



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**"Diseño de infraestructura hidráulica para el sistema de riego, sectores
Tuya-Mataragra, distrito de Huacchis-Ancash"**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Mejia Marcacuzco, Jose Orlando (orcid.org/0000-0003-2090-4050)

ASESOR:

MSc. Berru Camino, Jose Miguel (orcid.org/0000-0001-8434-3219)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mis padres que reciben el descanso eterno, por haberme brindado los mejores cuidados y enseñanzas para hacerle frente a la vida, por inculcarme los valores y respeto para ser un hombre de bien.

A mi esposa e hijos por estar presente en todo momento e impulsarme a seguir mejorando como ser humano y a no caer en desesperación y seguir luchando por alcanzar mis metas.

Agradecimiento

Agradecido con Dios y mi familia, por guiarme en la vida y a ser una persona honorable.

Agradezco a la Universidad César Vallejo y a sus docentes por los conocimientos brindados y por la predisposición para absolver mis dudas.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	17
3.2. Variables y operacionalización	17
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.5. Procedimientos.....	19
3.6. Método de análisis de datos	19
3.7. Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN	98
VI. CONCLUSIONES.....	104
VII. RECOMENDACIONES	106
REFERENCIAS.....	108
ANEXOS	110

Índice de Tablas

Tabla 1. Vías de acceso desde Lima al área de estudio	25
Tabla 2. Coordenadas de la poligonal Yanas.....	27
Tabla 3: Parámetros Geomorfológicos de las microcuencas Tuya y Mataragra ..	29
Tabla 4: Precipitación media mensual, quebradas Tuya y Mataragra.....	31
Tabla 5: Caudales en la microcuenca Tuya (m ³ /s).....	32
Tabla 6: Caudal ecológico mensual	33
Tabla 7: Caudal disponible para zonal de estudio (m ³ /s)	33
Tabla 8: Demanda de agua para la zona de estudio (con proyecto)	35
Tabla 9: Balance hídrico de la zona de estudio.....	36
Tabla 10: Resumen de volúmenes sobre el transporte de sólidos	37
Tabla 11: Caudales máximos para la microcuenca Tuya y Mataragra	38
Tabla 12: Caudal disponible – caudal acreditado por la ANA	38
Tabla 13: Ubicación de calicatas, sector Tuya – Mataragra.....	40
Tabla 14: Resultado de ensayo de suelo de las calicatas C-01, C-02 y C-03.....	42
Tabla 15: Resultados de ensayo de corte directo	42
Tabla 16: Resultados de agresividad del suelo a cimentar	43
Tabla 17: Datos de la quebrada	43
Tabla 18: Diseño de la rejilla	44
Tabla 19: Resumen del diseño del canal colector	44
Tabla 20: Datos utilizados para el diseño del Azud.....	45
Tabla 21: Resumen de cálculos para el diseño del Azud.....	46
Tabla 22: Coordenadas del perfil tipo Creager.....	46
Tabla 23: Datos y resultados para tirante conjugado menor	47
Tabla 24: Resultados de la longitud de la poza	48
Tabla 25: Cálculo de la profundidad de salida “r”	48
Tabla 26: Longitudes horizontales y verticales de la sección del barraje	49
Tabla 27: Variables para el cálculo de la longitud de filtración en el caso de sin derrame.....	49
Tabla 28: Subpresiones actuantes por debajo de la base de la estructura	50
Tabla 29: Variables para el cálculo de la longitud de filtración en el caso de máximo caudal	50
Tabla 30: Subpresiones actuantes por debajo de la base de la estructura	51
Tabla 31: Resultados de la altura de muros	51
Tabla 32: Datos, diseño del aliviadero del canal de conducción	52
Tabla 33: Longitudes y Alturas adicionales del canal de conducción.....	52
Tabla 34: Información para el diseño estructural de los muros	53
Tabla 35: Resultados del predimensionamiento del muro.....	54
Tabla 36: Estabilidad del muro, cargas actuantes y resistentes con sobrecarga .	55
Tabla 37: Resultados de la estabilidad del muro con sobrecarga	56
Tabla 38: Estabilidad del muro, cargas actuantes y resistentes, sin sobrecarga .	56
Tabla 39: Resultados de la estabilidad del muro sin sobrecarga	57
Tabla 40: Factores sísmicos, ángulo de fricción y del muro	57
Tabla 41: Empuje Activo Total y sus componentes.....	58
Tabla 42: Momentos actuantes y resistentes	58
Tabla 43: Fuerzas actuantes y resistentes.....	59
Tabla 44: Resultados de la estabilidad del muro considerando cargas de sismo	59
Tabla 45: Resumen del análisis estructural del diseño de la pantalla	60
Tabla 46: Resultados del análisis estructural de la pantalla	61

Tabla 47: Datos de diseño del vertedero rectangular	61
Tabla 48: Resultado de cargas y caudales para el vertedero rectangular.....	62
Tabla 49: Datos requeridos para el diseño hidráulico del desarenador.....	63
Tabla 50: Resumen del diseño hidráulico del desarenador.....	64
Tabla 51: Datos para el análisis estructural del aliviadero	65
Tabla 52: Resultados del análisis estructural el desarenador	66
Tabla 53: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 1.....	68
Tabla 54: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 1.....	69
Tabla 55: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 2.....	70
Tabla 56: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 2.....	70
Tabla 57: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 3.....	71
Tabla 58: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 3.....	72
Tabla 59: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 4.....	73
Tabla 60: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 4.....	73
Tabla 61: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 5.....	74
Tabla 62: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 5.....	75
Tabla 63: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 6.....	76
Tabla 64: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 6.....	76
Tabla 65: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 7.....	77
Tabla 66: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 7.....	78
Tabla 67. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 8.....	79
Tabla 68. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 8.....	79
Tabla 69. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 9.....	80
Tabla 70. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 9.....	81
Tabla 71. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 10.....	82
Tabla 72. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 10.....	82
Tabla 73. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 11.....	83
Tabla 74. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 11.....	84
Tabla 75. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 12.....	85
Tabla 76. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 12.....	85
Tabla 77. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 13.....	86
Tabla 78. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 13.....	87
Tabla 79. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 14.....	88
Tabla 80. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 14.....	88
Tabla 81. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 15.....	89
Tabla 82. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 15.....	90
Tabla 83. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 16.....	91
Tabla 84. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 16.....	91
Tabla 85. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 17.....	92
Tabla 86. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 17.....	93
Tabla 87. Predimensionamiento hidráulico – Cámara de carga I.....	95
Tabla 88. Predimensionamiento hidráulico – Cámara de carga II.....	96
Tabla 89. Datos para el análisis estructural de la cámara de carga.....	96
Tabla 90. Resultados del análisis estructural de la cámara de carga.....	97

Índice de Figuras

Figura 1: Partes de una toma tirolesa.	9
Figura 2: Relación de distanciamiento de las barras en una rejilla.....	10
Figura 3: Coeficiente de descarga de la rejilla (μ)	11
Figura 4: Profundidad del agua en el borde superior de la rejilla (h)	11
Figura 5: Elementos principales de una bocatoma.....	12
Figura 6: Ubicación regional de Ancash.....	23
Figura 7: Ubicación de la provincial de Huari y distrito Huacchis	24
Figura 8: Ubicación del distrito Huacchis y la infraestructura hidráulica existente	24
Figura 9: Accesibilidad al Centro Poblado de Yanas.....	25
Figura 10: Vista en planta de la topografía.....	27
Figura 11: Vista de las microcuencas Tuya – Mataragra	30
Figura 12: Vista gráfica del balance hídrico.	36
Figura 13: Vista de las Unidades Geológicas, sectores Tuya – Mataragra	39
Figura 14: Ubicación de las calicatas	41
Figura 15: Vista de una forma de vertedero estándar WES	45
Figura 16: Vista del perfil Tipo Creager.....	47
Figura 17: Vista geométrica de las cargas que se ejercen sobre el muro	55
Figura 18: Cargas y momentos presentes en el diseño de la pantalla	60
Figura 19: Vista de cálculo de carga sobre el vertedero en HCanales.....	62
Figura 20: Sección estructural del aliviadero.....	67
Figura 21: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 1	69
Figura 22: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 2.....	71
Figura 23: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 3.....	72
Figura 24: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 4.....	74
Figura 25: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 5.....	75
Figura 26: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 6.....	77
Figura 27: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 7	78
Figura 28: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 8.....	80
Figura 29: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 9.....	81
Figura 30: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 10.....	83
Figura 31: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 11	84
Figura 32: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 12.....	86
Figura 33: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 13.....	87
Figura 34: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 14.....	89
Figura 35: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 15.....	90
Figura 36: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 16.....	92
Figura 37: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 17	93
Figura 38: Sección típica de la cámara de carga e inspección.....	94

Resumen

El presente trabajo de investigación es una propuesta técnica a la modernización de las infraestructuras hidráulicas de captación y conducción del agua para satisfacer las necesidades hídricas del área agrícola del Centro Poblado de Yanas, ubicado en el distrito de Huacchis, provincia de Huari, región Ancash, que involucra a los sectores de riego Tuya y Mataragra.

Se aplicó una metodología de investigación de tipo básica descriptiva no experimental, de tipo transversal exploratorio, determinando como objetivo principal el diseño de infraestructura hidráulica para el sistema de riego sectores Tuya – Mataragra, cuyos objetivos específicos son la recolección de información de campo y de línea base para determinar la infraestructura hidráulica más adecuada para su diseño; El diseño de una bocatoma de tipo tirolesa y obras complementarias para el sistema de captación de la quebrada Tuya; El diseño de una línea de conducción de tubería PVC-U desde la progresiva 0+031 km hasta la progresiva 3+712 km que unirá los flujos de las quebradas Tuya – Mataragra.

Las principales conclusiones son, con los estudios de ingeniería se calcula la demanda hídrica en 1,055 MMC/año, que es menor a la oferta hídrica de las quebradas Tuya y Mataragra; se obtiene el caudal máximo de diseño de 6,552 m³/s para un periodo de retorno de 50 años, la pendiente media de la quebrada Tuya es de 0,0762 m/m; poca presencia de sedimentos en época de altas crecientes, y presencia de arrastre de piedras. Se ha determinado la opción de diseñar una bocatoma de tipo Tirolesa para un caudal de 58 l/s; el diseño de la línea de conducción considera tubería PVC 200 mm de diámetro, por las ventajas y buena eficiencia de conducción.

Palabras clave: Diseño de infraestructura hidráulica, bocatoma, línea de conducción, captación de agua.

Abstract

The present research work is a technical proposal for the modernization of the hydraulic infrastructures for capturing and conducting water to meet the water needs of the agricultural area of the Yanas Populated Center, located in the Huacchis district, Huari province, Ancash region, that involves the Tuya and Mataragra irrigation sectors.

A non-experimental descriptive basic research methodology was applied, of an exploratory cross-sectional type, determining as the main objective the design of hydraulic infrastructure for the Tuya - Mataragra sector irrigation system, whose specific objectives are the collection of field and line information. basis for determining the most suitable hydraulic infrastructure for its design; The design of a zip-line type intake and complementary works for the catchment system of the Tuya creek; The design of a PVC-U pipeline from station 0+031 km to station 3+712 km that will join the flows of the Tuya – Mataragra streams.

The main conclusions are, with the engineering studies, the water demand is calculated at 1,055 MMC/year, which is less than the water supply of the Tuya and Mataragra streams; the maximum design flow of 6,552 m³/s is obtained for a return period of 50 years, the average slope of the Tuya creek is 0,0762 m/m; little presence of sediments in times of high floods, and presence of stone dragging. The option of designing a Tyrolean-type intake for a flow of 58 l/s has been determined; the design of the conduction line considers PVC pipe with a diameter of 200 mm, due to its advantages and good conduction efficiency.

Keywords: Hydraulic infrastructure design, intake, conduction line, water intake.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los sistemas de riego existentes a nivel nacional presentan graves deficiencias estructurales, las cuales se sustentan en que gran parte de dichas infraestructuras han cumplido su vida útil y otra gran parte es por el mal diseño y/o construcción que han ocasionado fallas durante su operación, generando grandes pérdidas de agua que afectan directamente a la productividad agrícola y una baja eficiencia en su operación.

En ese contexto, se encontró que el Centro Poblado de Yanas cuenta con disponibilidad hídrica en las quebradas Tuya, Mataragra y Auqui, las cuales dependen directamente de las precipitaciones; habiendo excedencias en tiempos de avenidas y escasez en tiempos de estiaje. Además, se identificó como problemática general la escasez de agua para riego debido a la deficiente infraestructura de captación hídrica (quebrada Tuya) y su conducción hacia las parcelas de riego, a través de estructuras rústicas de piedra emboquillada asentada en concreto (bocatoma, desarenador, canal de aducción, y obras complementarias de captación), que presentan pérdidas de agua por rebose o filtración, debido a la colmatación y/o grietas.

En ese sentido, se tuvo la necesidad de realizar una investigación cuya formación en Ingeniería Civil proporcionó las herramientas necesarias para proponer una solución técnica a la problemática de escasez de agua, cuyo contexto social demanda de una solución hídrica para el Centro Poblado de Yanas, con la finalidad de aumentar sus áreas bajo riego.

Por esta razón se elaboró el presente trabajo de investigación, para lo cual se tomó en cuenta estudios de ingeniería de carácter básico, de las cuales podemos mencionar estudios de geología y geotecnia, topografía, hidrología del ámbito jurisdiccional del área del proyecto, la cual se ubica en la Comunidad de Yanas, distrito de Huacchis, provincia de Huari, región Ancash; posteriormente se realizó el diseño de infraestructura hidráulica para la captación (bocatoma) y conducción (línea de conducción) del sistema de riego sectores Tuya - Mataragra.

Esta investigación es de tipo básica descriptiva, cuyo diseño se orientó a un trabajo de investigación de carácter no experimental, ya que se observó situaciones ya existentes, siendo transversal exploratorio porque analiza su ocurrencia y como

estas se relacionan en un determinado momento (Hernández Sampieri et al., 2014).

Se justifica en el aspecto académico debido a que se aplicó procedimientos y métodos para su diseño hidráulico y estructural adquiridos en el programa de Ingeniería Civil de la presente casa de estudios. Asimismo, se justifica de manera técnica porque sigue los lineamientos establecidos por autoridades competentes a nivel nacional como es la Autoridad Nacional del Agua, y fuentes bibliográficas complementarias de autores reconocidos internacionalmente sobre diseño de bocatomas, canales y obras complementarias.

