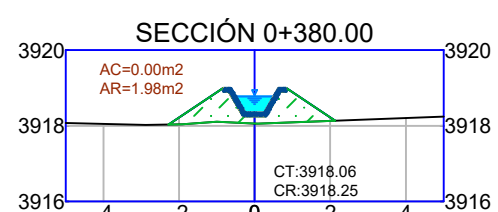
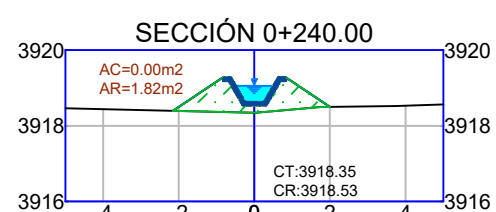
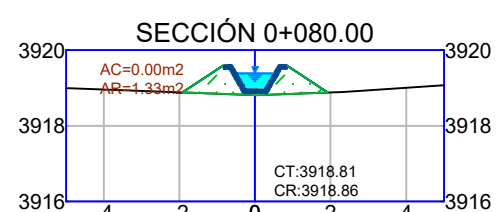
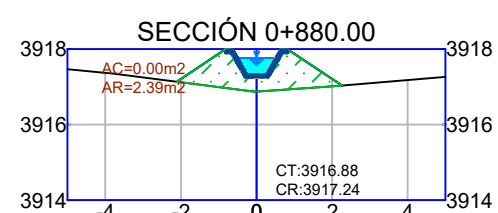
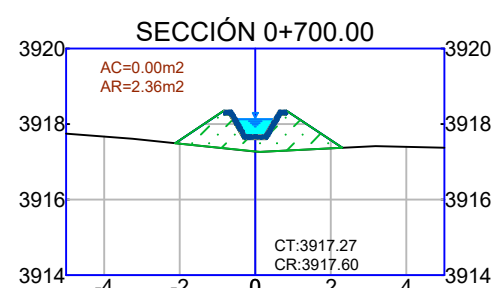
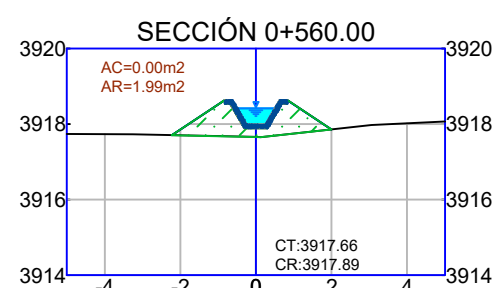
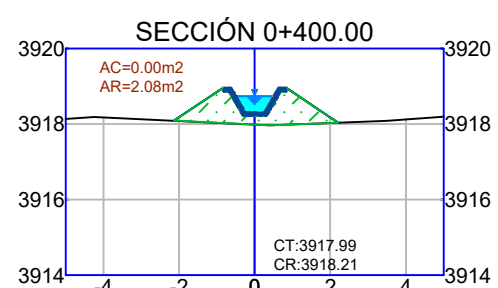
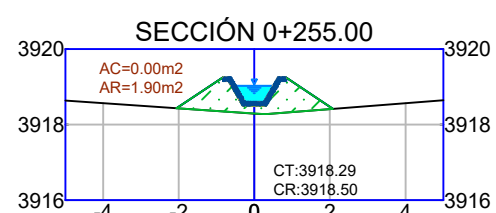
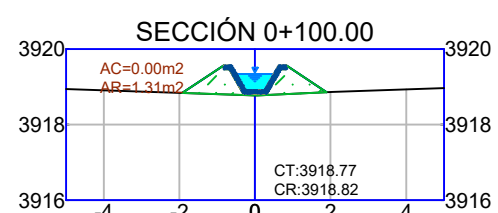
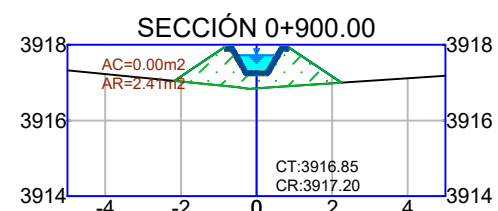
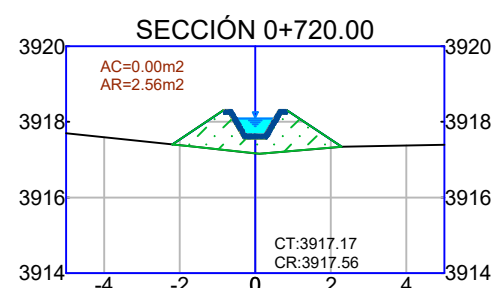
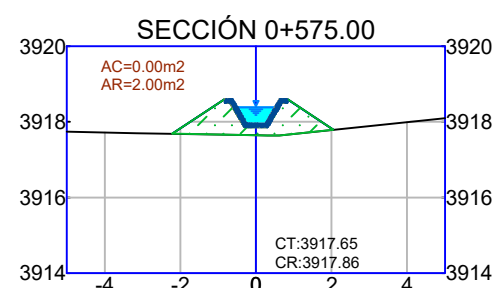
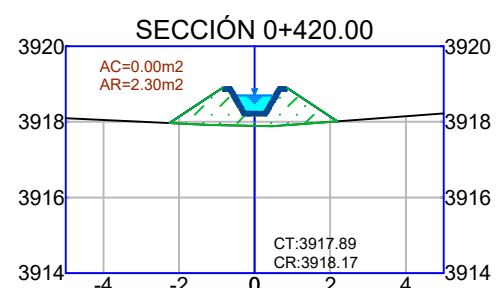
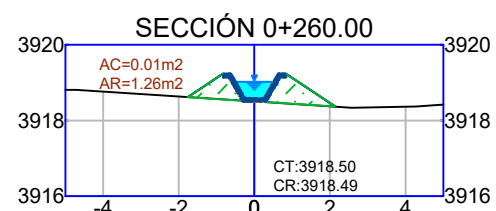
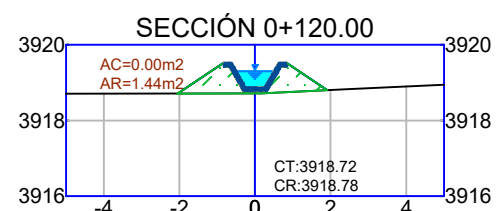
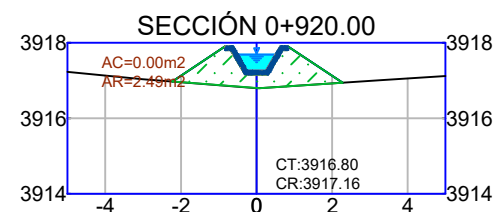
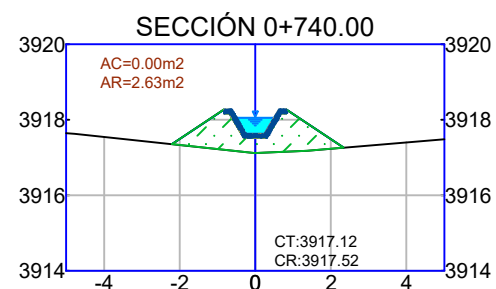
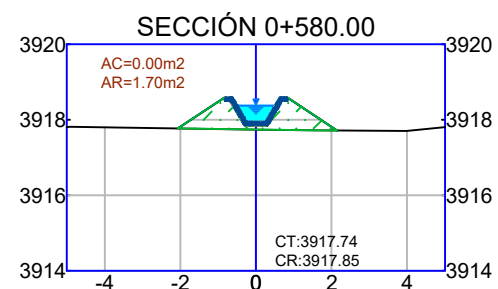
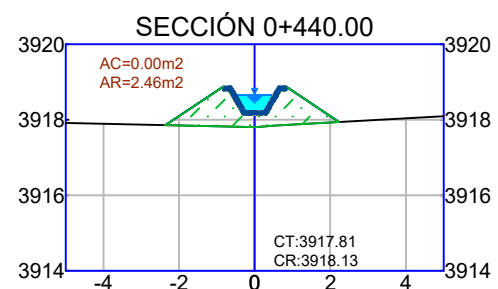
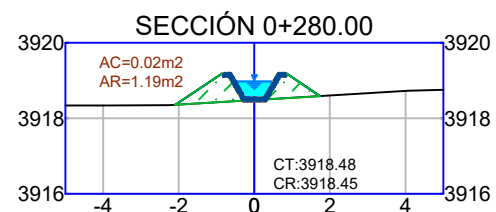
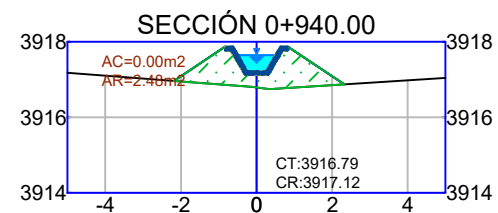
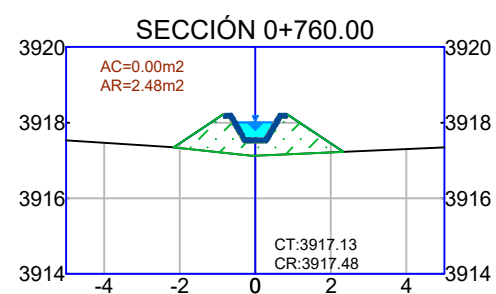
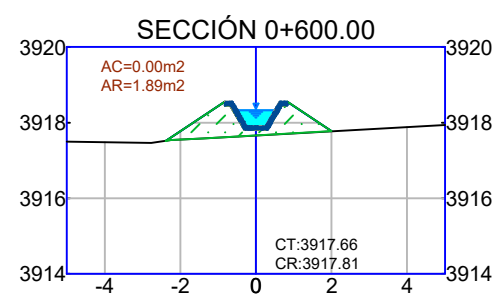
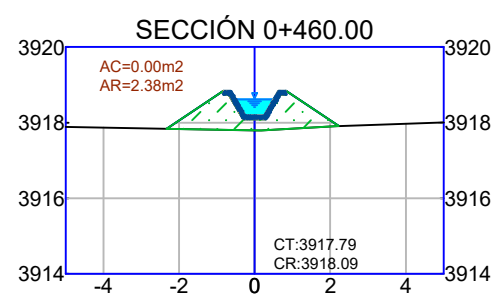
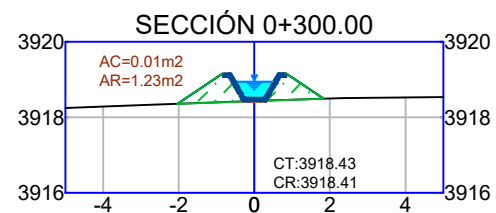
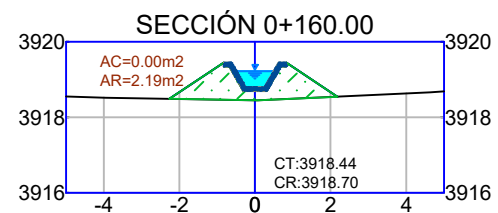


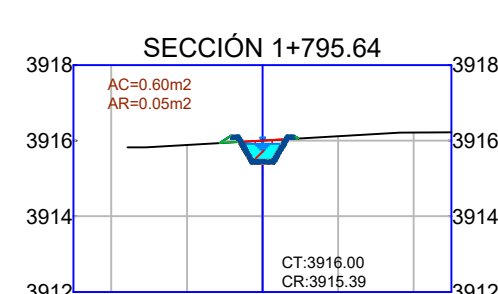
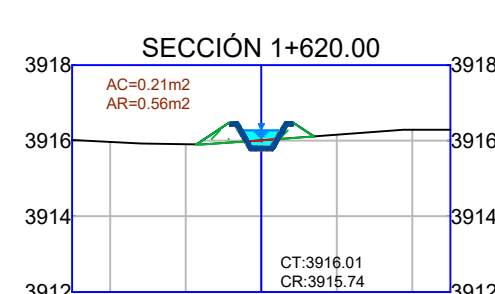
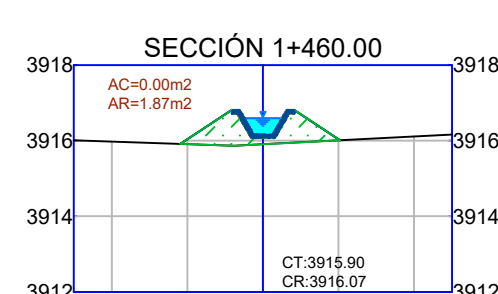
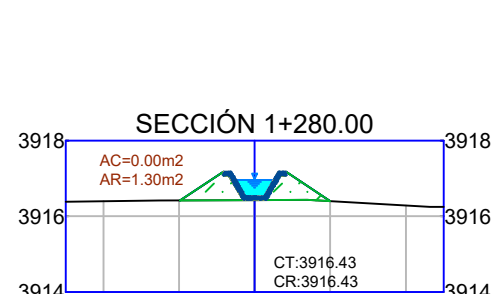
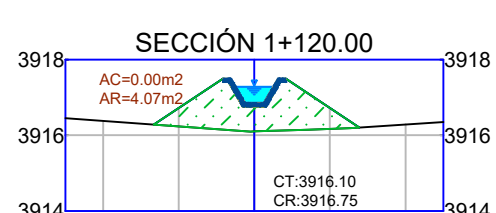
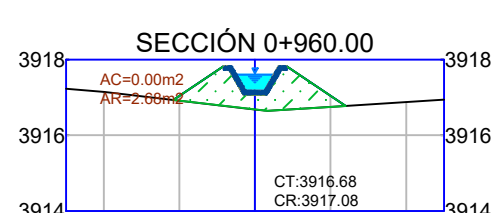
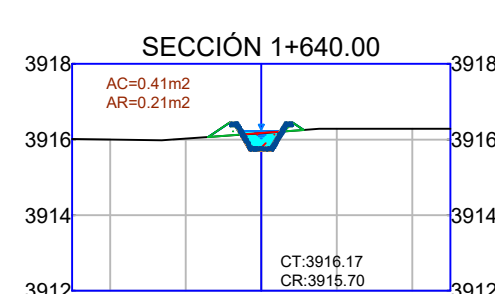
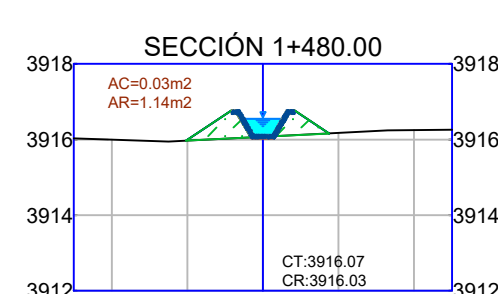
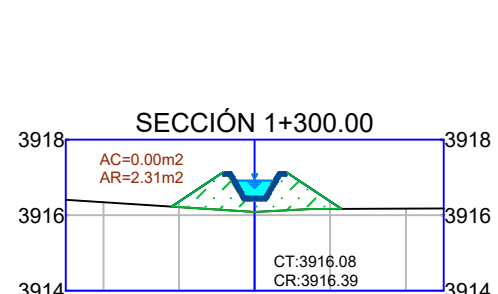
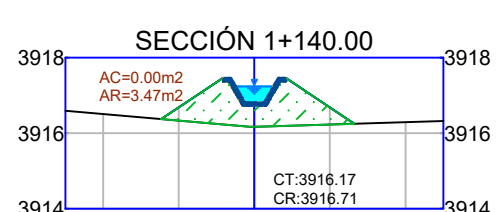
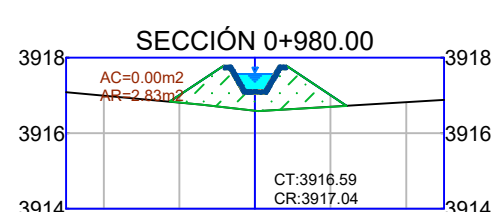
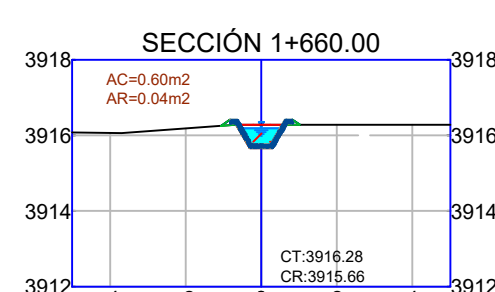
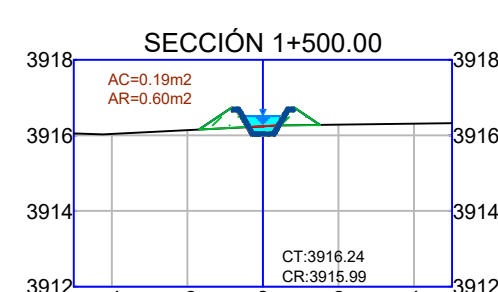
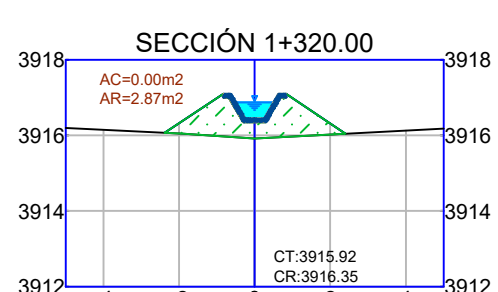
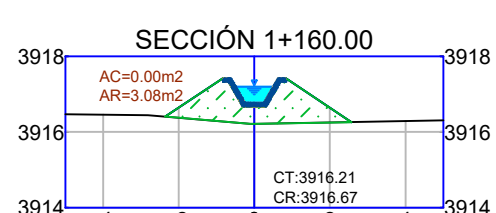
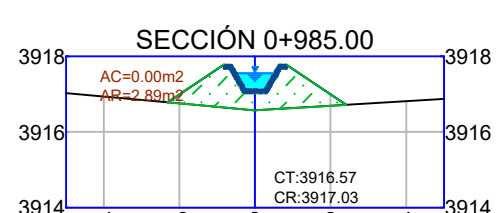
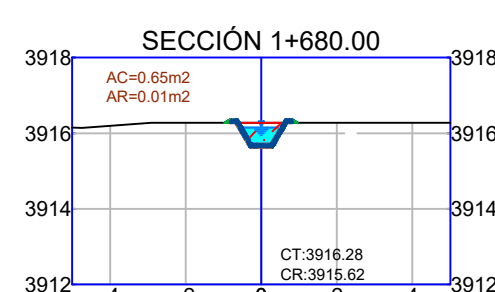
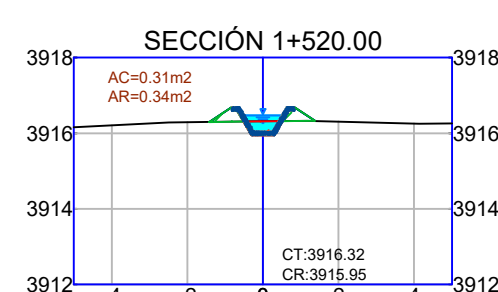
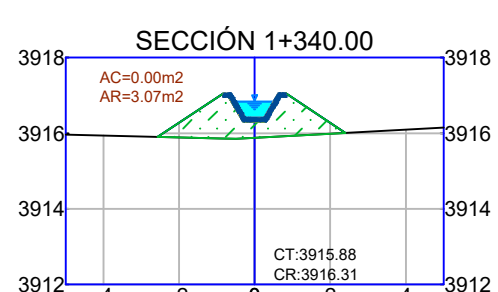
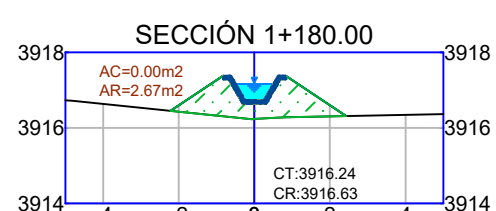
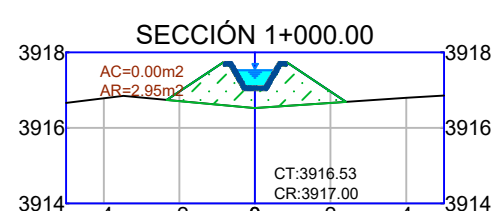
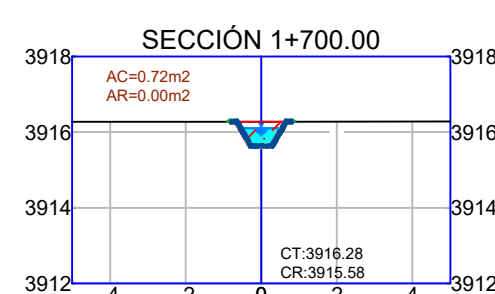
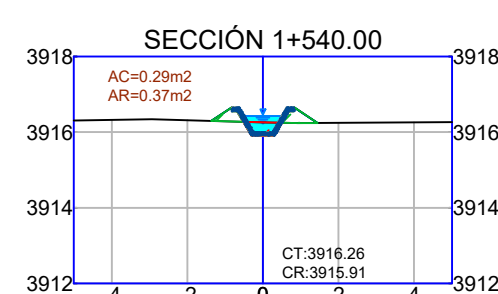
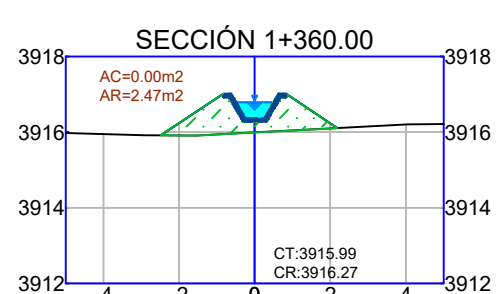
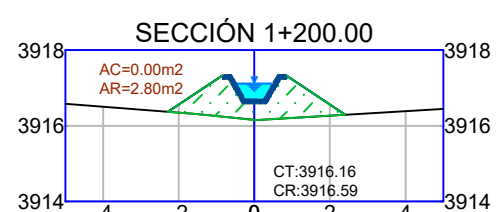
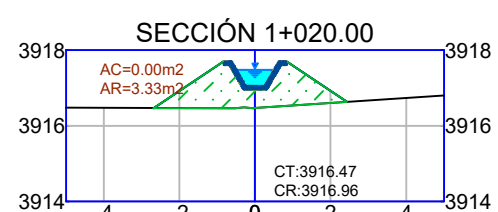
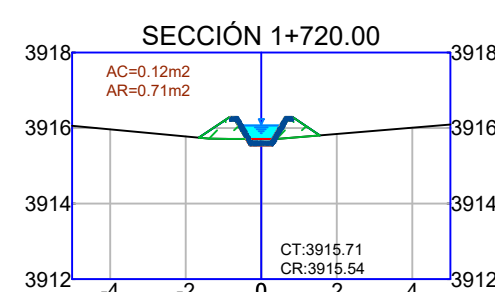
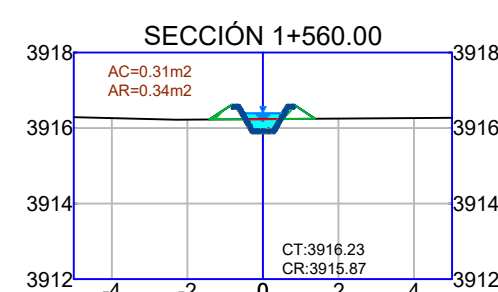
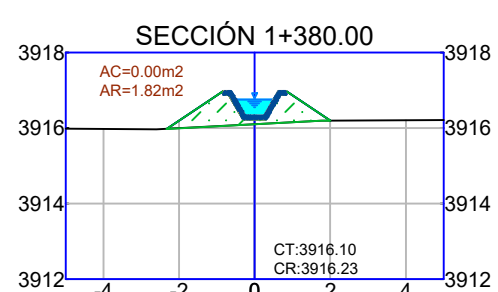
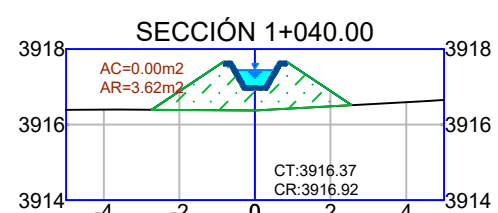
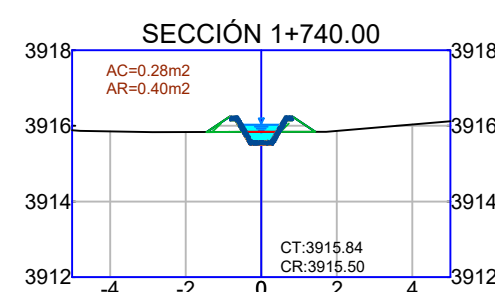
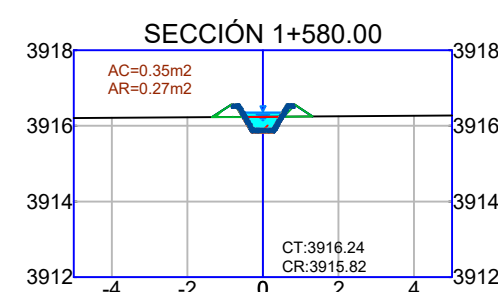
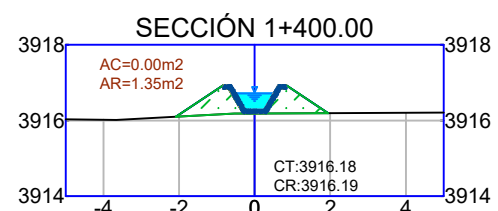
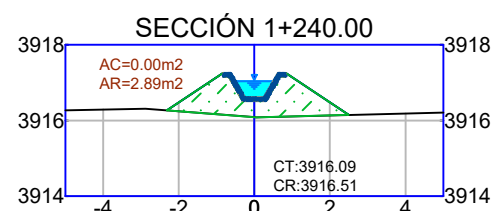
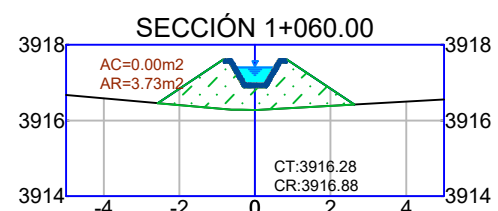
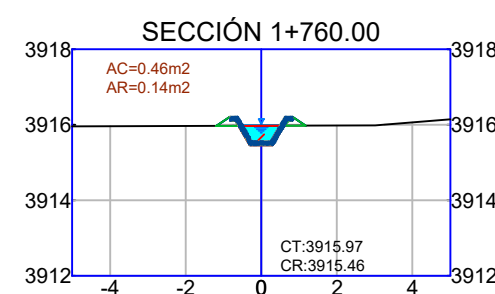
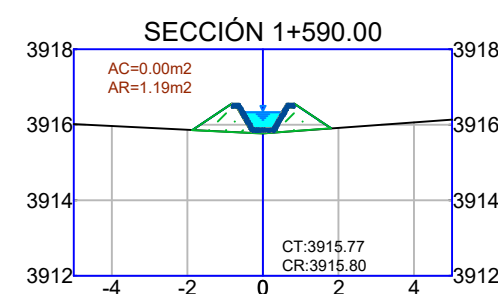
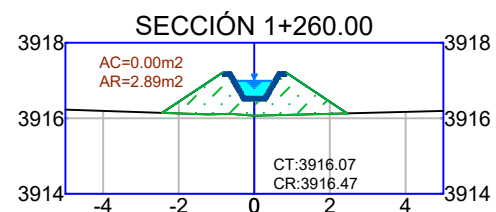
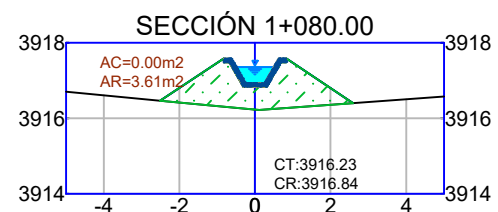
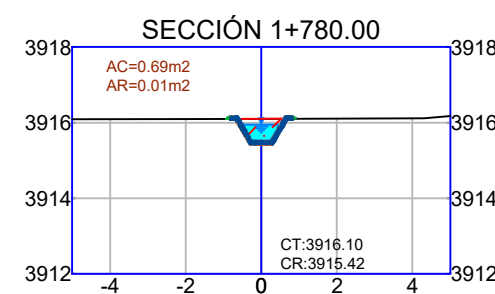
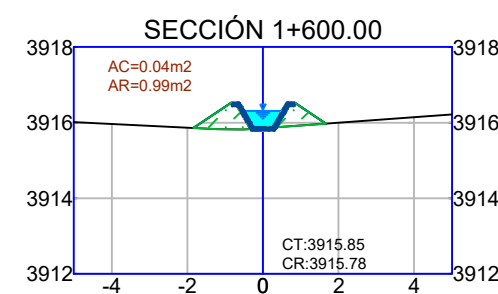
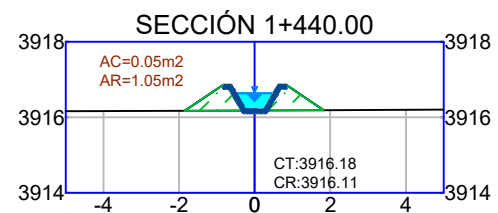
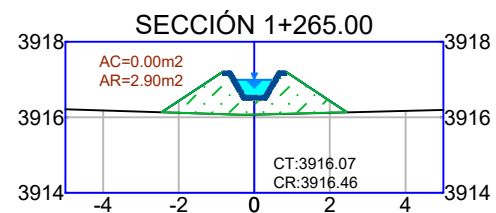
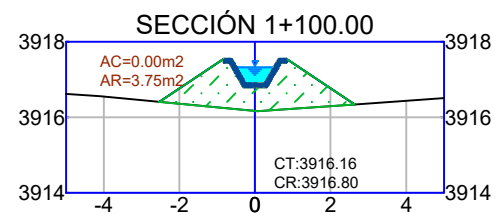