Por otro lado, se justifica en el aspecto social y económico debido a que el Centro Poblado de Yanas ha solicitado infraestructuras más eficientes y acceso a un mayor conocimiento sobre la gestión óptima del recurso hídrico con fines de riego, las cuales se vienen atendiendo mediante estudios a nivel de perfil, sin embargo se ha dejado de lado la zona de captación y conducción de los sectores Tuya – Mataragra por lo que es necesario proponer una solución mediante el presente trabajo de investigación.

En ese sentido, se definió como objetivo general el diseño de infraestructura hidráulica para el sistema de riego sector Tuya – Mataragra, cuyos objetivos específicos son:

- a) Recolección de información de campo y de línea base para determinar la infraestructura hidráulica más adecuada para su diseño.
- b) Diseño de un sistema de captación (bocatoma) tipo tirolesa y componentes adicionales para el sistema de captación de agua de la quebrada Tuya.
- c) Diseño de una línea de conducción de tubería PVC-U desde la progresiva 0+031 km hasta la progresiva 3+712,01 km que unirá las quebradas Tuya – Mataragra.

La presente investigación carece de hipótesis.

II. MARCO TEÓRICO

Se realizó investigaciones a nivel internacional y nacional con la finalidad de recopilar antecedentes acerca del mejoramiento de sistemas de riego; se utilizó el repositorio de artículos científicos Science Direct donde se encontró información relevante sobre planificación y evaluación de proyectos de riego.

En un artículo de investigación, el autor sustenta que, a nivel mundial entre el 70% y 75% del agua dulce es utilizado en el sector riego; además, aproximadamente del 30% al 50% del agua se desperdicia a raíz de un sistema de riego ineficaz. En consecuencia, hay una baja eficiencia de riego que en términos globales genera una mayor demanda de riego para la producción agrícola. En ese sentido, el autor propuso utilizar el agua con eficacia para mitigar el entorno de estrés hídrico, además, evaluar el desempeño de los proyectos de riego existente utilizando una evaluación comparativa como una herramienta sistemática (Rai et al., 2017).

En otra investigación se encontró un artículo científico del Proyecto de Riegos Alto Aragón ubicado al noroeste de España, que buscó contribuir a la optimización del uso del agua en proyectos de riego; para ello, enfocaron sus estudios en la cuenca central del río Ebro. Se aplicó conceptos de contabilidad del agua, obteniendo como resultado que las disminuciones esperadas en los caudales de retorno de riego significarán un progreso para los cuerpos de agua, por lo que concluyeron que la modernización del sistema de riego aumentará el agotamiento y el uso del agua, mejorando la calidad de agua de los cuerpos receptores y además los agricultores lograrán una mayor productividad y mejores condiciones de trabajo (Lecina et al., 2010). Este artículo demostró que la modernización de los sistemas de captación mejorará el sector productivo agrícola.

Además, se encontró un artículo científico acerca del desarrollo y situación actual del riego a nivel global, donde se mencionó que las opciones para nuevos desarrollos tecnológicos son limitadas y que las inversiones futuras deberán orientarse con una mayor precisión a nichos específicos; además, se concluyó que es de gran importancia preservar el stock existente de las infraestructuras de riego y que está comprobado que las inversiones en infraestructuras de riego ayudarán a los habitantes de zonas rurales a obtener medios de subsistencia y salir de la

pobreza (Turrall et al., 2010). La presente tesis garantizará una mejora a los habitantes del Centro Poblado de Yanas en caso se ejecuten los diseños.

En otro artículo científico a nivel internacional se encontró cómo la modernización y optimización de sistemas de riego pueden contribuir al aumento de la productividad del agua en un contexto de escasez global de agua, la cual concluyó que este tipo de inversiones ofrecerá a los agricultores una serie de posibilidades para ampliar la productividad económica del agua; sin embargo, el problema de alimentar las crecientes demandas de agua en el mundo no es tan factible si se pone al riego como eje principal (Playán & Mateos, 2006). En la actualidad el sistema de riegos del Centro Poblado de Yanas requiere de una optimización y modernización, debido al mal estado de sus infraestructuras.

Por otro lado, se encontró un artículo científico donde se mencionó que a muchas personas les preocupa que este tipo de infraestructuras interfieran con el medio ambiente; ante ello, el autor propuso un enfoque denominado “Construyendo con la Naturaleza”, el cual consiste en incluir componentes naturales en los diseños de infraestructuras, la cual puede lograr flexibilidad, adaptabilidad a las condiciones ambientales cambiantes y funcionalidades, así como servicios ecosistémicos, reflejándose a menudo en costos más bajos sobre la solución de ingeniería tradicional con relación al tiempo de vida de la infraestructura (de Vriend et al., 2015). En la presente investigación se tendrá en cuenta la realidad topográfica al momento de realizar los diseños a fin de generar un impacto poco significativo.

A nivel nacional se encontró un trabajo de investigación enfocado en el sector agrario del proyecto “Sistema de Riego Mayobamba”, ubicado en Aucará, Santa Ana de Huaycahuacho y Chipao perteneciente a la provincia Lucanas de la región Ayacucho en Perú; la cual dio como resultado que los criterios para determinar el tipo de bocatoma está ligado a la pendiente promedio de un determinado tramo de la quebrada, además de considerar que la presencia de sedimentos era mínima en bajas crecientes y una alta presencia de sedimentos en épocas de altas crecientes, con lo cual se estableció que la infraestructura óptima para su diseño es una bocatoma de tipo tirolesa. Se concluyó que la bocatoma aumentará la dotación de agua en los sectores de riego Ccecca, Ishua y

Huaycahuacho (Jáuregui Jáuregui, 2019). Tener conocimiento del comportamiento hidráulico de la quebrada Tuya, ayudará a elegir la bocatoma más adecuada.

En otra investigación se encontró un trabajo de suficiencia profesional, donde el autor realizó una evaluación y diseño del canal integrador Santa San Bartolo, desarrollado en el distrito de Chimbote de la provincia de Santa en la región Ancash, Perú; se buscó optimizar el servicio de agua con fines riego a través del diseño de un canal integrador. Como resultado de su análisis de balance hídrico se determinó una dotación mensual de agua con un caudal de 3 m³/s, la cual satisface la demanda de agua existente, concluyendo que las dimensiones existentes del canal cumplen hidráulicamente con el canal existente, por lo que es viable construir y reponer las estructuras dañadas con la misma geometría existente (Ascencio Diaz, 2021).

Finalmente se encontró un trabajo de investigación para la optimización del diseño de la bocatoma Zapatero, la cual se desarrolló en la localidad de Cascajal que pertenece al distrito de Olmos en la región de Lambayeque, Perú; el cual resaltó la importancia de la conducción y proyección de dichas infraestructuras para su conservación; ello, debido a los daños producidos por El Niño Costero ocurridos en el año 2017. En ese sentido, el autor recomendó realizar un análisis del estado y/o daños presentes en la infraestructura hidráulica, con la finalidad de prescribir una planificación apropiada y sostenible en el tiempo. (Huaranga Manrique, 2019). En el Centro Poblado de Yanas se realizará un reporte del estado situacional de las infraestructuras hidráulicas para una adecuada formulación del diseño.

Con respecto a los antecedentes del presente trabajo de investigación, se encontró que mediante el Informe Técnico N° 195-2016-MINAGRI/SG-OGPP/OPI se declaró la viabilidad del proyecto por parte de la Unidad Formuladora del Ministerio de Agricultura y Riego, siendo en un inicio responsabilidad de la empresa Minera Antamina la producción de dichos estudios de pre inversión, así como de su viabilidad. Sin embargo, los habitantes del Centro Poblado de Yanas, plantearon la problemática socioeconómica de su localidad teniendo como actividad principal la agropecuaria, determinando que en la actualidad el sistema de riego existente presenta deficiencias en su operación, haciendo énfasis en la infraestructura de

riego y sustentando que en épocas de avenidas su producción agrícola se ve bastante reducida, por lo que solicitaron una infraestructura más eficiente y acceso a un mayor conocimiento sobre el manejo óptimo del agua para riego.

En ese contexto, el Comité de Junta de Usuarios del Centro Poblado Yanas, coordina la ejecución del proyecto en mención con apoyo de la Municipalidad Distrital de Huacchis, autoridad encargada de impulsar el desarrollo económico dentro de su jurisdicción.

En cuanto a la revisión bibliográfica, utilicé información de reconocidos autores e instituciones vinculados al diseño de infraestructuras hidráulicas; partiendo de la definición de obras hidráulicas que son estructuras destinadas a trabajar con agua y a soportar la acción que estas le ejercen (Villaseñor Contreras, 1978). A continuación, se muestran algunas definiciones relevantes:

Bocatoma: Son estructuras hidráulicas cuyo objetivo es captar el caudal de agua, pudiendo ser parcial o total de un determinado curso de agua (Rocha Felices, 2003).

Tipos de Bocatomas: Rocha Felices (2003) menciona que las bocatomas se clasifican en 4 tipos, las cuales se describen a continuación:

Toma directa: Su función principal es captar el agua mediante el uso de un canal lateral. Además, no necesita de la implementación de un barrage o azud que en materia de costos es bastante alto; sin embargo, su desventaja es que puede obstruirse con facilidad en época de altas crecientes, así como también admite la entrada de sedimentos afectando al canal de derivación.

Toma mixta: Su captación es mediante la interrupción del curso de agua a través de una estructura denominada azud, pudiendo ser una estructura fija o móvil. Su determinación dependerá del tipo de material; es decir, será fija cuando el material sea de concreto, mientras que para una estructura móvil se utilizará compuertas de acero. Su captación es mediante una ventana, la cual tiene la facultad de operar como vertedero u orificio.

Toma móvil: Su aplicación es recomendada cuando existe una marcada

variación en los niveles de flujo hídrico en épocas de avenida y estiaje. Para ello, requiere de la implementación de un barraje móvil; que son estructuras que permiten el ingreso del agua.

Toma tirolesa, en la sección del azud, lleva una rejilla, tiene la función de impedir el paso de piedras y/o residuos orgánicos arrastrados por el flujo. El autor mencionó que no es recomendable su aplicación en ríos donde existe, arrastre de sedimentos en época de avenidas, ya que la rejilla terminará obstruyéndose.

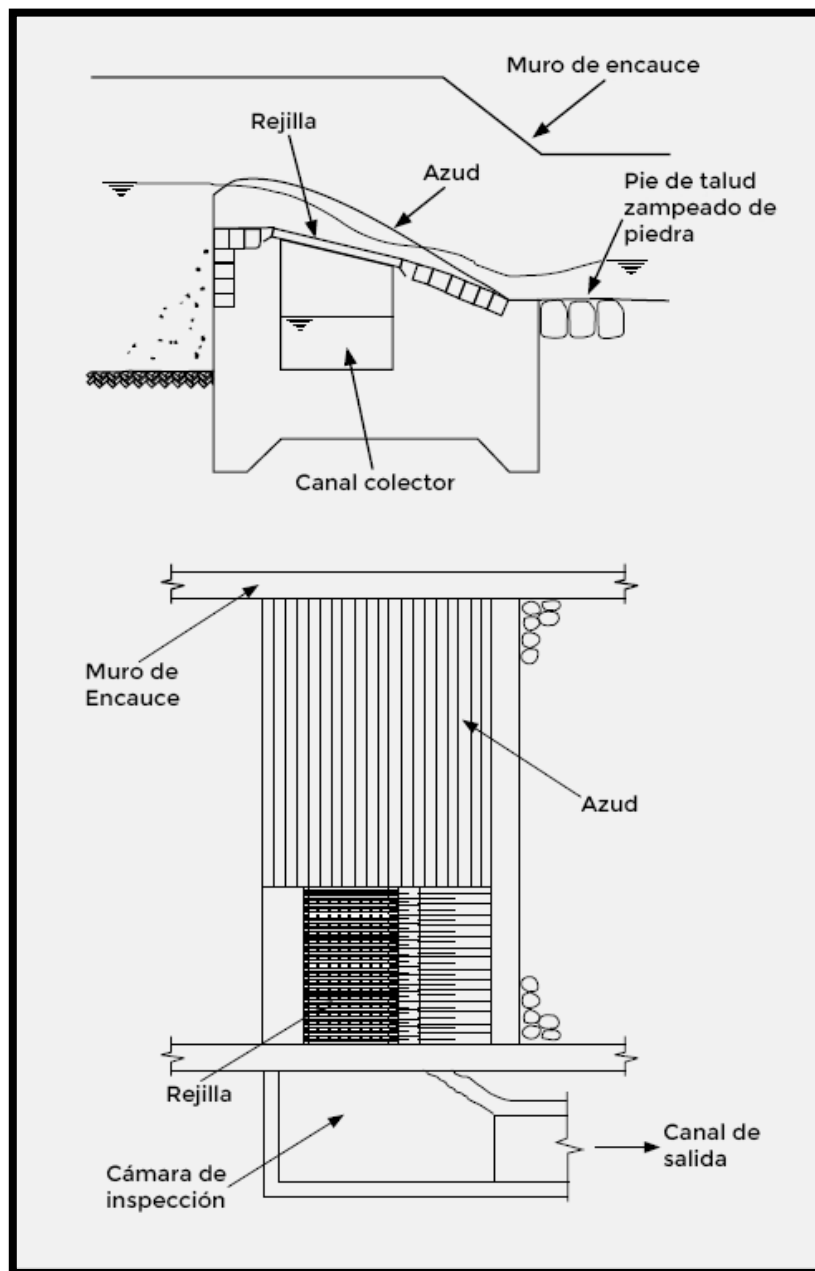


Figura 1: Partes de una toma tirolesa (PROAGRO 2010)

En cuanto a su diseño hidráulico se tiene algunos criterios a tener en consideración:

Para el diseño de la rejilla se utilizó la fórmula general de vertedores, además sus coeficientes dependen de características como su forma, su separación, su pérdida de energía, caudal de diseño, entre otros (PROAGRO, 2010).

$$Q = \frac{2}{3} * c * \mu * B * L * \sqrt{2gh}$$

Dónde:

Q: Caudal de la toma tirolesa (m³/s)

C: Coeficiente de la rejilla

μ: Coeficiente de descarga de la rejilla

B: Ancho de la toma tirolesa (m)

L: Longitud de toma de la rejilla (m)

h: Profundidad del agua en el borde superior de la rejilla

g: Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

El coeficiente de la rejilla obedece al distanciamiento entre barras (a) y el distanciamiento entre ejes (b). También depende del ángulo de inclinación (β) que se asignará a la rejilla (PROAGRO, 2010).