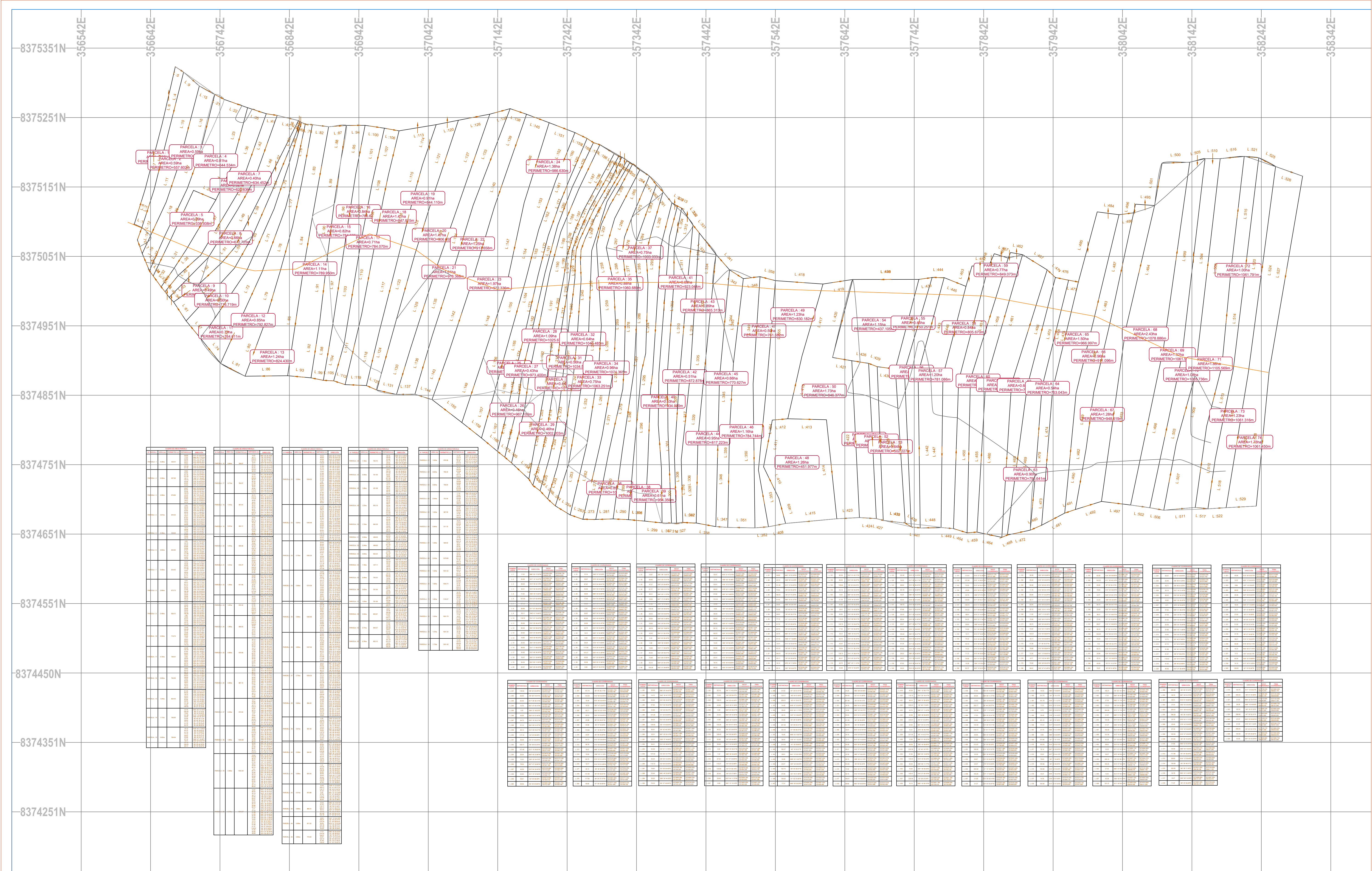
CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL												
NÚMERO	DIRECCIÓN	DELTA (A)	RADIO	ST	LC	C	E	F	PC	PI	PT	PI NORTE
PI:1	S80° 16' 25"E	25°14'56"	5.00	1.12	2.20	2.19	0.12	0.12	0+182.81	0+183.93	0+185.01	8375025.15
PI:2	N76° 02' 37"E	22°07'00"	5.00	0.98	1.93	1.92	0.09	0.09	0+253.61	0+254.58	0+255.54	8375028.72
PI:3	N86° 30' 30"E	43°02'46"	5.00	1.97	3.76	3.67	0.37	0.35	0+372.06	0+374.03	0+375.82	8375079.24
PI:4	S63° 13' 01"E	17°30'12"	5.00	0.77	1.53	1.52	0.06	0.06	0+440.99	0+441.76	0+442.51	8375058.22
PI:5	S62° 12' 59"E	15°30'09"	5.00	0.68	1.35	1.35	0.05	0.05	0+489.38	0+490.06	0+490.74	8375030.14
PI:6	S89° 43' 18"E	39°30'29"	5.00	1.80	3.45	3.38	0.31	0.29	0+572.47	0+574.26	0+575.91	8375001.29
PI:7	N86° 04' 04"E	31°05'13"	5.00	1.39	2.71	2.68	0.19	0.18	0+649.83	0+651.22	0+652.55	8375027.00
PI:8	S84° 39' 59"E	12°33'18"	5.00	0.55	1.10	1.09	0.03	0.03	0+732.18	0+732.73	0+733.27	8375010.58
PI:9	S87° 29' 53"E	6°53'29"	5.00	0.30	0.60	0.60	0.01	0.01	0+868.22	0+868.52	0+868.82	8375012.82
PI:10	S88° 17' 33"E	8°28'49"	5.00	0.37	0.74	0.74	0.01	0.01	0+984.30	0+984.67	0+985.04	8375000.78
PI:11	S68° 01' 52"E	49°00'11"	5.00	2.28	4.28	4.15	0.49	0.45	1+263.49	1+263.77	1+267.77	8375013.21
PI:12	S62° 25' 01"E	37°46'31"	5.00	1.71	3.30	3.24	0.28	0.27	1+290.98	1+292.69	1+294.27	8374993.49
PI:13	S79° 46' 55"E	3°02'45"	5.00	0.13	0.27	0.27	0.00	0.00	1+330.59	1+330.72	1+330.86	8374987.72
PI:14	S71° 32' 14"E	13°26'37"	5.00	0.59	1.17	1.17	0.03	0.03	1+450.62	1+451.20	1+451.79	8374963.20
PI:15	S72° 01' 04"E	14°24'17"	5.00	0.63	1.26	1.25	0.04	0.04	1+582.79	1+583.42	1+584.05	8374906.93