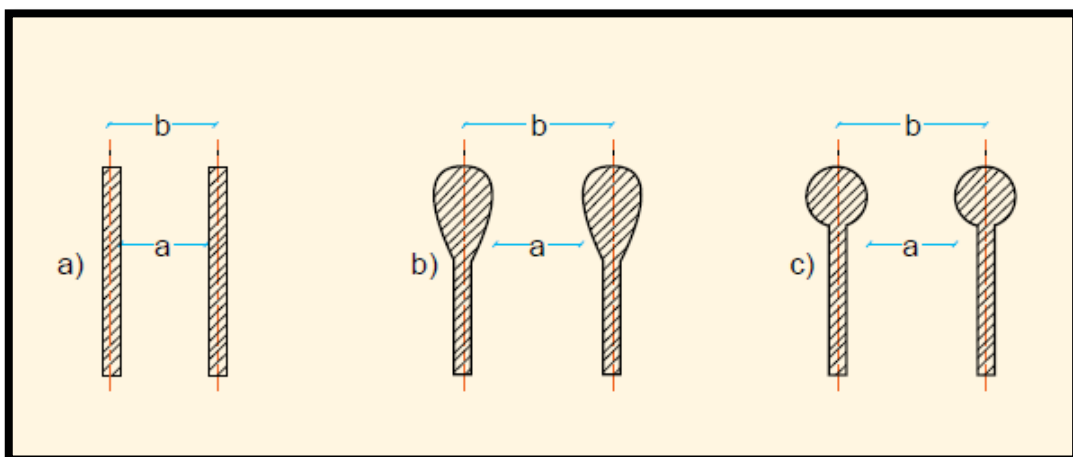


Figura 2: Relación de distanciamiento de las barras en una rejilla (PROAGRO 2010).

Para el cálculo del coeficiente de la rejilla se empleará la siguiente fórmula:

$$c = 0.6 * \frac{a}{b} * (\cos\beta)^{\frac{3}{2}}$$

El ángulo de inclinación de la rejilla (β) está en grados sexagesimales.

Por otro lado, el coeficiente de descarga de la rejilla (μ) se encuentra en un rango de 0,62 para barras de forma rectangular (recta) hasta un valor de 0,95 para barras de forma ovalada (PROAGRO, 2010). Ver figura 3.

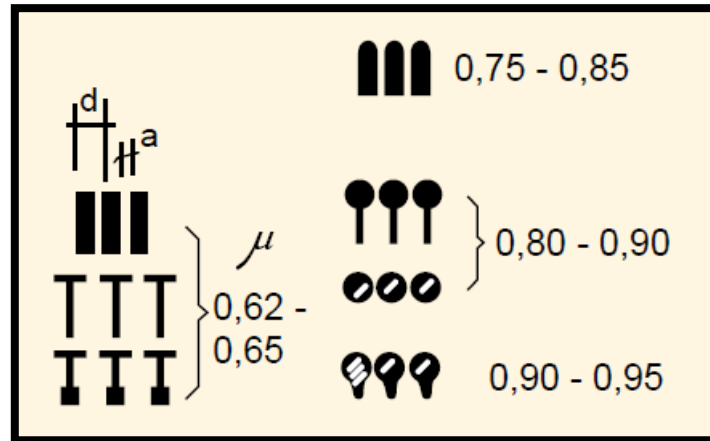


Figura 3: Coeficiente de descarga de la rejilla (μ) (PROAGRO 2010).

Además, según la literatura se recomienda que en lo posible el flujo que se aproxima a la toma tirolesa tenga el comportamiento de un flujo subcrítico, uniforme. Ver figura 4.

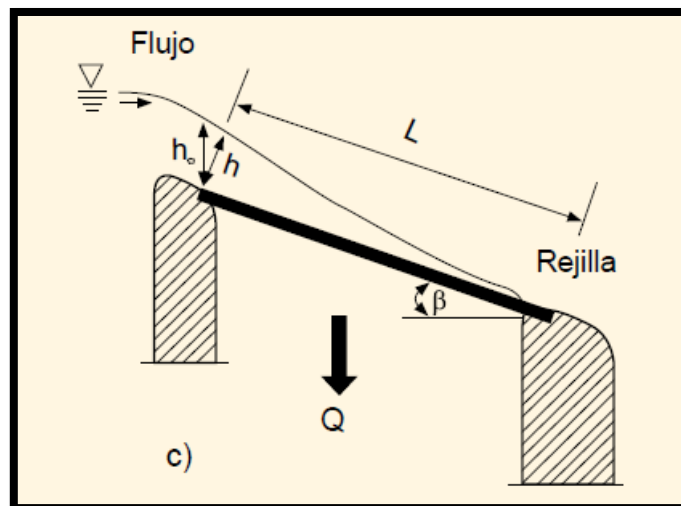


Figura 4: Profundidad del agua en el borde superior de la rejilla (h) (PROAGRO, 2010).

Elementos principales de una bocatoma: Para el caso de tomas comunes no convencionales se describen los siguientes componentes (Ver Figura 5).

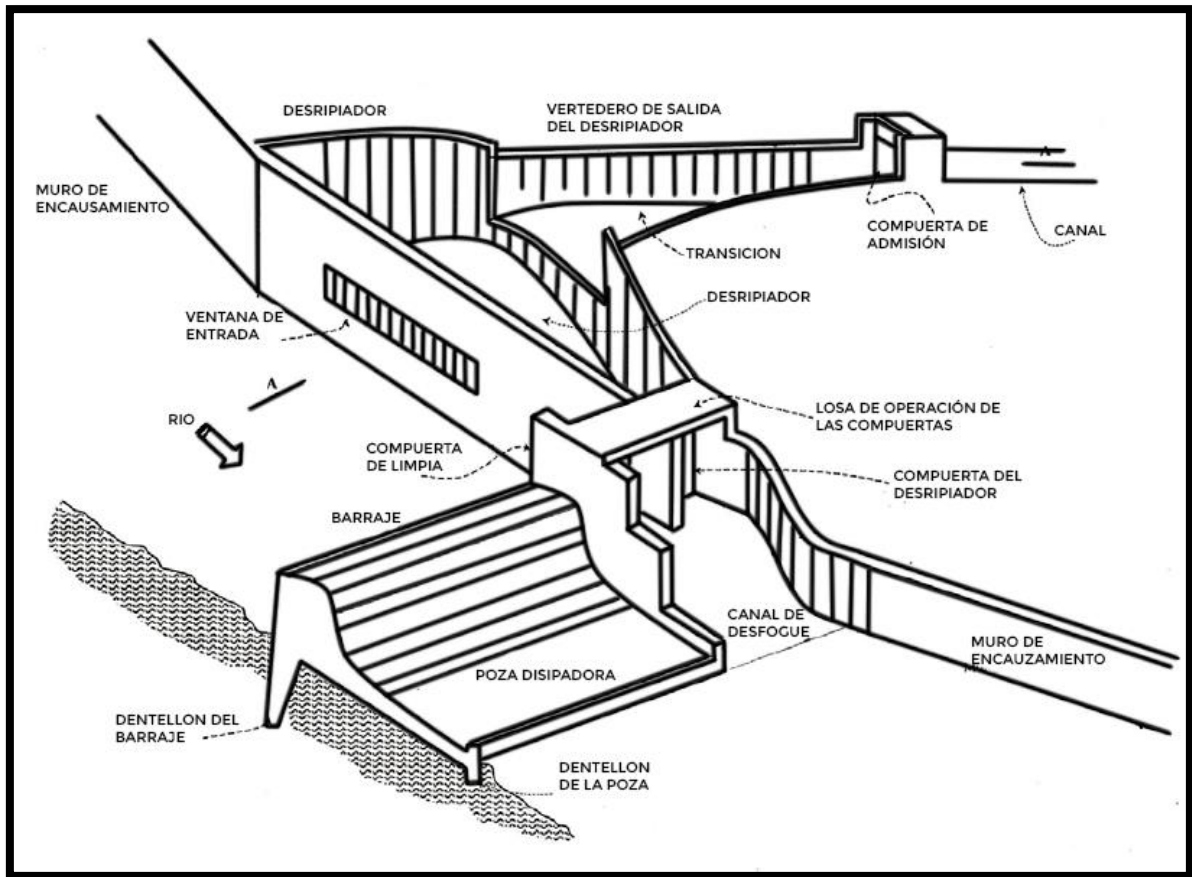


Figura 5: Elementos principales de una bocatoma (Autoridad Nacional del Agua 2010)

Barraje o azud: Es un tipo de dique vertedero, que intercepta el curso de agua, generando que el flujo hídrico debajo del nivel de la cresta ingrese a través de la ventana de entrada.

Ventana de entrada: Está conformada por una reja que impide el paso de material de mayor grosor, su implementación es a una determinada elevación sobre el nivel de fondo del curso de agua.

Colchón de aguas: Su función es reducir la energía potencial y asegurar que el flujo hídrico ingrese a la zona no revestida del cauce con velocidades bajas a fin de evitar la erosión hídrica.

Compuerta de limpia: Su función es evitar la acumulación de piedras aguas arriba del barraje, eliminando dichas acumulaciones. Además, en época de avenidas, se suele abrir la compuerta para regular el caudal captado.

Desripador: Este componente tiene una cámara y compuerta que da salida

hacia el río, por donde el material acumulado que pasa la ventana de entrada se irá acumulando para luego ser lavado.

Transición de entrada al canal: Conecta al desripador con el canal, además, el ancho del vertedero del desripador es generalmente mayor al del canal, ello para evitar las pérdidas de energía entre el desripador y la salida del canal.

Desarenador: Obra hidráulica cuya función es la de separar y posteriormente expulsar las partículas sólidas y/o sedimentos que lleva el flujo hídrico de un canal (Villón Bejar, 2005), su implementación es fundamental ya que evitará daños en otras estructuras debido a que impide la acumulación de material proveniente del río que podría colmatar los canales e impidiendo el abastecimiento de agua para riego, además de evitar mayores costos por mantenimiento. Por ello, para su diseño se utilizó bibliografía elaborada por la ANA (Autoridad Nacional del Agua, 2010), que corresponde a un manual de diseño de infraestructuras hidráulicas, donde se encontró los siguientes lineamientos técnicos:

Tipos de desarenadores: De acuerdo a su modo de operación, puede ser de limpieza continua, es decir, el proceso acumulación de sedimentos y su expulsión ocurren de manera simultánea; puede ser de lavado discontinuo (intermitente), es decir, primero almacena el sedimento y luego lo evacua, siendo este último el de mayor aplicación.

Por la ubicación de los desarenadores, se tienen estructuras en serie uno a continuación del otro; y en paralelo, conformado por estructuras distribuidas de forma paralela para dividir el caudal captado.

El canal de conducción se utiliza para transportar el agua para riego, además, se requieren diferentes tipos de estructuras de canales en un sistema de riego ya que es necesario transportar, regular y medir de manera efectiva y eficiente la descarga del canal (Bureau of Reclamation, 1978); para su diseño se utilizó el libro de "Hidráulica de Canales" que define al canal como un conducto por donde el flujo hídrico influenciado por la gravedad fluye sin necesidad de ser afectada por presiones alternas (Villón Bejar, 2007).

Además, se pueden clasificar por su rol de funcionamiento como canal de

primer orden, para ello su delimitación se realiza con una mínima pendiente; el canal de segundo orden o canal lateral, son aquellas estructuras que reciben el flujo hídrico del canal de primer orden; por último, el canal de tercer orden capta el flujo del canal de segundo orden, siendo derivado el canal que ingresa a las parcelas a través de las tomas. Para su diseño se debe considerar estudios básicos de ingeniería como su topografía, geología, geotecnia, hidrología, hidráulica, entre otros estudios que permitan una adecuada elección de la infraestructura a diseñar (Autoridad Nacional del Agua, 2010).

La tubería es un elemento de conducción cerrado, la cual se encuentra sometida a presiones por acción del agua en todo el contorno de la tubería, además difiere de un canal abierto en su comportamiento hidráulico (Rocha Felices, 2007).

En cuanto a su forma, la más utilizada es la circular, pero también existen tuberías de sección cuadrada, rectangular, etc.; con respecto al material se puede encontrar de acero, asbesto cemento, PVC, entre otros. El autor concluye que los problemas en canales abiertos son más complejos que en tuberías, ya que al tener una sección definida en tubería es rígida y determinada, cuyo aumento de gasto es reflejado en un aumento de la velocidad, mientras que, en un canal la superficie es libre y cuando existe un aumento en el gasto, esta necesariamente requiere de una variación en la sección (Rocha Felices, 2007).

Con respecto a los criterios de diseño para la captación de agua para condiciones de zona andina, se tomó como referencia la bibliografía sobre diseño tomas de tipo tirolesas, la cual desarrolla obras de captación de agua en ríos de montaña, siendo aplicable para condiciones topográficas de la zona andina del país, presentando opciones de diseño que se ajusten a las condiciones de la zona (PROAGRO, 2010).

Para decidir el tipo de captación se debe tener en consideración ciertas condiciones de topografía y morfología del río:

- para tomas laterales y tirolesas se requiere de un desarenador.
- La toma lateral demanda de un barrage para asegurar la captación de agua,

por otro lado, a través de la rejilla la toma de tipo tirolesa capta el flujo hídrico.

- En ríos con pendientes menores al 1% es recomendable implementar tomas laterales, mientras que en ríos de pendiente mayor al 1% se recomienda las tomas tirolesas.
- Para ríos con una significativa concentración de sedimentos de fondo, se recomienda la toma tirolesa junto con un desarenador.

Para definir el diseño de una bocatoma, es fundamental contar con información de línea base como:

Ubicación: Para una adecuada ubicación de la bocatoma se debe conocer la pendiente del río, caudal sólido del río, curso del río, terreno de fundación.

Topografía: Los estudios de topografía son fundamentales para definir el tipo de infraestructura de captación a diseñar, de igual manera para la línea de conducción; además, se requiere de un reconocimiento del terreno, para así poder georreferenciar el punto inicial y final del trazo. En la etapa de trazo preliminar, se realizan los trabajos topográficos en la zona de estudio. En gabinete se realiza el trazo definitivo, definiendo la escala, y teniendo en consideración algunos criterios como por ejemplo para una pendiente transversal superior al 25% se sugiere utilizar una escala de 1:500, mientras que para pendientes menores al 25% se sugiere una escala de 1:1000 (Autoridad Nacional del Agua, 2010).

Estudios básicos de línea base: Comprende estudios que permitirá definir la infraestructura hidráulica más adecuada a diseñar, entre ellos podemos mencionar al estudio geológico y geotécnico, estudio hidrológico, condiciones ecológicas, entre otras. Se utilizó como material de consulta la información de estudios básicos de ingeniería perteneciente al estudio de pre inversión (Antamina, 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación es básica descriptiva, porque busca describir los parámetros que caracterizan a un determinado fenómeno la cual será sometido a un estudio (Hernández Sampieri et al., 2014).

Diseño de investigación

No experimental, porque se definen escenarios existentes y que no han sido inducidas de manera intencional. Es transversal exploratorio porque su propósito es describir variables y analiza su ocurrencia y como estas se relacionan en un determinado momento (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Diseño de Infraestructura Hidráulica

No se consideró variables dependientes ya que el presente trabajo de investigación propone nuevas infraestructuras.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población: Grupo de todos los procesos que coinciden con determinadas especificaciones (Lepkowski, 2008b). La presente investigación define como población a las infraestructuras hidráulicas existentes en el Centro Poblado Yanas, distrito Santa, región Ancash.

Muestra: Se define como muestra a la bocatoma y canal de aducción existentes en la quebrada Tuya y el canal de conducción rústico que va de la progresiva 0+000 km al 3+708.80 km.

Muestreo: Se realizaron visitas de campo con la finalidad de verificar el estado situacional de las infraestructuras existentes, desde la quebrada Tuya hasta la quebrada Mataragra.

Unidad de análisis: Se consideró igual al muestreo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

En el presente numeral se desarrolló los siguientes métodos:

Trabajos preliminares: Observación directa a través de una visita de campo al Centro Poblado de Yanas, con la finalidad de realizar un reconocimiento del terreno y realizar un reporte situacional del estado de las infraestructuras existentes; se hizo un recorrido desde la progresiva 0+000 km donde se ubica la captación de agua de la quebrada Tuya y el inicio del canal de conducción rústico hasta la progresiva 3+708.80 km.

Se realizó el levantamiento topográfico de la zona de estudio para el diseño de las infraestructuras hidráulicas y la línea de conducción que va de la progresiva 0+000 km al 3+712.010 km.

Además, se procedió a recolectar información de línea base (estudio hidrológico, geológico, geotécnico, entre otros), tanto del Estudio básico de ingeniería, como de fuentes bibliográficas relacionadas con el diseño de bocatomas, desarenadores, canal de conducción, cámara de reunión, toma lateral, vertederos, entre otras infraestructuras que conforman el diseño de infraestructura hidráulica de la presente investigación.

Trabajo de gabinete: La información adquirida de campo producto del levantamiento topográfico y data obtenida de los estudios básico de ingeniería del proyecto de pre-inversión, servirán de insumos para el diseño de las infraestructuras propuestas en los objetivos específicos. Además, para su elaboración se utilizó diversos softwares de procesamiento GIS, Cad, herramientas de ofimática, entre otros.

Instrumentos de recolección de datos

Se consideró como instrumentos de recolección de datos al medio digital y de papel.

3.5. Procedimientos

Primeramente, se solicitó el permiso respectivo a la entidad encargada que es la Municipalidad Distrital de Huacchis, con el propósito de dar garantías a la transparencia y veracidad de la información a utilizar. Luego se realizó la visita de campo para realizar un reporte situacional del estado de las infraestructuras existentes; con el permiso respectivo por parte de la entidad; se ejecutó el levantamiento topográfico de la zona de estudio; se realizó la recolección de información de línea base, para dar inicio con el análisis y definir los criterios necesarios para la elección de los diseños requeridos, teniendo en consideración la población y muestra definida. Se realizarán los cálculos y verificaciones necesarias; con los resultados obtenidos, se generarán discusiones que serán contrastadas con los antecedentes para finalmente emitir las conclusiones y recomendaciones que corresponden.

3.6. Método de análisis de datos

El procedimiento a seguir corresponde al análisis de datos obtenidos de la línea base y cálculos para el diseño de determinadas infraestructuras hidráulicas, así como de la utilización de software de ingeniería para su procesamiento; serán recopilados mediante tablas, figuras, planos, entre otros medios pertinentes en sus respectivas áreas de desarrollo; la cual seguirá los medios establecidos vigentes para el diseño de infraestructuras hidráulicas como es el manual de “Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico” elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Siendo estos resultados interpretados y analizados para su sustentación.

3.7. Aspectos éticos

El presente trabajo investigación dio cumplimiento a las normas APA en su séptima edición, así como también, a los lineamientos establecidos en la normatividad vigente de la Universidad Cesar vallejo. En consecuencia, el autor de este trabajo de investigación se compromete con la veracidad de su contenido, tanto de sus cálculos como de sus resultados obtenidos.

Además, la información utilizada como línea base es de carácter verificable en estudios que han sido debidamente citados para su libre revisión.

Finalmente, con respecto a la Ética profesional del Ingeniero, se cita lo siguiente: *“Los ingenieros están al servicio de la sociedad. Por consiguiente, tienen la obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de sus tareas profesionales”* (Colegio de Ingenieros del Perú, 2018).

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción del proyecto de investigación

La presente investigación es una propuesta técnica para mitigar la situación actual del Perú con respecto a las deficientes infraestructuras hidráulicas para la captación de agua, reflejado en el Centro Poblado de Yanas, donde se constató la realidad nacional de un sistema de riego deficiente. Asimismo, el interés de la comunidad por expandir sus áreas de producción agrícola, han llevado a la necesidad de requerir una solución a su escasez de agua.

En ese sentido, se realizó el diseño de infraestructura hidráulica para el sistema de riego sectores Tuya – Mataragra, con la finalidad de mitigar las necesidades del Centro Poblado de Yanas y tener un sistema de riego más eficiente.

4.2. Objeto de estudio

Debido a las altas deficiencias en la operación de las infraestructuras hidráulicas de captación y conducción en el sector Tuya – Mataragra, se diseñó nuevos componentes para poder asegurar una correcta dotación de agua a las parcelas del sistema de riego del Centro Poblado de Yanas.

En la actualidad existen componentes en mal estado como la bocatoma, y canal rústico, las cuales presentan en algunos puntos fisuras y/o colmatación generando considerables pérdidas de agua por filtración y rebose, por ello, se realizó el diseño de infraestructura hidráulica para sistema de riego sectores Tuya – Mataragra, que consiste en una bocatoma con sus componentes auxiliares, así como una línea de conducción que va de la captación en la quebrada Tuya hasta su confluencia con la quebrada Mataragra.

4.3. Ubicación

La ubicación política del área de estudio se encuentra en:

Centro Poblado : Yanas
Distrito : Huacchis
Provincia : Huari
Región : Ancash

Geográficamente, el Centro Poblado de Yanas se ubica en las siguientes coordenadas definidas en el sistema UTM WGS 84:

Norte : 8 987 010
Este : 302 249,40
Altitud : 3 038 m.s.n.m.



Figura 6: Ubicación regional de Ancash (Elaboración propia).

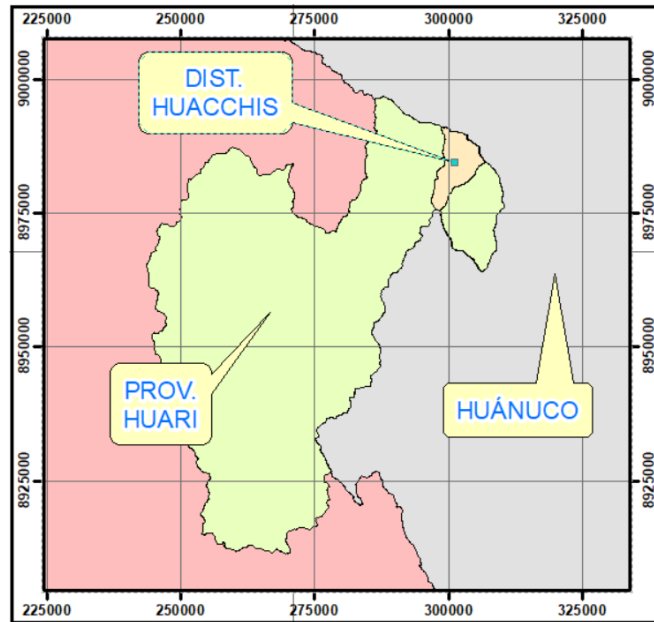


Figura 7: Ubicación de la provincial de Huari y distrito Huacchis (Elaboración propia).

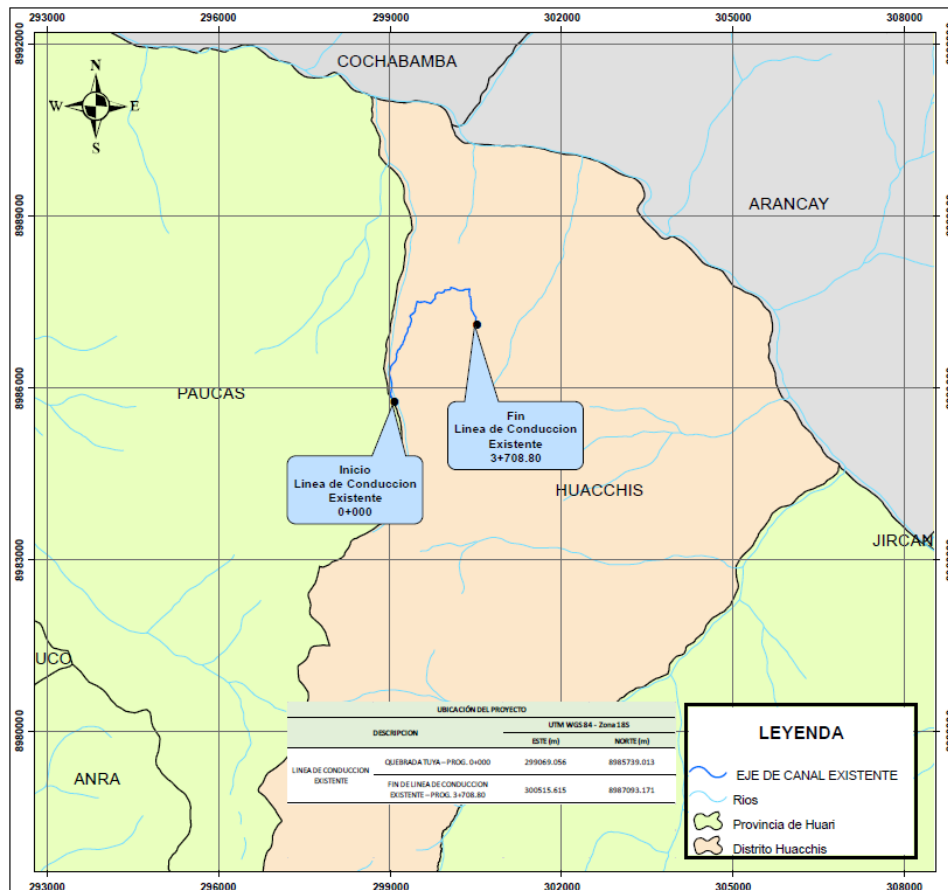


Figura 8: Ubicación del distrito Huacchis y la infraestructura hidráulica existente (Elaboración propia).

Accesibilidad

El acceso hacia los sectores Tuya – Mataragra, lugar donde se realizó los estudios de campo está conformado tanto por carretera asfaltada, carretera con material afirmado y trocha, tal como se detalla en la siguiente tabla y figura:

Tabla 1. Vías de acceso desde Lima al área de estudio

De	A	Distancia / Tiempo	Tipo
Lima	Huaraz	402 km / 8 h	Asfaltado
Huaraz	Huari	186 km 3,5 h	Asfaltado
Huari	Huacchis	96 km / 3,5 h	Afirmado
Huacchis	Centro Poblado Yanas	6,4 km / 20 min	Trocha
Centro Poblado Yanas	Captación del Canal de Yanas	5,2 km / 15 min	Trocha

Fuente: Elaboración propia

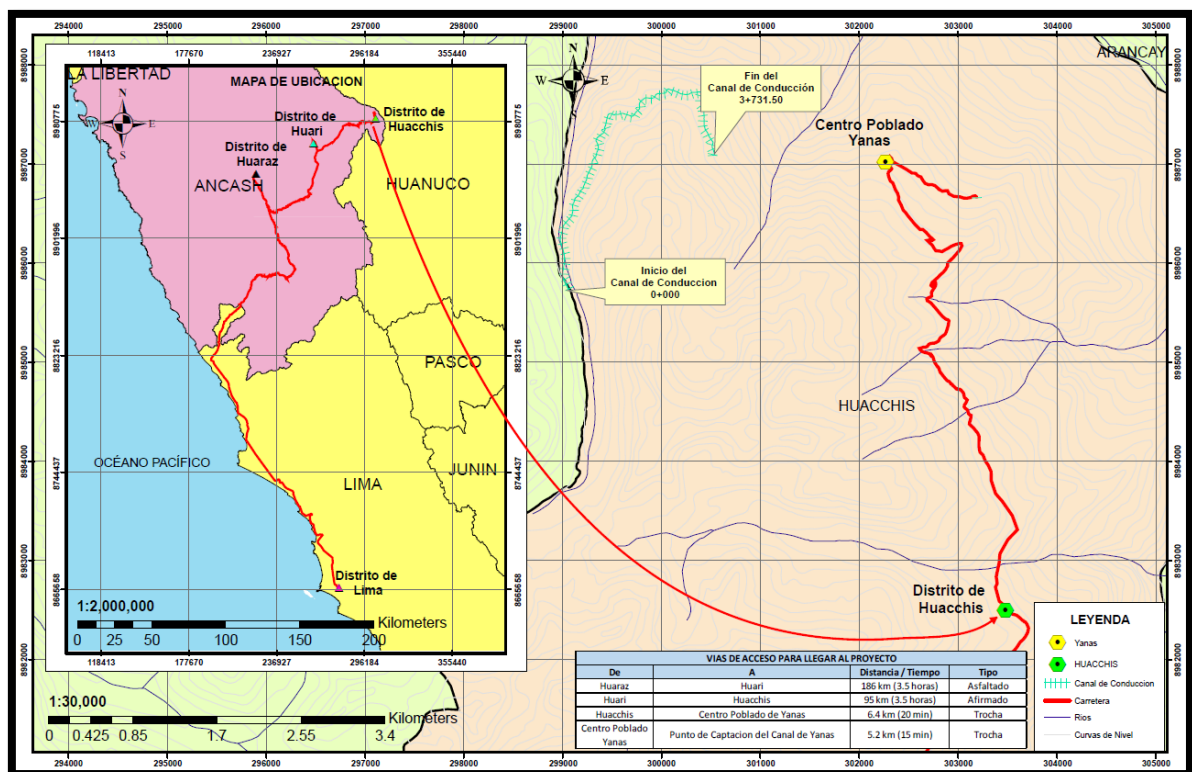


Figura 9: Accesibilidad al Centro Poblado de Yanas (Elaboración propia, Carta Nacional del Perú).