CUADRO DE B.M.			
NÚMERO	ELEVACIÓN	NORTE	ESTE
1	3921.16	8375079.38	396990.82
218	3918.06	8374975.84	397385.98

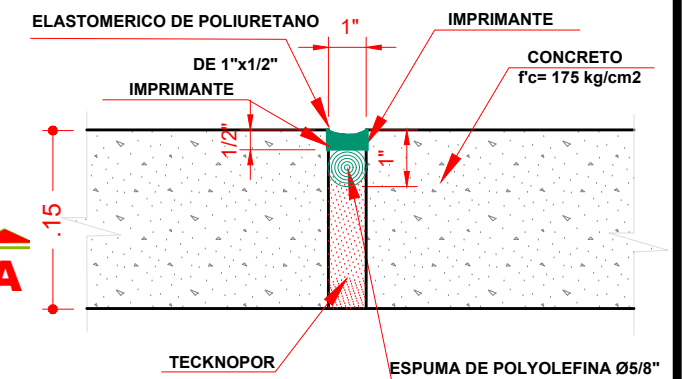




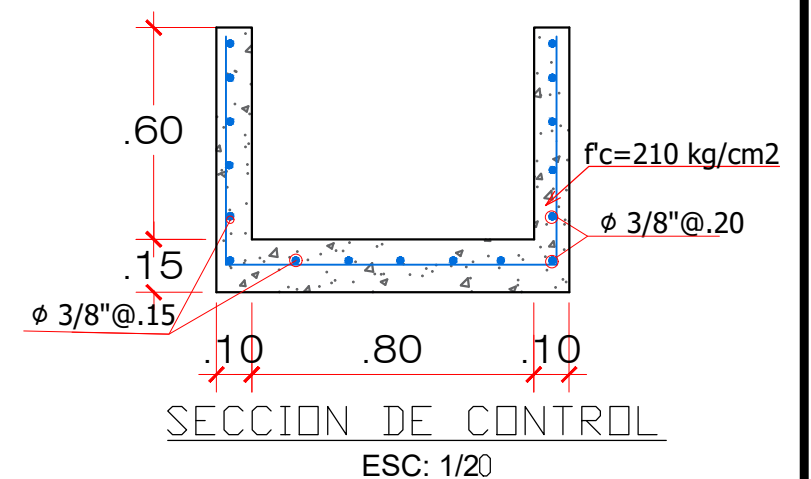




CONCRETO	: Aire, dados, usar concreto $F_c=175\text{kg/cm}^2$ proporción: 1:2:3 AGREGADO GRUESO=Ø 3/4", ARENA GRUESA LIMPIA Y SELECTA AGUA 22 Lts./bols. de cemento. Recubrimiento 2.5 cm.
ACERO	: $f_y=4200\text{ Kg/cm}^2$ - $f_s=1685\text{ Kg/cm}^2$.
DESENCOFRADO:	A LOS 07 DIAS DEL VACEADO
CURADO	: AGUA CEMENTO POR UNA SEMANA
OTROS	: SE PERMITE EL USO DE CAJAS Y APOYOS PRE FABRICADOS SUJETO A LAS ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO



ESCALA:1/5



CAIDA VERTICAL N°	LONG. (m)	PROG. INICIAL	PROG. FINAL	COTA A (msnm)	COTA B (msnm)
CAIDA VERTICAL 1	4.75	0+004.45	0+009.20	3920.39	3919.51