4.4. Estudios de Ingeniería

Para el diseño de la infraestructura hidráulica se utilizó información de campo para la elaboración de estudios básicos de ingeniería; asimismo, se tuvo como material de consulta el estudio de pre inversión (Antamina, 2020) que ayudó a contrastar los resultados obtenidos en sus estudios básicos de ingeniería.

4.5. Estudio topográfico

Todo diseño de infraestructuras requiere de un amplio conocimiento de la topografía del lugar, por ello, se realizó un levantamiento topográfico a fin de representar la realidad en un plano.

Levantamiento Topográfico

Esta actividad se desarrolló para obtener datos de campo (planimétrico y altimétrico) para la elaboración de un plano que contenga todas aquellas características naturales y artificiales (infraestructuras existentes) que permita realizar un adecuado trabajo de gabinete.

Los equipos utilizados para el desarrollo de esta actividad son: 01 estación total marca Leica TS 11 r500 2", 01 nivel de ingeniero ATB4; prismas y sus respectivos accesorios complementarios. Por otro lado, las coordenadas registradas se encuentran en el Sistema WGS 84 Zona 18 Sur, cuya cartografía fue proyectada en UTM (Universal Transversal Mercator). Dicho levantamiento comprendió los sectores Tuya – Mataragra. Para ello, se utilizó la poligonal definida en el estudio de pre-inversión (Antamina, 2020), la cual fue elaborada en base a puntos geodésicos, la cual asegura una alta precisión en las mediciones.

Tabla 2. Coordenadas de la poligonal Yanas

Vértice	Poligonal Yanas – UTM WGS84		
	Este	Norte	Cota
Yanas 1	300 643,840	8 986 947,003	3 661,277
BM-3	301 158,763	8 986 685,176	3 600,978
BM-4	301 500,139	8 986 721,253	3 603,477
BM-5	302 124,729	8 986 568,977	3 578,851
BM-6	302 112,348	8 986 461,500	3 610,945
BM-7	302 517,035	8 986 192,738	3 652,644
BM-8	302 996,365	8 986 221,159	3 518,494
BM-9	302 636,420	8 986 898,447	3 331,051
Yanas 2	303 208,189	8 986 658,839	3 274,475
Yanas 1	300 643,840	8 986 947,003	3 661,277

Fuente: Elaboración propia.

Trabajo de gabinete

Los trabajos concernientes a la elaboración del procesamiento de datos producto del levantamiento topográfico, estuvo a cargo del técnico especialista en topografía quien utilizó herramientas de ingeniería como AutoCAD, Civil 3D, entre otras para el procesamiento de dicha información (ver Anexo N° 2).

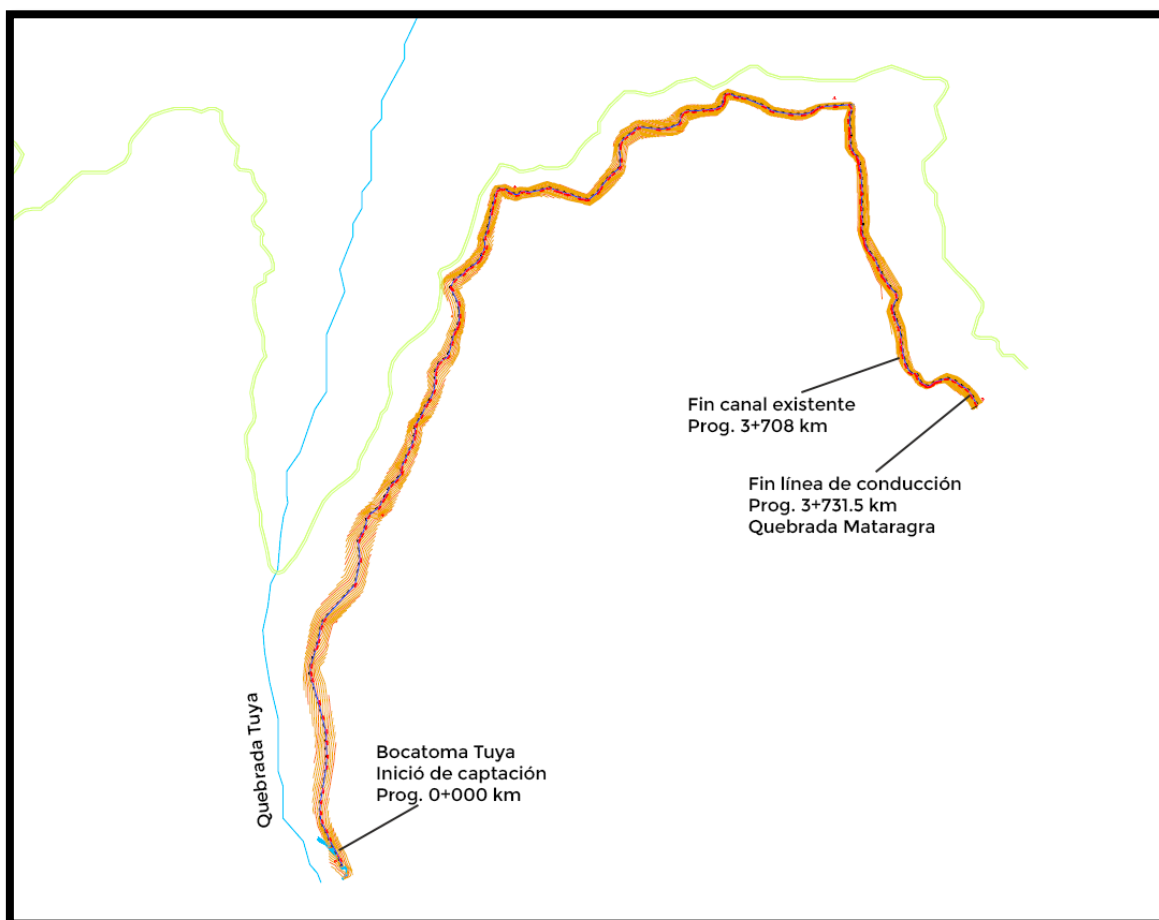


Figura 10: Vista en planta de la topografía del Canal (Elaboración propia 2022).

4.6. Información cartográfica

Son cartas geográficas proyectadas en escalas de 1:100 000; 1:50 000 y 1:25 000, las cuales permitirá conocer características importantes de la zona de estudio. En la presente investigación se utilizó información cartográfica del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

4.7. Estudio Hidrológico

En esta etapa se utilizó como materia prima la información meteorológica del Estudio Hidrológico del proyecto de pre inversión (Antamina, 2020).

En la visita de campo en el mes de mayo 2022, por ser época de bajas crecientes se constató que la corriente de agua era mínima, por lo cual no se pudo realizar pruebas de aforo. En ese sentido, se tomó como válido los resultados obtenidos producto de los métodos estadísticos e hidrológicos empleados en el modelamiento hidrológico.

Hidrografía

La zona de estudio se ubica hidrográficamente en las microcuencas de las quebradas Tuya, Mataragra, las cuales pertenecen a la vertiente del Atlántico y vierten sus aguas por la margen izquierda al río Marañón. Su fuente de recarga hídrica de estas microcuencas son gracias a las precipitaciones pluviales que reciben las cabeceras de cuencas.

Geomorfología de las microcuencas

Para definir las características geomorfológicas de las microcuencas se utilizó la Carta Nacional a una escala de 1:100 000; mediante software de procesamiento GIS se obtuvo parámetros importantes como el área, perímetro, parámetros de forma, longitud del cauce, parámetros referentes al sistema de drenaje y parámetros topográficos. Ver tabla 3.

Tabla 3: Parámetros Geomorfológicos de las microcuencas Tuya y Mataragra

Quebrada	Punto Control	Longitud Cauce Km	Área Drenaje Km ²	Perímetro Km	Altitud media m.s.n.m	Pendiente Cauce %	Índice de Compacidad Kc	Factor de Forma Kf
Tuya	PC_TUY	4,411	6,91	12,02	4 151	13,6	1,29	0,36
Mataragra	PC_MAT	0,689	0,418	2,526	1 918	63,4	1,10	0,79

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al área de las cuencas se observa que tanto para la quebrada Tuya como para la quebrada Mataragra sus áreas son menores a 100 Km², por lo que son denominados microcuencas.

La longitud del cauce corresponde a la trayectoria más larga de la quebrada que va desde el punto emisor hacia su punto de salida; siendo para la microcuenca Tuya una longitud de cauce de 4,411 km y para la microcuenca Mataragra una longitud de 0,689 km.

Con respecto al perímetro se tiene que la microcuenca Tuya tiene un perímetro de 12,02 km, mientras que para la microcuenca Mataragra un perímetro de 2,526 km.

Con respecto al factor de forma (Kf) se tiene que, para la microcuenca Tuya, su factor de forma es igual a 0,36 lo cual indica que la forma de la microcuenca es alargada, esto indica que su tendencia a generar crecientes es menor; por otro lado, para la microcuenca Mataragra su factor de forma es igual a 0,79, cuya forma tiende a ser ensanchado, además su tendencia a generar crecientes es mayor.

Asimismo, para el coeficiente de compacidad (Gravelius, "Kc") en la microcuenca Tuya tiene un valor de 1,29 y para la microcuenca Mataragra un valor de 1,10. Mientras el valor del Kc es próximo a la unidad la microcuenca tiende a ser redonda y por ende su tendencia a generar crecientes es mayor, tal como sucede con las microcuencas Tuya y Mataragra.

La microcuenca Tuya tiene una pendiente media de 13,60% la cual es considerada como una pendiente suave, mientras que en la microcuenca Mataragra la pendiente media es de 63,4% que implica una pendiente más pronunciada y se caracteriza por presentar aguas torrentosas.

Con respecto a la densidad de drenaje se tiene para la microcuenca Tuya un valor de densidad de drenaje igual a $0,864 \text{ km/km}^2$, y para la microcuenca Mataragra una densidad de drenaje de $1,183 \text{ km/km}^2$, por lo que se interpreta que la microcuenca Mataragra tiene una tendencia alta a generar escorrentías rápidas con respecto a la microcuenca Tuya que tiene tendencia a generar escorrentías más pausadas.

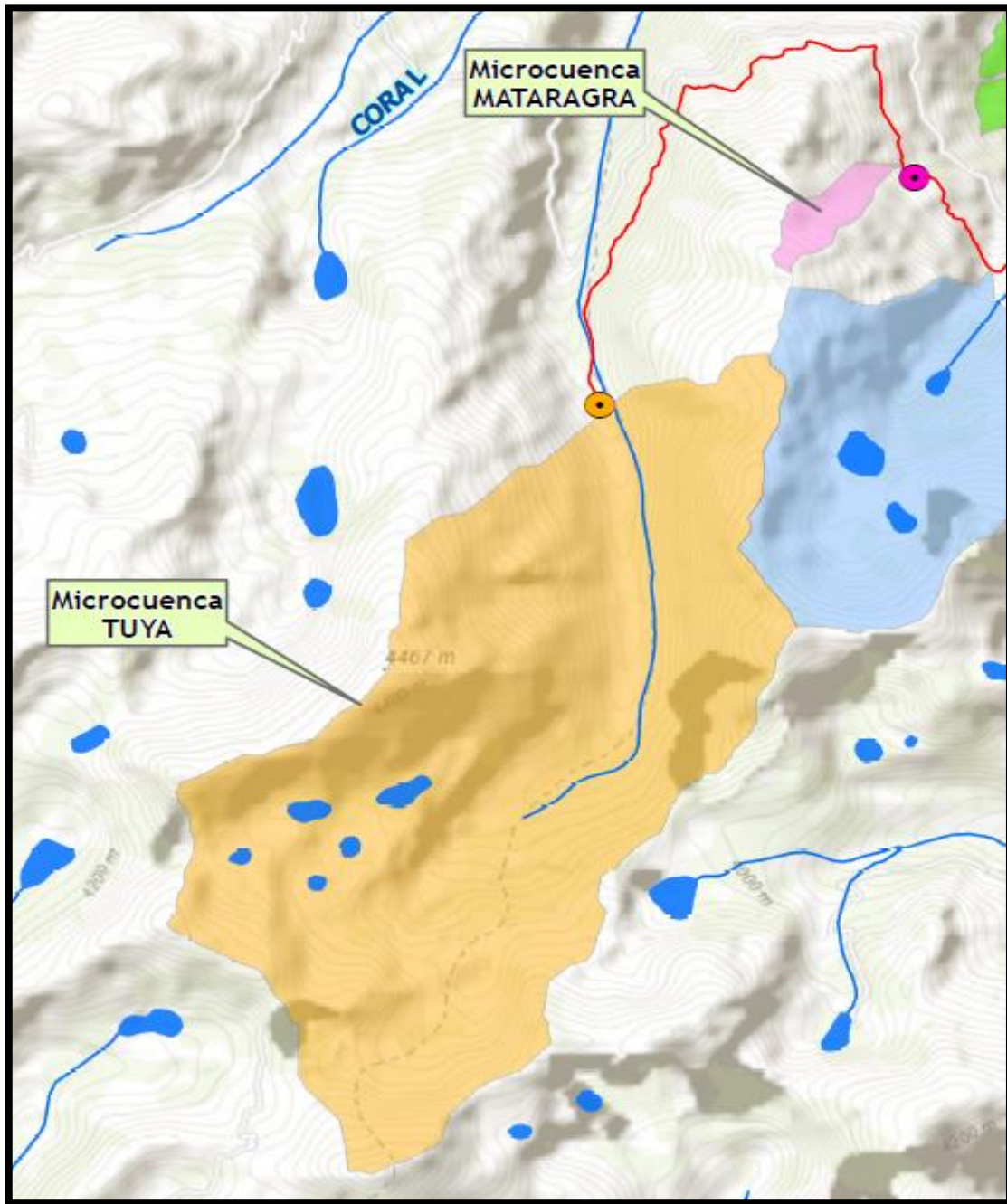


Figura 11: Vista de las microcuencas Tuya – Mataragra (Elaboración propia).

Resultados del Estudio Hidrológico

Mediante Resolución Directoral N° 775-2016-ANA-A.A.A.M de fecha 14 de junio de 2016, se acreditó a la Municipalidad del Centro Poblado de Yanas la disponibilidad hídrica con fines de riego, siendo para la quebrada Tuya una disponibilidad hídrica de 65 l/s, mientras que para la quebrada Mataragra una disponibilidad hídrica de 20 l/s (ver anexo 3).

Con la finalidad de contar con información pluviométrica consistente y homogéneo con relación a la data histórica de precipitación, se ejecutó análisis gráficos y de doble masa para identificar posibles saltos y/o tendencias que definan nuevos periodos (ver anexo 4).

La precipitación media anual obtenida fue producto del procesamiento estadístico de estaciones meteorológicas. En ese sentido, se obtuvo una precipitación media anual de 973,40 mm/año para la microcuenca Tuya y una precipitación media anual de 790,80 mm/año para la microcuenca Mataragra.

En ese sentido, se determinó la precipitación media mensual de las quebradas Tuya y Mataragra, donde se utilizó la estación meteorológica Chavín (Coordenadas UTM: 262 156E; 8 939 943N) como una estación de referencia por tener una ubicación más próxima a la zona de estudio. Ver tabla 3.

Tabla 4: *Precipitación media mensual, quebradas Tuya y Mataragra*

Nombre Quebrada	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Prom. Anual
TUYA	143,5	153,4	165,0	92,0	33,1	14,8	9,1	13,6	45,5	87,2	103,4	112,8	973,4
MATARAGRA	116,6	124,7	134,1	74,8	26,9	12,0	7,4	11,1	37,0	70,8	84,0	91,6	790,8
ÁREA RIEGO	96,2	102,8	110,6	61,7	22,2	9,9	6,1	9,1	30,5	58,4	69,3	75,6	652,3

Fuente: Elaboración propia en base a información del SENAMHI.

Disponibilidad del recurso hídrico

La disponibilidad del recurso hídrico para la Comunidad de Yanas depende de las quebradas Tuya, Mataragra y Auqui.

En ese sentido, se generó caudales para las microcuencas involucradas

aplicando la metodología Lutz Scholz.

El coeficiente de escorrentía nos permite determinar qué porcentaje de la precipitación se convertirá en escorrentía. En ese sentido, se determinó un coeficiente de 0,55 para las microcuencas Tuya, Mataragra y Auqui, luego de realizar una calibración del modelo propuesto por la Ex – ONERN (1980) y al “*Estudio de Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional (1979)*”.

La retención (R) de la microcuenca hace referencia a la lámina de precipitación almacenada y que en época de bajas crecientes contribuye a su abastecimiento. En ese sentido, se determinó para la microcuenca Tuya una retención $R = 62,51$, para la microcuenca Mataragra una retención $R = 30,16$ y para la microcuenca Auqui una retención $R = 176,70$.

El coeficiente de agotamiento para la microcuenca Tuya es $a = 0,0251$, para la microcuenca Mataragra $a = 0,0362$ y para la microcuenca Auqui $a = 0,0209$, dicho coeficiente contribuye al cálculo de los caudales en épocas de baja creciente.

Con los datos mencionados se realizó el cálculo de la escorrentía media mensual para un periodo de un año, donde se calculó el gasto de la retención desde abril hasta el mes de agosto, luego se generó la escorrentía a nivel mensual para el año promedio, previa calibración. Con dichos resultados se determinó la disponibilidad neta a través de un análisis de persistencia utilizando la ecuación de Weibull cuyos caudales en m^3/s fueron calculados para diferentes probabilidades de ocurrencia (50%, 75% y 95%), donde finalmente se trabajó con los caudales al 75% de persistencia obteniéndose el caudal de oferta. Ver tabla 5.

Tabla 5: Caudales en la microcuenca Tuya (m^3/s)

QUEBRADA	Und.	CAUDALES PROMEDIOS GENERADOS AL 75% DE PERSISTENCIA											
		ENE 31	FEB 28	MAR 31	ABR 30	MAY 31	JUN 30	JUL 31	AGO 31	SEP 30	OCT 31	NOV 30	DIC 31
Tuya	m^3/s	0.124	0.150	0.159	0.097	0.057	0.034	0.020	0.017	0.025	0.044	0.069	0.077
Auqui	m^3/s	0.037	0.046	0.048	0.033	0.020	0.013	0.009	0.007	0.008	0.014	0.021	0.025
Mataragra	m^3/s	0.008	0.009	0.010	0.006	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.005
CAUDAL OFERTADO TOTAL	m^3/s	0.169	0.206	0.216	0.136	0.081	0.050	0.030	0.025	0.035	0.060	0.095	0.107
VOL. OFERTADO TOTAL	l/s	168.7	205.5	215.8	136.1	80.71	49.57	30.46	25.03	34.78	60.13	95.30	106.92
	m^3	451,9	497,3	578,1	352,8	216,1	128,4	81,58	67,03	90,14	161,0	247,0	286,38
	hm^3	0.452	0.497	0.578	0.353	0.216	0.128	0.082	0.067	0.090	0.161	0.247	0.286

Fuente: Elaboración propia.

También se determinó el caudal ecológico cuyo fin es asegurar la conservación tanto de la vida acuática como de los ecosistemas asociados al recurso hídrico en estudio. En ese sentido, se utilizó la metodología general que indica que el caudal ecológico es igual al 10% de la descarga media en épocas de altas crecientes y 15% en temporada de bajas crecientes. Ver tabla 6.

Tabla 6: Caudal ecológico mensual

QUEBRADA	UND	CAUDAL ECOLOGICO											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Tuya	m ³ /s	0.012	0.015	0.016	0.010	0.009	0.005	0.003	0.003	0.004	0.007	0.010	0.008
Auqui	m ³ /s	0.004	0.005	0.005	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003
Mataragra	m ³ /s	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
CAUDAL OFERTADO TOTAL	m ³ /s	0.017	0.021	0.022	0.014	0.012	0.007	0.005	0.004	0.005	0.009	0.014	0.011
VOL. OFERTADO TOTAL	l/s	16.88	20.56	21.58	13.61	12.11	7.44	4.57	3.75	5.22	9.02	14.12	10.69
	m ³	45,19	49,73	57,81	35,28	32,42	19,27	12,23	10,05	13,52	24,15	36,60	28,63
	hm ³	0.045	0.050	0.058	0.035	0.032	0.019	0.012	0.010	0.014	0.024	0.037	0.029

Fuente: Elaboración propia

El caudal disponible es el flujo de agua ofertado al cual se le deje restar el caudal ecológico, además se consideró lo establecido por la ANA, por lo que se escogió como caudal disponible para el proyecto lo obtenido en el mes de diciembre que es un caudal de 58 l/s para la quebrada Tuya, que es el caudal de interés. Ver tabla 7.

Tabla 7: Caudal disponible para zonal de estudio (m³/s)

QUEBRADA	UND	CAUDAL DISPONIBLE											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Tuya	m ³ /s	0.112	0.135	0.143	0.088	0.049	0.029	0.017	0.014	0.021	0.037	0.058	0.070
Auqui	m ³ /s	0.034	0.042	0.043	0.030	0.017	0.011	0.008	0.006	0.007	0.012	0.018	0.023
Mataragra	m ³ /s	0.007	0.008	0.009	0.005	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.004
CAUDAL OFERTADO TOTAL	m ³ /s	0.152	0.185	0.194	0.123	0.069	0.042	0.026	0.021	0.030	0.051	0.081	0.096
VOL. OFERTADO TOTAL	l/s	151.88	185.03	194.25	122.52	68.61	42.14	25.89	21.27	29.56	51.11	81.01	96.23
	m ³	406,78	447,62	520,29	317,57	183,75	109,21	69,34	56,98	76,62	136,89	209,96	257,74
	hm ³	0.407	0.448	0.520	0.318	0.184	0.109	0.069	0.057	0.077	0.137	0.210	0.258

Fuente: Elaboración propia

Balance hídrico para la zona de estudio

En este punto se determinó la demanda de agua que se caracteriza por identificar los cultivos más representativos de la zona y determinar su requerimiento hídrico. Para ello, se utilizó el método de Hargreaves para calcular la evapotranspiración potencial (Eto), considerando como insumo para su elaboración, los datos

meteorológicos de la Estación Chavín; el procedimiento sigue la secuencia de determinar el coeficiente de cultivo (K_c), determinar la cédula de cultivo con proyecto, el periodo vegetativo de los cultivos seleccionados, la evapotranspiración potencial y la eficiencia de riego con proyecto.

Con relación a los cultivos, se trabajó con maíz amiláceo, papa, trigo, cebada, habas, frijol, hortaliza, arveja, olluco y ajo, para un área de cultivo total de 175,8 ha, para una primera campaña en época de altas crecientes (setiembre – abril) y una segunda campaña de rotación (marzo – noviembre).

Con respecto a la eficiencia de riego, se sabe que es el producto de la eficiencia de conducción, la eficiencia de distribución y la eficiencia de aplicación; además, se determinó que la eficiencia total sin proyecto equivale a un 21% (Ef. Conducción 70%, Ef. Distribución 60% y Ef. Aplicación 50%) y se consideró para el presente diseño un incremento de la eficiencia total al 44% (Ef. Conducción 95%, Ef. Distribución 85%, Ef. Aplicación 55%). Ver tabla 8.

Tabla 8: Demanda de agua para la zona de estudio (con proyecto)

Descripción	Unidad	Ene 31	Feb 28	Mar 31	Abr 30	May 31	Jun 30	Jul 31	Ago 31	Sep 30	Oct 31	Nov 30	Dic 31	Total
Evapotranspiración Potencial (ETo)	mm/mes	133.04	114.99	108.52	100.38	103.14	98.35	107.81	122.36	145.77	138.36	138.16	139.09	
Coefficiente de Cultivo Ponderado (Kc)		0.79	0.61	0.70	0.74	0.80	0.76	0.57	0.29	0.38	0.68	0.92	0.97	
Evapotranspiración Cultivo (ETc)	mm/mes	104.45	70.69	76.47	74.51	82.72	75.02	61.33	35.49	54.84	94.76	127.16	134.25	
Precipitación Efectiva (Pe)	mm/mes	87.76	92.51	97.88	60.37	23.36	10.71	6.63	9.84	31.70	57.61	66.83	71.98	
Necesidades Netas Cultivo (Nt)	mm/mes	16.69	0.00	0.00	14.14	59.36	64.31	54.71	25.65	23.14	37.15	60.33	62.27	417.76
Eficiencia de Riego (Efr)	%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	
Necesidades Totales de cultivo (Nb)	mm/mes	37.59	0.00	0.00	31.84	133.67	144.81	123.18	57.76	52.09	83.66	135.84	140.21	940.63
	m ³ /ha	375.89	0.00	0.00	318.35	1,336.67	1,448.05	1,231.78	577.58	520.93	836.56	1,358.41	1,402.09	9,406.32
Área de Riego	ha	175.79	146.79	68.75	114.25	114.25	74.50	55.50	39.00	146.04	146.04	146.04	146.04	
Volumen Demandado Total - Mensual	m ³	66,078.3	0.00	0.00	36,371.7	152,714.0	107,879.7	68,363.9	22,525.7	76,077.1	122,170.7	198,381.8	204,761.9	1,055,325.3
	hm ³	66.08	0.00	0.00	36.37	152.71	107.88	68.36	22.53	76.08	122.17	198.38	204.76	1,055.33
Módulo de Riego (Mr)	l/s/ha	0.14	0.00	0.00	0.12	0.50	0.56	0.46	0.22	0.20	0.31	0.52	0.52	
Caudal Demandado Total - Mensual	l/s	24.67	0.00	0.00	14.03	57.02	41.62	25.52	8.41	29.35	45.61	76.54	76.45	33.27
	m ³ /s	0.025	0.000	0.000	0.014	0.057	0.042	0.026	0.008	0.029	0.046	0.077	0.076	0.033

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos se elaboró el balance hídrico para la zona de estudio, además se precisa que tanto en la tabla 9 como en la figura 12, se demuestra que la demanda será satisfecha en todo el año, ello se debe principalmente a la nueva infraestructura propuesta que mejora la eficiencia total y a la cédula de cultivo que cuenta con dos campañas por año.