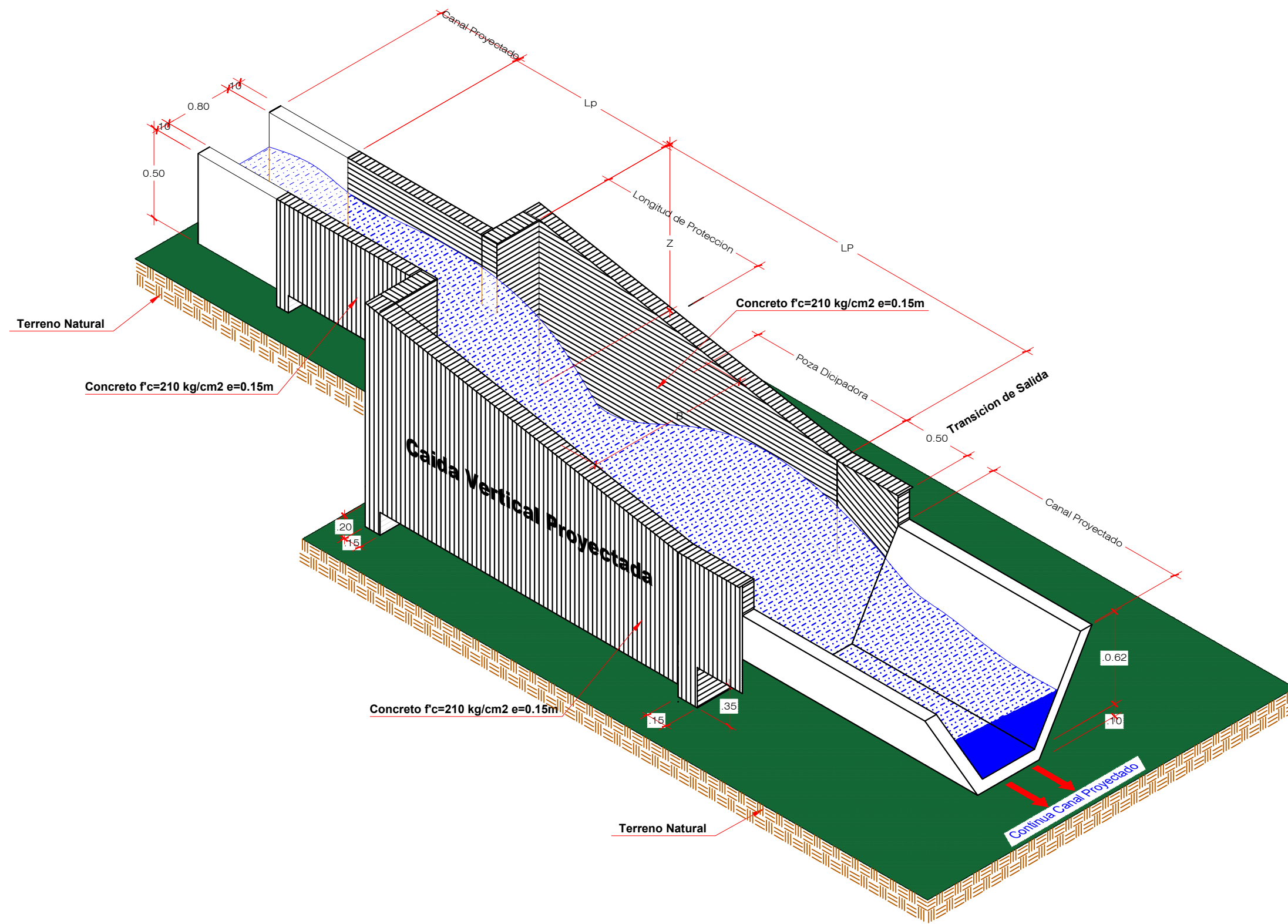


UBICACION: C. P. PACASTITI - ASILLO - AZANGARO - PUNO

**"DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD
CON MAXIMA EFICIENCIA HIDRAULICA EN EL
CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO
DE ASILLO - AZANGARO - PUNO"**

CAIDA VERTICAL

OA - 01



Universidad
Continental

UNIVERSIDAD CONTINENTAL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ELABORADO POR: WILLIAMS JHON MAMANI QUISPE
VERONICA QQUENAYA QQUENAYA

UBICACION: C. P. PACASTITI - ASILLO - AZANGARO - PUNO

PROYECTO:

"DISEÑO DE CANAL DE RIEGO POR GRAVEDAD
CON MAXIMA EFICIENCIA HIDRAULICA EN EL
CENTRO POBLADO DE PACASTITI DEL DISTRITO
DE ASILLO - AZANGARO - PUNO"

PROYECTO:

CAIDA VERTICAL
ISOMETRICO

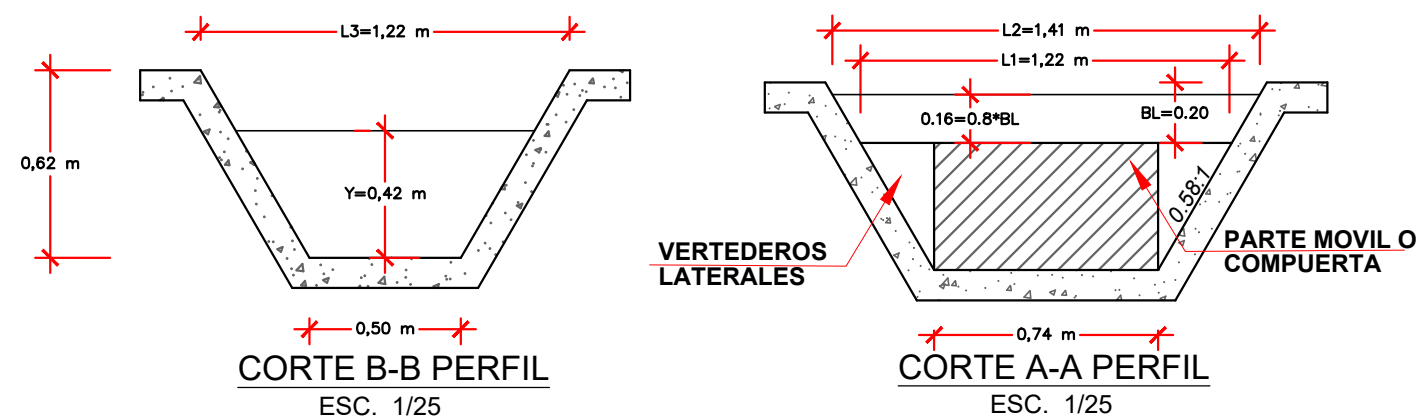
ESCALA: INDICADA

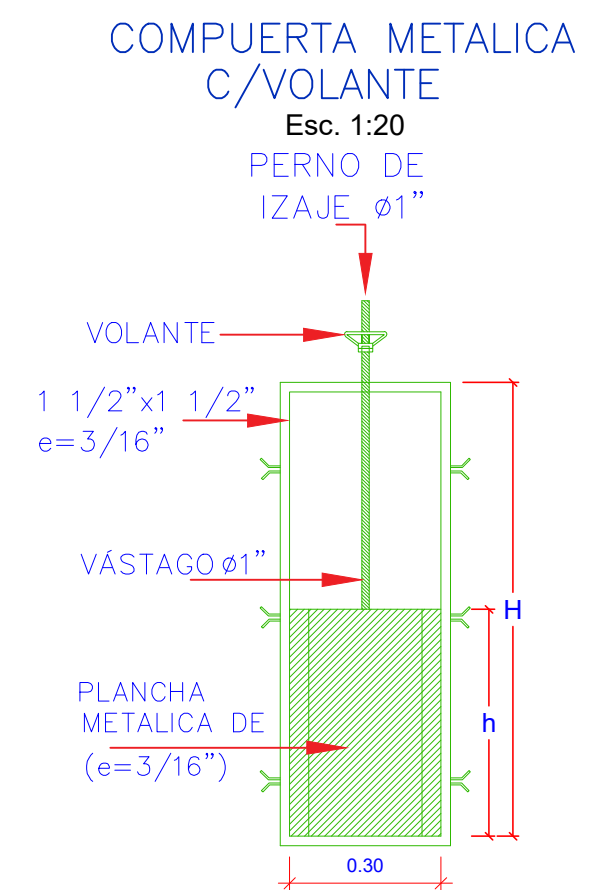
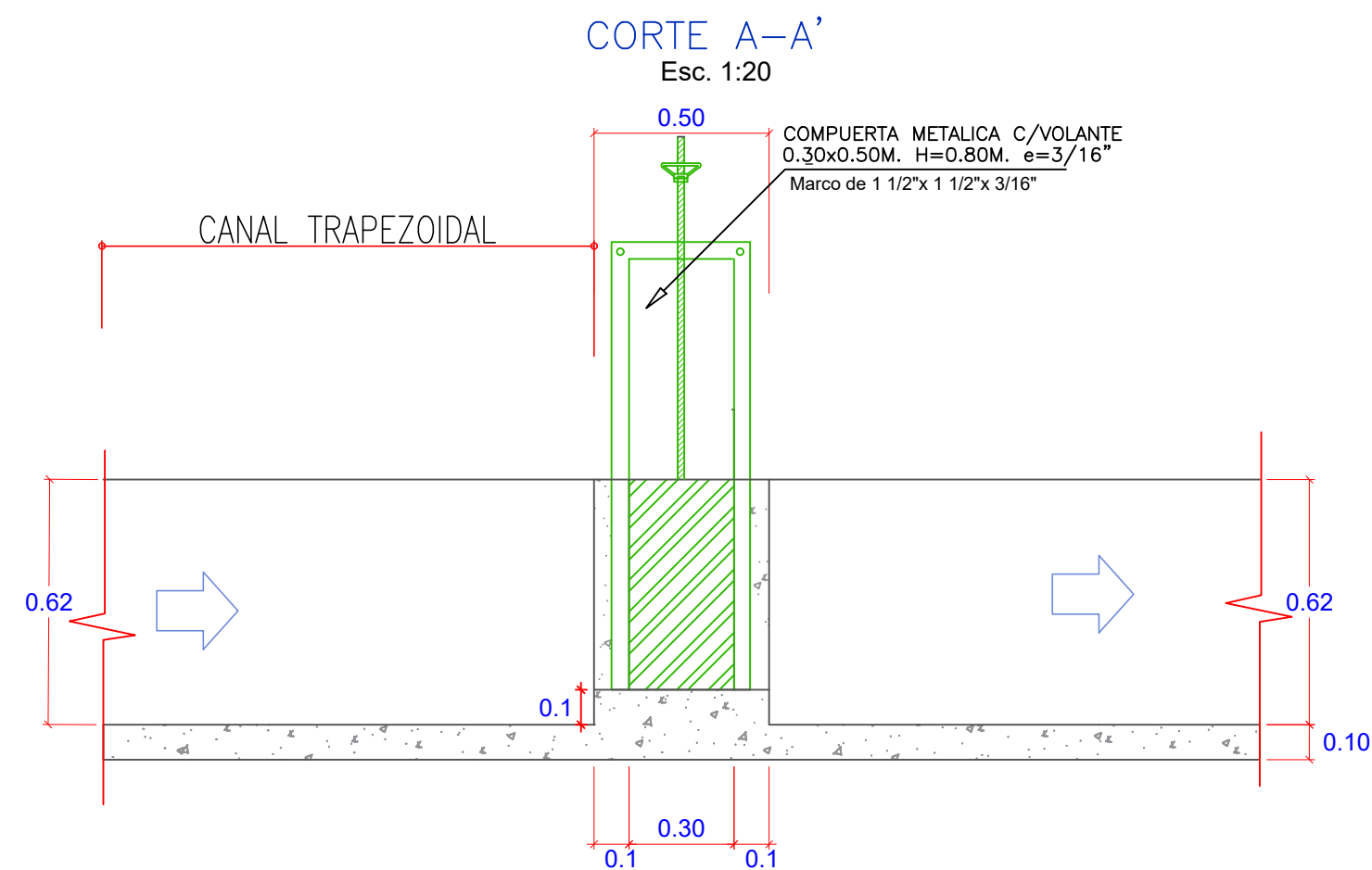
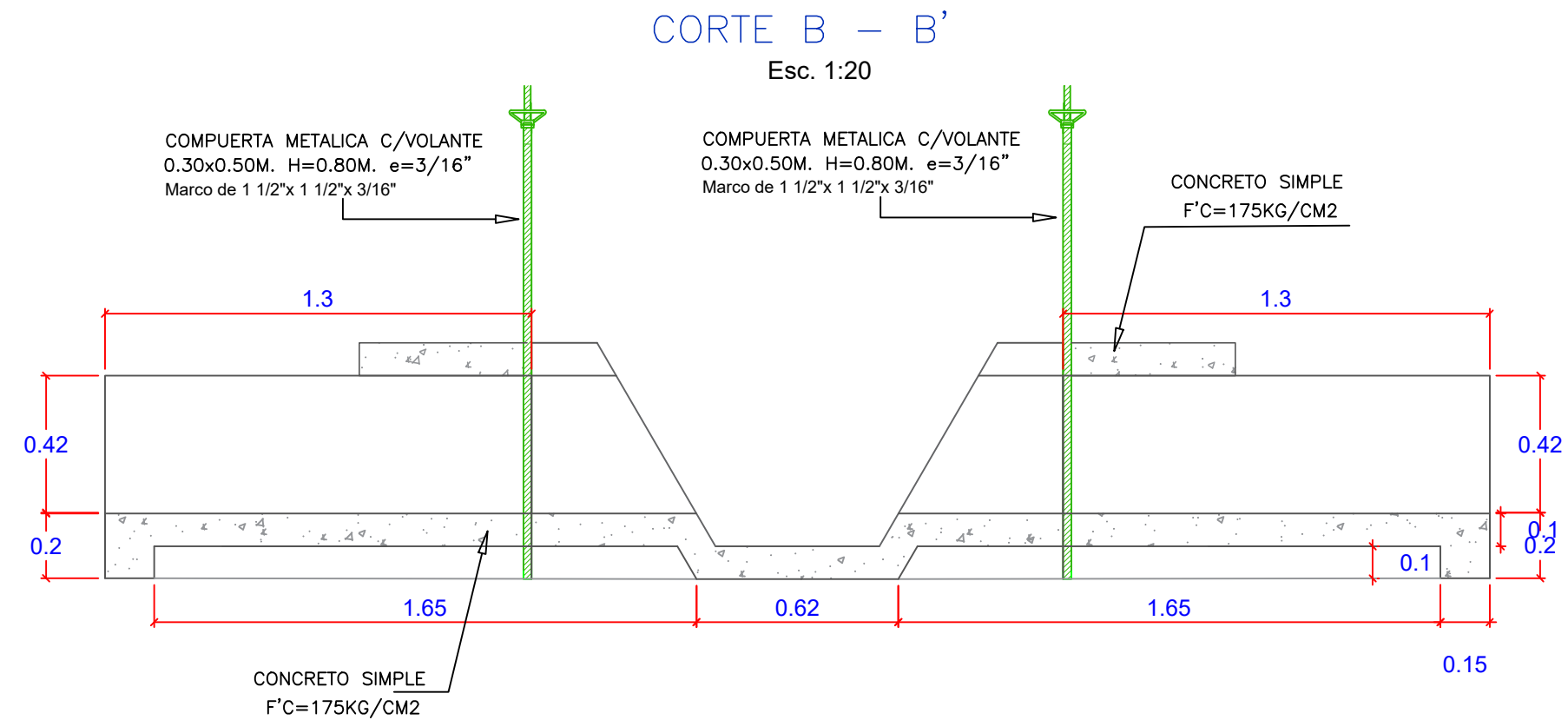
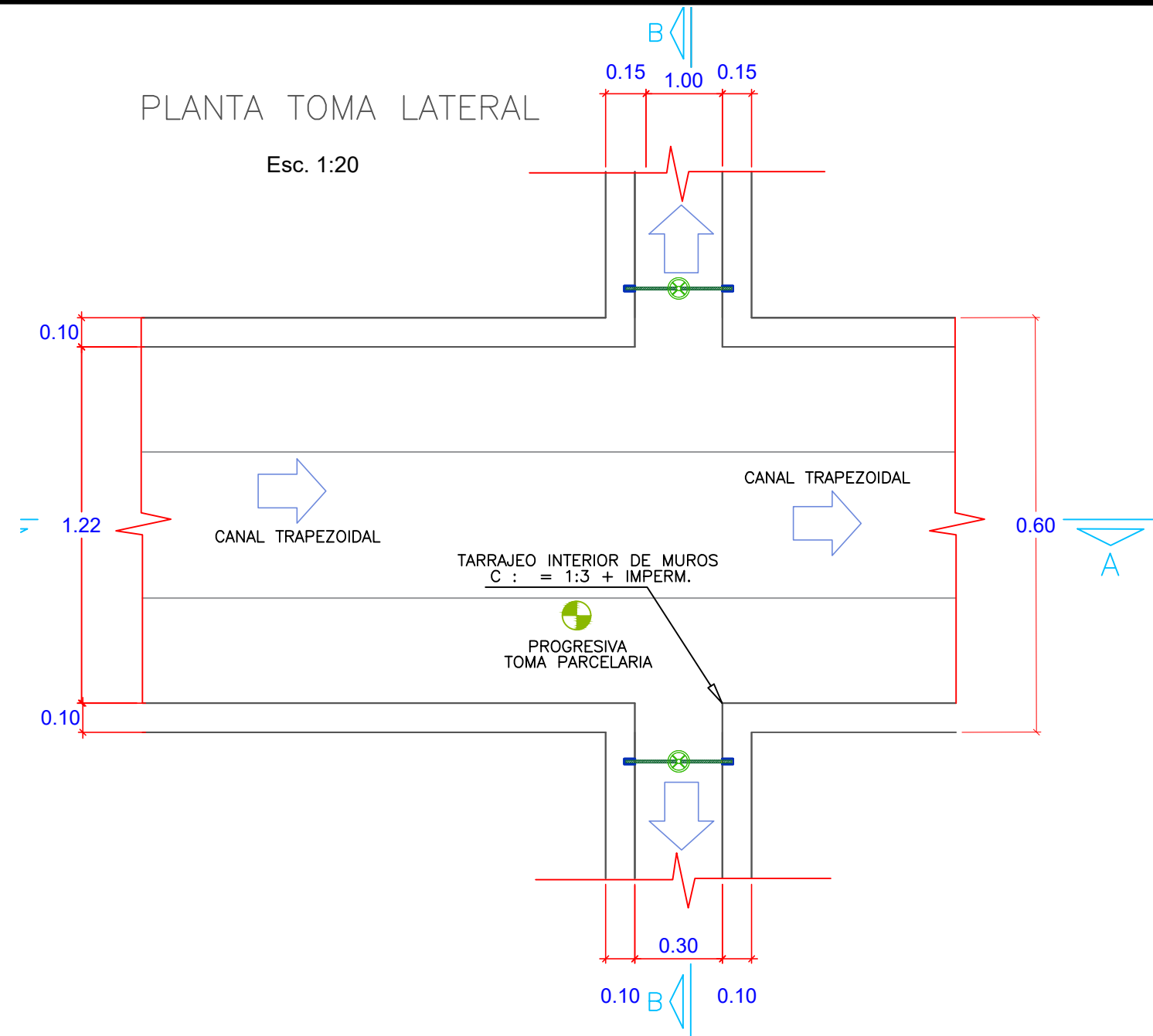
FECHA: MAYO-2024

LAMINA:

ISO-1

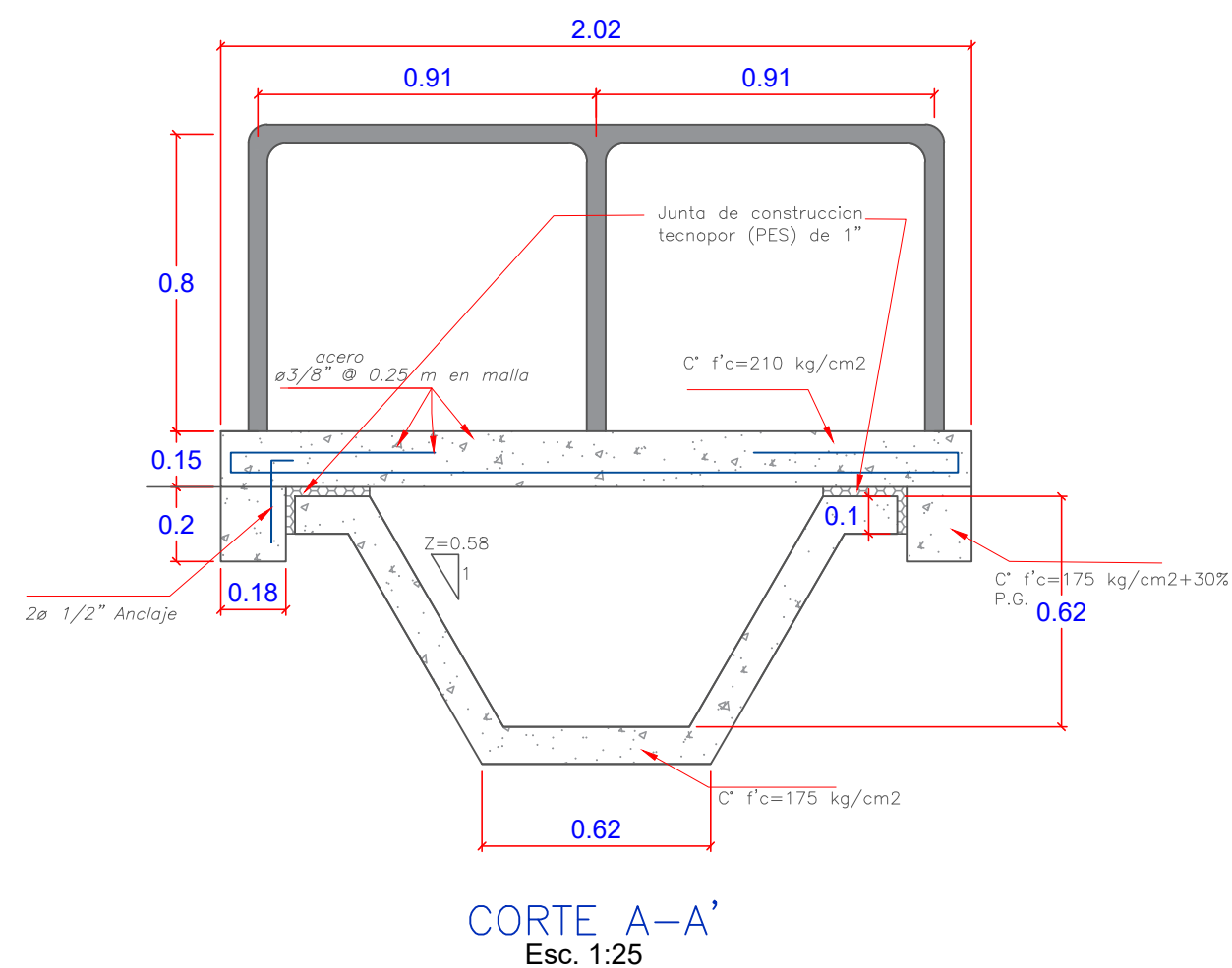
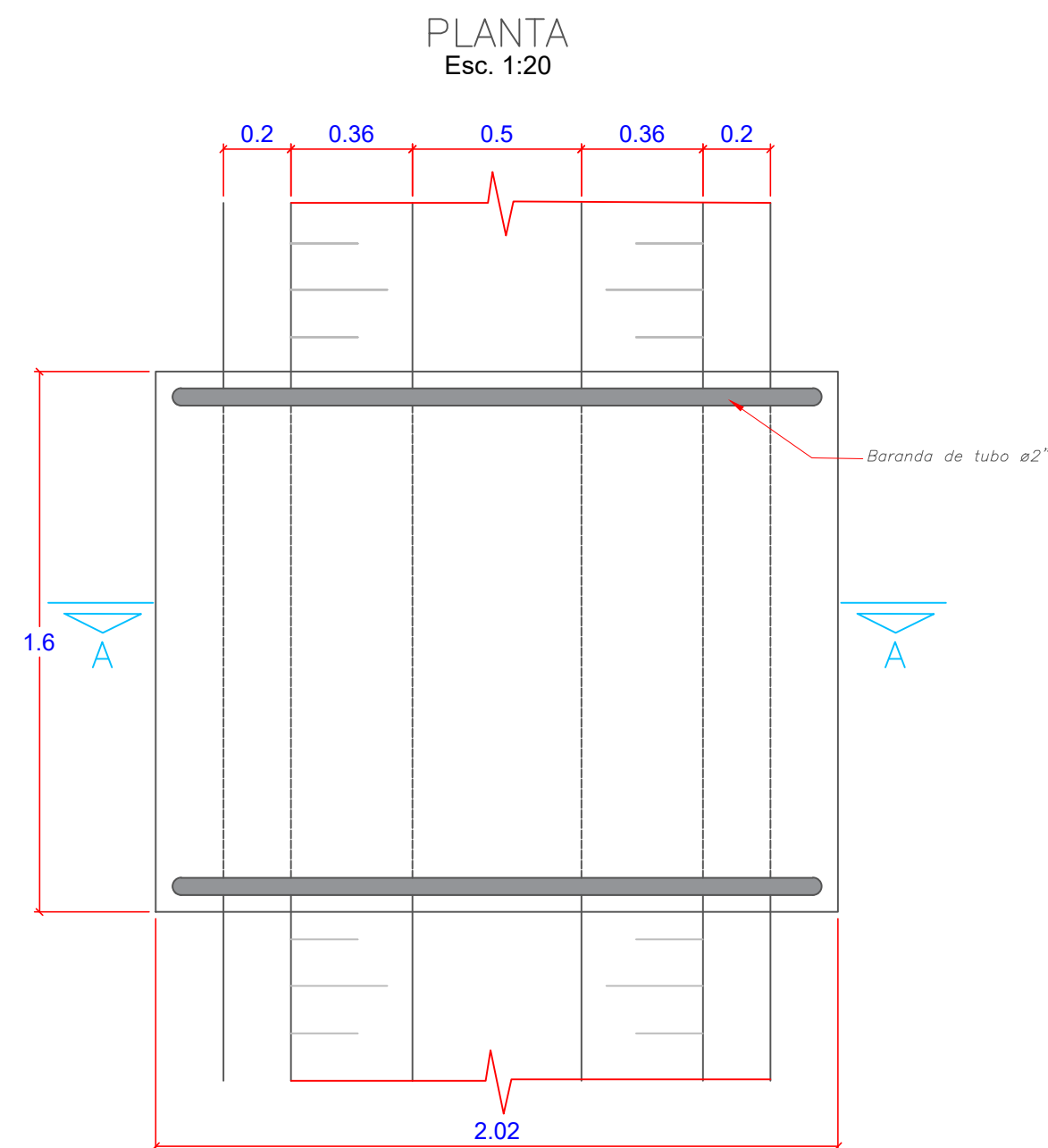
CONCRETO	: Usar concreto $F_c=175\text{kg/cm}^2$ proporción: 1:2:3 AGREGADO GRUESO= $\varnothing 3/4"$; ARENA GRUESA LIMPIA Y SELECTA AGUA 22 Lts./bols. de cemento. Recubrimiento 2.5 cm.
RETENCION	: TABLON DE MADERA EN LA PARTE CENTRAL DE 0.82X0.42X1 1/2", Los vertederos laterales tendran medidas de espesor 0.15 o bajo criterio.
DESENCOFRADO	: A LOS 07 DIAS DEL VACEADO
CURADO	: AGUA CEMENTO POR UNA SEMANA
OTROS	: ESPESOR DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL 10CM



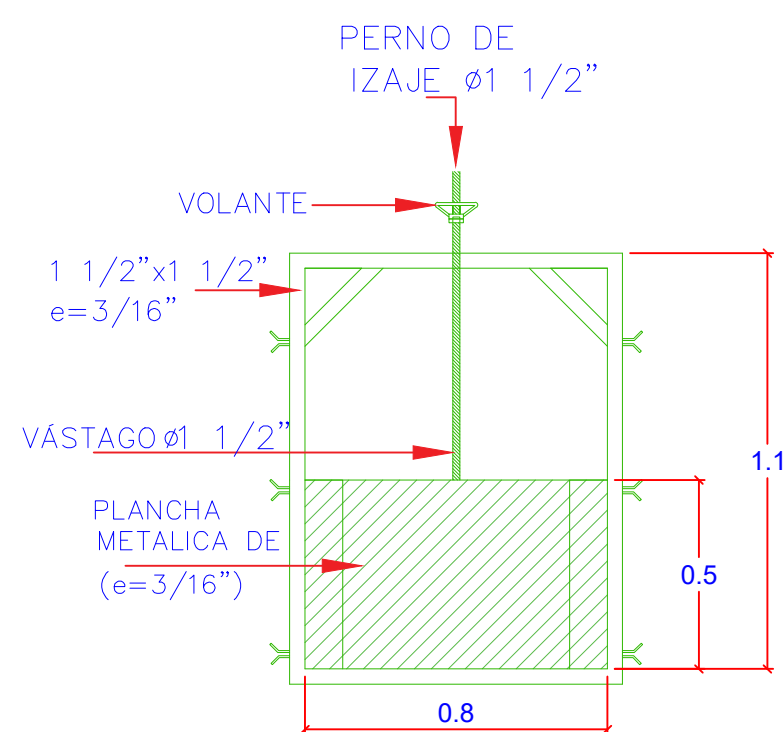


CUADRO DE TOMAS LATERALES			
TOMA LATERAL	KM PROGRESIVA	DERECHA	IZQUIERDA
TL-01	0+157.60	1	1
TL-02	0+307.60	1	1
TL-03	0+457.60	1	1
TL-04	0+607.60	1	1
TL-05	0+757.60	1	1
TL-06	0+907.60	1	1
TL-07	1+057.60	1	1
TL-08	1+207.60	1	1
TL-09	1+357.60	1	1
TL-10	1+507.60	1	1
TL-11	1+657.30	1	1
TOTAL		11	11

ESPECIFICACIONES TECNICAS
* TOMA PARCELARIA: - MUROS Y PISO DE C° SIMPLE F'c = 175 Kg/cm2.
* CANAL PRINCIPAL: - MUROS Y PISO DE C° SIMPLE F'c=175 Kg/cm2.



COMPUERTA METALICA PRINCIPAL
C/VOLANTE
Esc. 1:20



ESPECIFICACIONES TECNICAS

- * TOMA PARCELARIA:
— MUROS Y PISO DE C° SIMPLE $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$.
- * CANAL PRINCIPAL:
— MUROS Y PISO DE C° SIMPLE $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Todas las dimensiones están dadas en metros salvo las indicadas específicamente.
2. Concreto ciclópeo:
 $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con 40% de piedra
3. Concreto simple:
 $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$
4. Concreto reforzado:
 $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
5. Recubrimiento mínimo:
Vigas : 4 cm al estribo
Losas : 3 cm
Zapatas : 7.5 cm
6. Resistencia mínima del terreno:
 $\delta t = 3 \text{ kg/cm}^2$
(a verificar en obra)
7. Todas las pasarelas estaran ubicadas de acuerdo al numero de parcelas.

ANEXO 10: PRESUPUESTO|

PRESUPUESTO A NIVEL DE COSTO DIRECTO						
Proyecto : Diseño de Canal de riego por gravedad con máxima eficiencia hidráulica en el Centro Poblado de Pacastiti del distrito de Asillo-Azángaro-Puno						
Obra : Canal Pacastiti(L=1796 Km.)						
Ubicación: Pacastiti-Asillo-Azangaro-Puno						
Fecha : Mayo del 2024						
Item	Partidas	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Subtotal	Total
01	OBRAS PROVISIONALES TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD					
01.01	OBRAS PROVISIONALES					
01.01.01	OFICINAS Y ALMACENES	M2	12.00	64.12	769.44	769.44
01.01.02	CASETA DE GUARDIANIA	M2	12.00	87.88	1,054.56	1,054.56
01.01.03	ALQUILER DE BAÑOS DE TRATAMIENTO QUIMICO PORTATIL	UND	2.00	353.93	707.86	707.86
01.01.04	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 2.40M X 3.60M.	UND	1.00	805.12	805.12	805.12
01.02	TRABAJOS PRELIMINARES COMPLEMENTARIOS					
01.02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	GLB	1.00	11,435.54	11,435.54	11,435.54
01.03	SEGURIDAD Y SALUD				0.00	0.00
01.03.01	EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL	UND	50.00	3,940.00	197,000.00	197,000.00
01.03.02	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	GLB	1.00	957.62	957.62	957.62
01.03.03	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	GLB	1.00	500.00	500.00	500.00
01.04	MEDIO AMBIENTE					
01.04.01	ACOPIO Y RECOJO DE RR.SS.	GLB	1.00	381.36	381.36	381.36
02	SERVICIO DE AGUA PARA RIEGO (PACASTITI -TRAMO INICIAL)					
02.01	CANAL RECTANGULAR DE CONCRETO (0.60X0.80)					
02.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES					
02.01.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO NORMAL	M	3.50	0.78	2.73	2.73
02.01.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR	M	3.50	1.49	5.22	5.22
02.01.01.03	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M	3.50	3.63	12.71	12.71
02.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
02.01.02.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NORMAL	M3	0.20	18.40	3.68	3.68
02.01.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION DE TERRENO PARA ESTRUC.	M2	2.80	6.96	19.49	19.49
02.01.02.03	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	0.22	9.47	2.08	2.08
02.01.02.04	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	M3	0.22	29.04	6.39	6.39
02.01.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	0.03	10.30	0.31	0.31
02.01.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					
02.01.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CANAL	M2	8.40	47.96	402.86	402.86
02.01.03.02	CONCRETO F'C= 175 KG/CM2 EN CANAL	M3	0.70	418.14	292.70	292.70
02.01.03.03	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO QUIMICO	M2	7.00	2.86	20.02	20.02
02.01.04	JUNTAS					
02.01.04.01	JUNTA DE CONTRACCION SELLADO CON ELASTOMERICO DE POLIURETANO, E=1/2" @3.00M	M	1.87	11.40	21.32	21.32
02.01.04.02	JUNTA DE CONTRACCION SELLADO CON ELASTOMERICO DE POLIURETANO, E=1" @15.00M	M	0.00	28.09	0.00	0.00
02.02	CANAL TRAPEZOIDAL DE CONCRETO					
02.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES					
02.02.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO NORMAL	M	1,771.31	0.78	1,381.62	1,381.62
02.02.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR	M	1,771.31	1.49	2,639.25	2,639.25
02.02.01.03	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M	1,771.31	3.63	6,429.86	6,429.86
02.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
02.02.02.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NORMAL	M3	99.90	18.40	1,838.16	1,838.16
02.02.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION DE TERRENO PARA ESTRUC.	M2	885.66	6.96	6,164.19	6,164.19
02.02.02.03	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	17.91	4.36	78.09	78.09
02.02.02.04	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	M3	15.76	55.00	866.80	866.80
02.02.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	106.96	10.30	1,101.69	1,101.69
02.02.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					
02.02.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CANAL	M2	4,251.14	31.14	132,380.50	132,380.50
02.02.03.02	CONCRETO F'C= 175 KG/CM2 EN CANAL	M3	414.49	366.88	152,068.09	152,068.09
02.02.03.03	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO QUIMICO	M2	4,144.87	2.86	11,854.33	11,854.33