Tabla 9: Balance hídrico de la zona de estudio

ITEM	BALANCE OFERTA DEMANDA											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CAUDAL DEMANDADO (M3/S)	0.025	0.000	0.000	0.014	0.057	0.042	0.026	0.008	0.029	0.046	0.077	0.076
CAUDAL OFERTADO (M3/S)	0.152	0.185	0.194	0.123	0.069	0.042	0.026	0.021	0.030	0.051	0.081	0.096
DEFICIT (M3/S)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

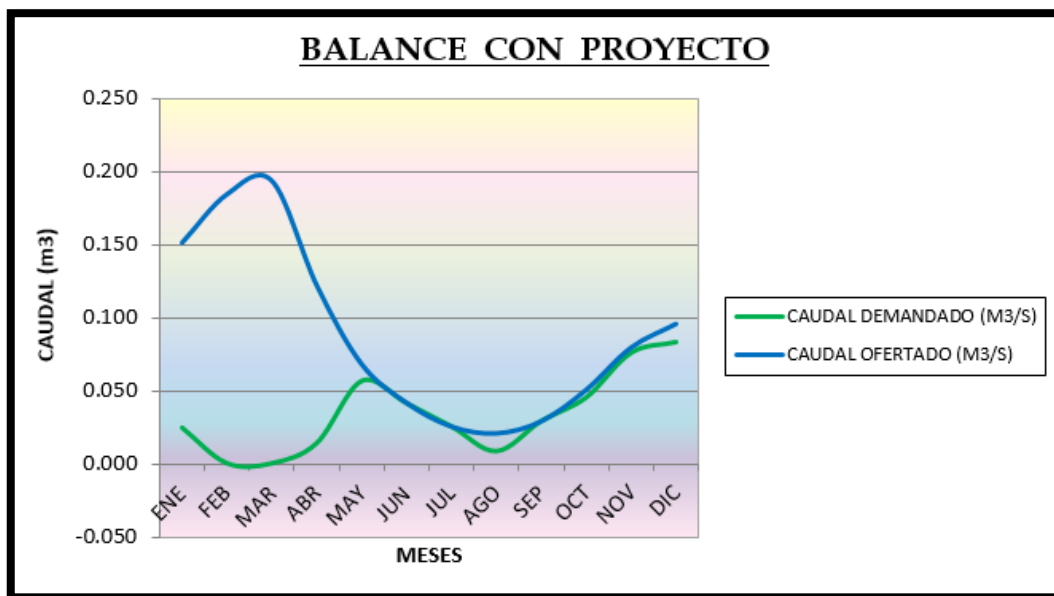


Figura 12: Vista gráfica del balance hídrico (Elaboración propia)

Con respecto a la sedimentología, por falta de registro de datos se procedió a estimar la cantidad de sólidos aplicando diversas metodologías como la fórmula de transporte de sólidos en función de la altitud y el cociente (volumen sólido – caudal medio); transporte de sólidos respecto de la ecuación de Murano; transporte de sólidos respecto de la información del Río Mantaro; transporte de sólidos respecto

del manual de erosión y sedimentación del Departamento de Interior de los Estados Unidos (Strand y Strand Pemberton). A los valores obtenidos se le aplicó el promedió para el diseño de infraestructuras como el desarenador. Ver tabla 10.

Tabla 10: Resumen de volúmenes sobre el transporte de sólidos

#	Formula	Quebrada Tuya	Quebrada Auqui	Quebrada Mataragra
		m ³ /año	m ³ /año	m ³ /año
1	Volumen sólido/caudal hídrico	2401,02	783,94	163,99
2	Murano	3116,43	5906,60	3539,91
3	Río Mantaro	3327,31	1475,16	405,85
4	Strand	5073,21	2198,56	583,41
5	Strand-Pemberton	3807,63	1669,90	451,59
	Promedio	3545,12	2406,83	1028,95

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de máximas avenidas

De acuerdo con los resultados del modelamiento hidrológico, mediante el uso del software Hec HMS, mediante el método del Hidrograma Unitario, se obtuvo un caudal de máxima avenida para un periodo de retorno de 50 años de 6,552 m³/s para la microcuenca Tuya y 0,729 m³/s para la microcuenca Mataragra, la cual se muestra en la siguiente tabla.

Se conoce que el sistema de riego del Centro Poblado de Yanas tiene una demanda de agua para riego de 1,055 MMC/año, y su disponibilidad hídrica es óptima según su análisis.

Tabla 11: Caudales máximos para la microcuenca Tuya y Mataragra

PERÍODOS DE RETORNO (años)	Caudales Máximos para diferentes Periodos de Retorno (m ³ /s)	
	Microcuenca Tuya	Microcuenca Mataragra
1000	15.198	1.642
500	12.998	1.406
200	10.265	1.118
100	8.340	0.917
50	6.552	0.729
25	4.898	0.552
20	4.395	0.501
10	3.003	0.346
5	1.791	0.207
2	0.647	0.051

Fuente: Elaboración propia

Además, se definió el mes de noviembre como mes de máxima demanda con un caudal de 102,22 l/s en 24 horas de operación y una eficiencia de riego de 44%.

Tabla 12: Caudal disponible – caudal acreditado por la ANA

Microcuenca	Q disponible (Estudio) (l/s)	Q Acreditado AAA.M (l/s)
Tuya	58.00	65.00
Mataragra	5.00	20.00

Fuente: R.D. N° 775-2016-ANA-A.A.A.M.

4.8. Geología en el área de estudio

Definir las unidades litoestratigráficas permitirán detallar las alternativas más adecuadas como el tipo de estructura y materiales a utilizar.

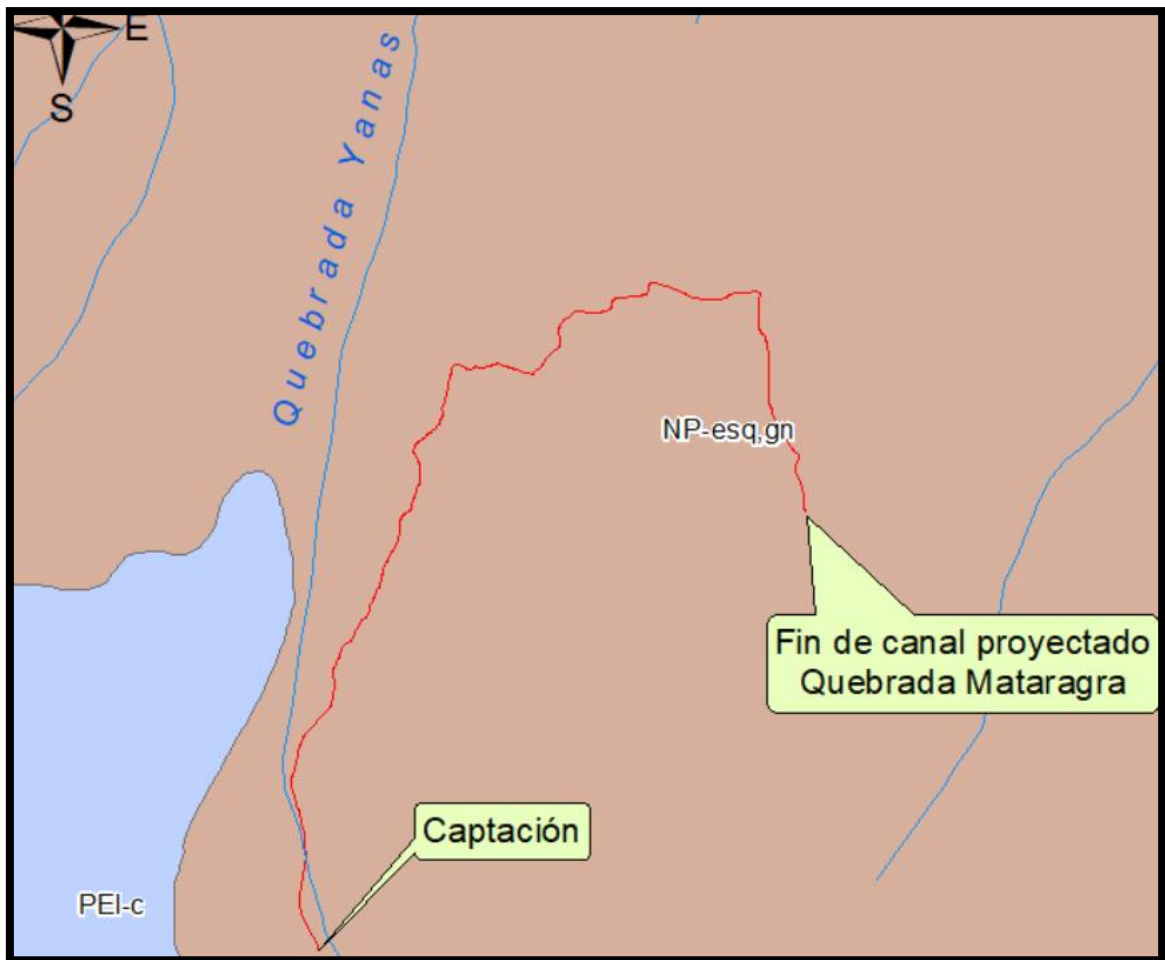


Figura 13: Vista de las Unidades Geológicas, sectores Tuya – Mataragra (Elaboración propia).

Geología local

Con respecto a la geomorfología en la zona de estudio que corresponde al canal existente, se encontró un relieve de tipo moderado, la cual tiene presencia de colinas y cerros cuyas pendientes son moderadas; respecto a su nivel o cotas disminuye progresivamente.

Asimismo, con relación a su litología y estratigrafía se identificó Unidades Geológicas como la Neoproterozoica – esquistos, gneis (NP-esq,gn) que son afloramientos de rocas metamórficas y también se identificó la presencia de la Unidad Geológica Permiano Lopingiana – Continental (PEI-c) cuyas características son de acumulaciones y depósitos de material que se generan por acción de la gravedad y movimiento del agua.

Con respecto a su geología estructural, no se identificó la existencia de un tectonismo que pueda afectar directamente a la zona donde se realizarán los

diseños.

En cuanto a su geodinámica externa, en la zona del canal existente no se registró procesos de emplazamiento que pueda afectar la estructura del canal.

Por otro lado, de acuerdo a la normativa peruana de estructuras “*Norma E-030 Diseño Sismoresistente*”, la zona de estudio se ubica en la zona 2, la cual indica que puede presentar una aceleración máxima de su territorio, cuyo porcentaje de ocurrencia es un 10% de ser superada dentro de 50 años con un factor de zona $Z=0,25$.

Además, se tiene un parámetro de diseño para una intensidad de VI a VII grados en la escala de Mercalli Modificada, con una aceleración máxima de 0,25 y una aceleración efectiva de 0,13 P, el factor de suelo $S=1,20$ y el suelo de la cimentación del área de estudio es un suelo intermedio de tipo S2 con un periodo predominante $TP(s)=0,6$ y un factor de amplificación del suelo $TL(s)=2,0$.

4.9. Geotecnia de la zona de estudio

Los análisis y trabajo de gabinete estuvo a cargo de un técnico especialista en geología y geotecnia.

Se realizó 03 calicatas en el área de estudio con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico según la Norma ASTM D 2487 y un muestreo de suelo según la Norma ASTM D 420, de las cuales 01 calicata corresponde a la zona de captación en la quebrada Tuya y 02 calicatas en los sectores Tuya – Mataragra. Ver tabla 13 y figura 14.

Tabla 13: *Ubicación de calicatas, sector Tuya – Mataragra*

N°	CALICATA	PROG.	NORTE	ESTE	ALTITUD (m.s.n.m.)
1	C-01	Captación	8 985 740	299 073,4	3 816
2	C-02	3+720	8 987 082	300 521,2	3 644
3	C-03	1+880	8 987 487	2 99475,5	3 628

Fuente: Elaboración propia.

En la calicata C-01 se encontró en la profundidad de los 0,00 m a los 0,50 m un estrato conformado por materia orgánica de color marrón, con presencia de raíces. En la profundidad de 0,40 m a 1,50 m se encontró grava bien gradada (grava 51%, arena 46% y finos 3%), con un contenido de humedad de 9,14 y con ausencia

de agua (nivel freático).

En la calicata C-02 se encontró en la profundidad de 0,00 m a 0,20 m estrato conformado por materia orgánica de color marrón, con presencia de raíces. En la profundidad de 0,20 m a 1,20 m se encontró grava bien gradada (grava 55%, arena 21% y finos 24%), con un contenido de humedad de 5,83 y con ausencia de agua (nivel freático).

En la calicata C-03 se encontró en la profundidad de 0,00 m a 1,20 m un estrato conformado por grava limosa (grava 40%, arena 38% y finos 22%), con un contenido de humedad de 3,92 y con ausencia de agua (nivel freático).

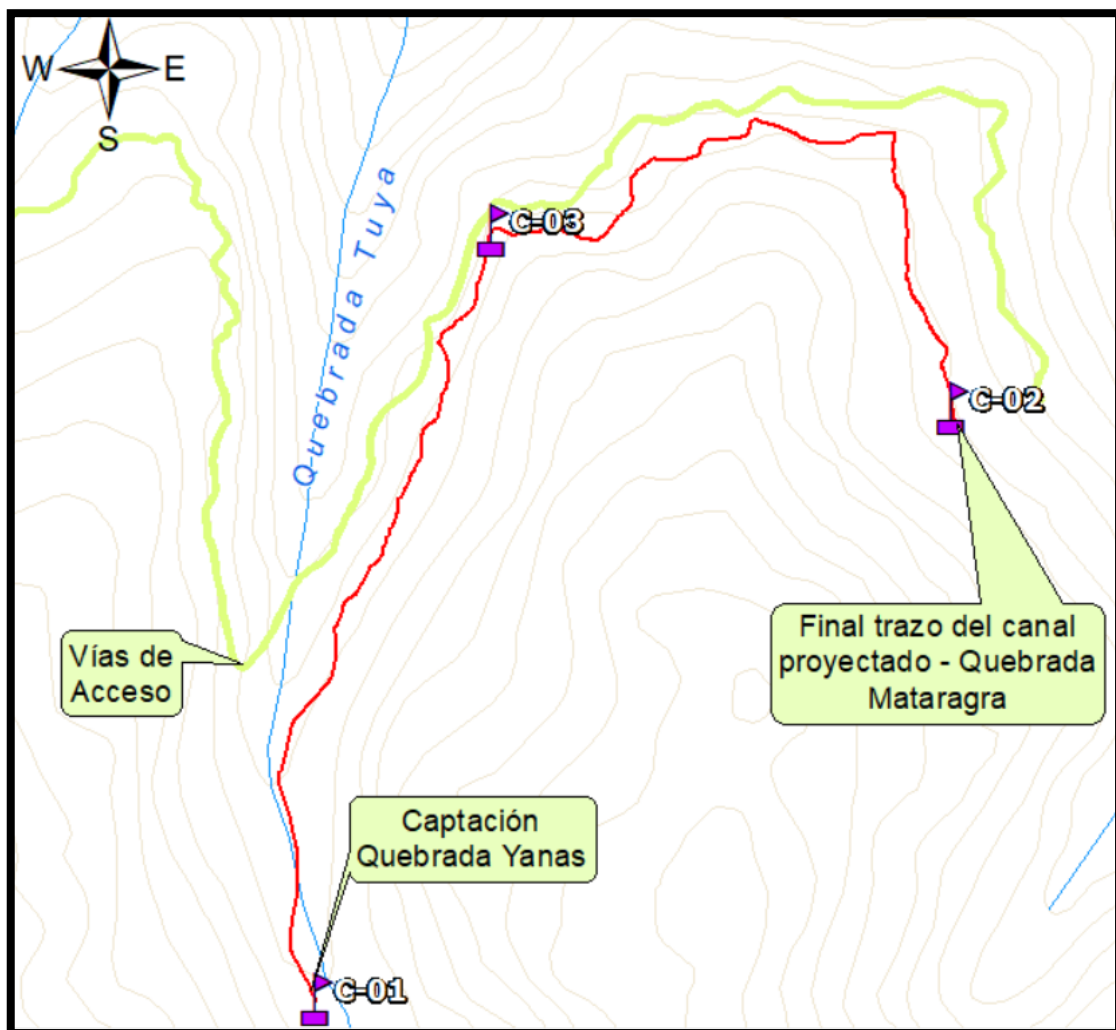


Figura 14: Ubicación de las calicatas (Elaboración propia)

Resultados de laboratorio

Se realizó ensayos de laboratorio con las muestras recogidas de las calicatas C-01, C-02 y C-03, con la finalidad de caracterizar los suelos. Ver tabla 14.