02.02.04	JUNTAS					
02.02.04.01	JUNTA DE CONTRACCION SELLADO CON ELASTOMERICO DE POLIURETANO, E=1/2" @3.00M	M	684.91	11.14	7,629.90	7,629.90
02.02.04.02	JUNTA DE CONTRACCION SELLADO CON ELASTOMERICO DE POLIURETANO, E=1" @15.00M	M	169.78	28.09	4,769.12	4,769.12
02.03	PASARELAS (69 UND)					
02.03.01	TRABAJOS PRELIMINARES					
02.03.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	3.23	1.91	6.17	6.17
02.03.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	3.23	1.69	5.46	5.46
02.03.01.03	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M2	3.23	3.87	12.50	12.50
02.03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
02.03.02.01	EXCAVACION MANUAL DEN TERRENO NORMAL	M3	1.89	18.40	34.78	34.78
02.03.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION DE TERRENO PARA ESTRUC.	M2	3.23	6.96	22.48	22.48
02.03.02.03	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	0.28	9.47	2.65	2.65
02.03.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	0.28	10.30	2.88	2.88
02.03.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					
02.03.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURAS	M2	5.45	68.63	374.03	374.03
02.03.03.02	CONCRETO CICLOPEO F'C= 175 KG/CM2+30% P.M.	M3	5.84	331.67	1,936.95	1,936.95
02.03.03.03	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO QUIMICO	M2	15.55	2.86	44.47	44.47
02.03.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					
02.03.04.01	ACERO FY=4200 KG/CM2 DE PASARELA	KG	51.60	4.11	212.08	212.08
02.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PASARELA	M2	1.62	73.59	119.22	119.22
02.03.04.03	CONCRETO F'C= 210 KG/CM2 EN PASARELA	M3	0.92	449.54	413.58	413.58
02.03.04.04	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO QUIMICO	M2	7.49	2.86	21.42	21.42
02.03.05	CARPINTERIA METALICA					
02.03.05.01	TUBO DE F"G°, D=2", L=3.00M, E=2MM	UND	4.70	81.52	383.14	383.14
02.03.06	PINTURA					
02.03.06.01	PINTURA C/ANTICORROSIVO EN TUBO DE F"G°, D=2", L=3.00M, E=2MM	UND	13.80	5.62	77.56	77.56
02.04	CAIDA VERTICAL (01 UND)					
02.04.01	TRABAJOS PRELIMINARES					
02.04.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO NORMAL	M2	5.75	1.91	10.98	10.98
02.04.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	5.75	1.69	9.72	9.72
02.04.01.03	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M2	5.75	3.87	22.25	22.25
02.04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
02.04.02.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NORMAL	M3	1.10	18.40	20.24	20.24
02.04.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION DE TERRENO PARA ESTRUC.	M2	1.41	6.96	9.81	9.81
02.04.02.03	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	1.22	9.47	11.55	11.55
02.04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	0.04	10.30	0.41	0.41
02.04.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					
02.04.03.01	ACERO FY=4200 KG/CM2 DE CAIDA VERTICAL	KG	101.64	4.11	417.74	417.74
02.04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CAIDA VERTICAL	M2	40.75	68.83	2,804.82	2,804.82
02.04.03.03	CONCRETO F'C= 210 KG/CM2 EN CAIDA VERTICAL	M3	3.21	449.54	1,443.02	1,443.02
02.04.03.04	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO QUIMICO	M2	43.39	2.86	124.10	124.10
02.04.04	REVOQUES Y ENLUCIDOS					
02.04.04.01	TARRAJEO DE INTERIORES CON IMPERMEABILIZANTE C:A=1:3	M2	20.65	22.84	471.65	471.65
02.04.04.02	TARRAJEO DE EXTERIORES C:A=1:3	M2	15.17	19.46	295.21	295.21
02.04.05	JUNTAS					
02.04.05.01	JUNTA DE DILATACION SELLADO CON ELASTOMERICO DE POLIURETANO, E=1"	M	6.40	29.62	189.57	189.57
02.05	RETENCIONES (11 UND)					
02.05.01	TRABAJOS PRELIMINARES					
02.05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	0.84	0.78	0.66	0.66
02.05.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	0.84	1.49	1.25	1.25
02.05.01.03	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M2	0.84	3.63	3.05	3.05
02.05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
02.05.02.01	EXCAVACION MANUAL DEN TERRENO NORMAL	M3	0.26	18.40	4.78	4.78
02.05.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION DE TERRENO PARA ESTRUC.	M2	0.54	6.96	3.76	3.76

02.05.02.03	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	0.18	4.36	0.78	0.78
02.05.02.04	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	M3	0.11	55.00	6.05	6.05
02.05.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	0.11	10.30	1.13	1.13
02.05.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					
02.05.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURAS	M2	0.84	31.14	26.16	26.16
02.05.03.02	CONCRETO CICLOPEO F'C= 175 KG/CM2	M3	0.13	366.88	47.69	47.69
02.05.03.03	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO QUIMICO	M2	5.13	2.86	14.67	14.67
02.05.04	REVOQUES Y ENLUCIDOS					
02.05.04.01	TARRAJEO DE INTERIORES CON IMPERMEABILIZANTE C:A=1:3	M2	1.19	22.84	27.18	27.18
02.06	TOMAS LATERALES (22 UND)					
02.06.01	TRABAJOS PRELIMINARES					
02.06.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	11.88	1.91	22.69	22.69
02.06.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	17.16	1.69	29.00	29.00
02.06.01.03	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M2	17.16	3.87	66.41	66.41
02.06.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
03.06.02.01	EXCAVACION MANUAL DEN TERRENO NORMAL	M3	4.35	18.40	80.04	80.04
03.06.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION DE TERRENO PARA ESTRUC.	M2	8.58	6.98	59.89	59.89
03.06.02.03	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	0.94	9.47	8.90	8.90
03.06.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	37.47	10.30	385.94	385.94
02.06.02	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					
02.06.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CAIDA VERTICAL	M2	42.28	68.63	2,901.68	2,901.68
02.06.02.03	CONCRETO F'C= 1750 KG/CM2 EN CAIDA VERTICAL	M3	3.42	449.54	1,537.43	1,537.43
02.06.02.04	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO QUIMICO	M2	44.62	2.86	127.61	127.61
02.06.03	REVOQUES Y ENLUCIDOS					
02.06.03.01	TARRAJEO DE INTERIORES CON IMPERMEABILIZANTE C:A=1:3	M2	38.90	22.84	888.48	888.48
02.06.04	COMPUERTA METALICA					
02.06.04.01	COMPUERTA TIPO TARJETA INC. MARCO DE 0.30X0.50 C/VOLANTE H=0.80M E=3/16"	UND	22.00	187.16	4,117.52	4,117.52
02.06.05	JUNTAS					
02.06.05.01	JUNTA DE DILATACION SELLADO CON ELASTOMERICO DE POLIURETANO, E=1"	M	73.48	29.62	2,176.48	2,176.48
02.06.06	COMPUERTA METALICA PRINCIPAL					
02.06.06.01	COMPUERTA TIPO TARJETA INC. MARCO DE 0.80X0.50 C/VOLANTE H=0.80M E=3/16"	UND	1.00	634.35	634.35	634.35
03	PARTIDAS VINC. EJECUC. DIRECTA DE OBRA					
03.01	ENSAYO DE MECANICA DE SUELOS					
03.01.01	ENSAYO DE CORTE DIRECTO	UND	2.00	500.00	1,000.00	1,000.00
03.02	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL					
03.02.01	HABILITACION DE BOTADEROS	M3	500.00	1.01	505.00	505.00
03.02.02	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	GLB	1.00	600.00	600.00	600.00
03.03	DISEÑO Y PRUEBAS DE CONCRETO					
03.03.01	DISEÑO DE MEZCLA	UND	2.00	450.00	900.00	900.00
03.03.02	PRUEBAS DE CALIDAD A LA COMPRESION DEL CONCRETO	UND	20.00	45.00	900.00	900.00
04	ASISTENCIA TECNICA DE CAPACITACION Y SENSIBILIZACION					
04.01	PLAN INTEGRAL DE CAPACITACION EN USO Y MANEJO DE AGUA E INFRAESTRUCTURA DE RIEGO					
04.01.01	CURSO TALLER: "CAPACITACION DE FORTALECIMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y OPTIMIZACION DE USO DE AGUA PARA RIEGO"	GLB	1.00	1,779.66	1,779.66	1,779.66
05	FLETE					
05.01	FLETE TERRESTRE	GLB	1.00	49,930.77	49,930.77	49,930.77
05.02	FLETE RURAL	GLB	1.00	118.73	118.73	118.73
COSTO DIRECTO			S/ 622,010.78			