Tabla 14: Resultado de ensayo de suelo de las calicatas C-01, C-02 y C-03

CALICATA	PROG.	PROF.	% GRAVA	% ARENA	% FINOS	CLASIF. SUCS	LIM. LIQUIDO	LIM. PLASTICO	IP	%HUMEDAD
C-01	Captación	1.50	51	46	3	GW	NT	NP	NP	9.14
C-02	3+720	1.50	55.00	21.00	24.00	GC-GM	24.78	19.52	5.26	5.83
C-03	4+260	1.20	40.00	38.00	22.00	GM	34.63	29.80	4.83	3.92

Fuente: Elaborado propia.

Se realizó ensayos de corte directo para determinar los valores de Cohesión (c) y ángulo de rozamiento interno (ϕ), profundidad de cimentación, ancho de cimiento corrido (B), capacidad admisible de carga (q_{adm}), importantes para el diseño de las infraestructuras. Ver tabla 15.

Tabla 15: Resultados de ensayo de corte directo

CALICATA	ESTRUCTURA	PROF. CIMENTACIÓN (Df)	CLASIF SUCS	DENSIDAD g/cm ³	COHESION Kg/cm ²	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA	B (m)	Q admisible (kg/cm ²)
C-01	Captación	1,5	GW	2,18	0	30,75	1,0	2,1

Fuente: Elaboración propia.

También se determinó el valor del asentamiento probable (S_i), siendo para el presente trabajo de investigación un valor de $S_i=0,54$ cm/m que es menor a 2,54 cm (1") que corresponde a un asentamiento diferencial máximo para estructuras de tipo convencional.

Asimismo, se realizaron estudios de agresividad del suelo a cimentar con la finalidad de verificar aquellos agentes agresivos contra el concreto armado, las cuales se aplicaron a las muestras de suelos de la calicata C-01 la cual corresponde a la zona de captación. Ver tabla 16.

Tabla 16: Resultados de agresividad del suelo a cimentar

REPORTE DE RESULTADOS	NORMA NTP	VALORES DE REFERENCIA		RESULTADOS DE ENSAYO	
		%	AGRESIVIDAD	Captación	
				Valor (ppm)	Valor (%)
Iones de Cloruros Solubles en Suelos y Agua subterránea	339.177	<0.15	No	603.5	0.060
Sulfatos Solubles en agua (SO ₄) presente en el suelos y agua subterránea, porcentaje en peso	339.178	0.0-0.1	Insignificante	421.9	0.042
		0.1 -0.2	Moderada		
		0.2-2.0	Severa		
		>2.0	Muy severa		
Sales Solubles Totales en Suelos y Agua subterránea	339.152	≤0.1	No Agresivo	975.0	0.098

Fuente: Elaboración propia.

5.0. Diseño Hidráulico de la Bocatoma (tirolesa)

Se realizó el diseño hidráulico de la toma (bocatoma) de tipo tirolesa (ver Anexo 7), para lo cual se requirió de la siguiente información:

Tabla 17: Datos de la quebrada

Datos de la quebrada Tuya				
Nombre	Variable	Valor	Unidad	
Caudal máximo (avenidas)	Q _{max}	6,552	m ³ /s	
Caudal promedio	Q	0,124	m ³ /s	
Caudal de diseño	Q _d	0,058	m ³ /s	
Ancho del río	B	3,15	m	
Pendiente	S	0,0762	m/m	
Coficiente Manning río	n	0,050		
Proyección horizontal del talud del río	Z	0,00		

Fuente: Elaboración Propia.

Diseño de la rejilla

Para el diseño hidráulico de la rejilla se utilizó la fórmula general de vertedores, además se debe tener presente que sus coeficientes dependen de características que se desarrollaron en el marco teórico (ver figuras del 1 al 4).

Tabla 18: *Diseño de la rejilla*

Resumen del diseño de la rejilla				
Nombre	Variable	Valor	Unidad	
Diseño de la rejilla				
Ancho de la rejilla	B	1,20	m	
Espesor de la pletina de hierro	t_p	1/2	"	
Altura de la pletina de hierro	h_p	2	"	
Separación entre pletinas	a	2,00	cm	
Angulo de inclinación de la rejilla	β	10	°	
Distancia entre los ejes de las barras	b	3,27	cm	
Coeficiente de la rejilla	C	0,3586	-	
Coeficiente de descarga de la rejilla	μ	0,62	-	
Prof. del agua en el borde superior de la rejilla	h	0,0564	m	
Longitud de la toma de rejilla	L	0,40	m	
Verificación de ingreso máximo de agua				
Altura de agua sobre azud para la crecida máxima.	H	1,144	m	
Tirante crítico	Y_{cr}	0,763	m	
Altura de entrada de agua por la rejilla	h	0,694	m	
Caudal máximo de entrada por la rejilla	$Q_{d,max}$	0,263	m ³ /s	
Caudal excedente (para aliviadero lateral)	Q_v	0,205	m ³ /s	

Fuente: Elaboración propia.

Diseño del canal colector

Se muestra la información requerida para el diseño del canal colector.

Tabla 19: *Resumen del diseño del canal colector*

Diseño del canal colector				
Nombre	Variable	Valor	Unidad	
Coeficiente de Manning del canal colector	n	0.014	-	
Pendiente del canal colector	S_o	3.00	-	
Proyección horizontal del talud de colector	Z	0.00	-	
Ancho del canal colector	b_{cc}	0,40	m	
Tirante al inicio	y_i	0,0501	m	
Tirante al final	y_f	0,0793	m	
Área hidráulica	A	0,03	m ²	
Espejo de agua	T	0,40	m	
Velocidad	V	1,83	m/s	
Número de Froude	F	2,07	Flujo Supercrítico	

Fuente: Elaboración propia.

Diseño del Azud (perfil tipo Creager)

El diseño se basó en la teoría proporcionada en el "Bureau of Reclamation de la U.S. Army Corps of Engineers". Se utilizó la forma estándar de vertedero WES que se muestra en la figura 15.

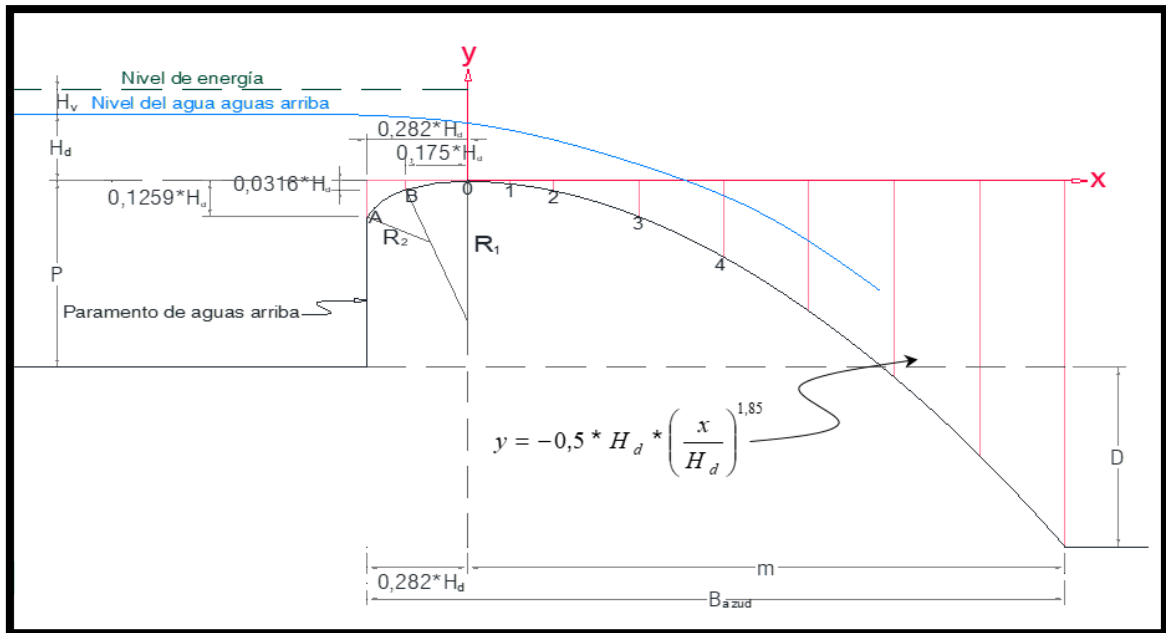


Figura 15: Vista de una forma de vertedero estándar WES (Elaboración propia).

En la tabla 20 se muestra el resumen de los datos para el diseño del azud.

Tabla 20: Datos utilizados para el diseño del Azud

Datos				
Nombre	Variable	Valor	Unidad	
Distancia superior del canal colector	d_s	0.20	m	
Desnivel entre aguas arriba y aguas abajo del perfil tipo Creager	D	0.95	m	
Longitud	L_a	0.50	m	
Longitud	L_b	0.20	m	
Longitud	L_d	0.50	m	
Altura	h_1	0.20	m	
Altura	h_3	0.20	m	
Altura	h_4	1.00	m	
Espesor mínimo del fondo del colector	h_b	0.15	m	
Colchón amortiguador				
Espesor	h_{cal}	0,30	m	
Longitud de salida	L_4	0,30	m	
Aletas de salida				
Aleta izquierda	L_{a2}	1,00	m	
Ángulo izquierdo	θ	45	°	

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó la carga de agua sobre el azud “H_d”:

Tabla 21: Resumen de cálculos para el diseño del Azud

Nombre	Variable	Valor	Unidades
Resumen de cálculos de “H_d”			
Caudal máx. sobre el perfil	Q _{max}	6,552	m ³ /s
Longitud del azud	L _{azud} = B _{río}	3,15	m
Carga de agua	H _d	1,026	m
Resumen de cálculos geométricos			
P	≥ 0,5*H _d	0,60	m
m	= [2 * (P+D) * H _d ^{0,85}] ^{1/1,85}	1,866	m
B _{azud}	= m + 0,282*H _d	2,155	m
Verificación de la relación			
B_{azud} > d_s + b_{cc}			
	2,155 > 0,590	m	CUMPLE
R ₁	0,50*H _d	0,513	m
R ₂	0,20*H _d	0,205	m

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó las coordenadas del perfil tipo Creager:

Tabla 22: Coordenadas del perfil tipo Creager

Punto	%	Δx	x (m)	y (m)
A	-		-0.289	-0.129
B	-		-0.180	-0.032
0	0	0.000	0.000	0.000
1	5	0.093	0.093	-0.006
2	5	0.093	0.187	-0.022
3	10	0.187	0.373	-0.079
4	10	0.187	0.560	-0.167
5	10	0.187	0.746	-0.285
6	10	0.187	0.933	-0.430
7	10	0.187	1.119	-0.602

Punto	%	Δx	x (m)	y (m)
8	10	0.187	1.306	-0.801
9	10	0.187	1.492	-1.026
10	10	0.187	1.679	-1.275
11	10	0.187	1.866	-1.550

Fuente: Elaboración propia.

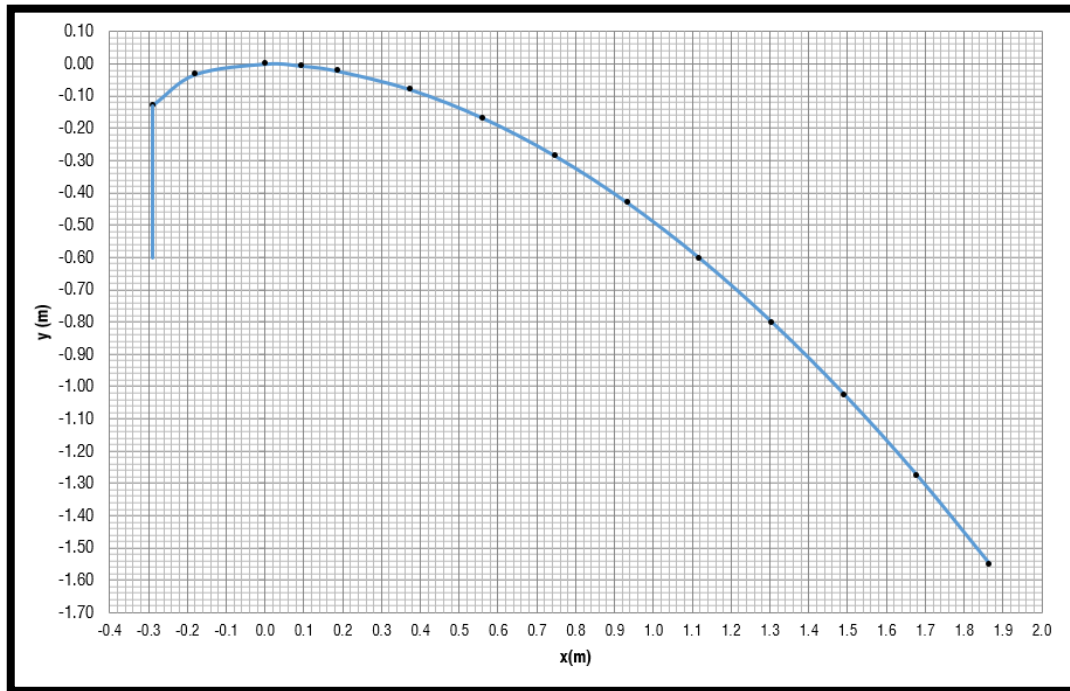


Figura 16: Vista del perfil Tipo Creager (Elaboración propia 2022).

Diseño de la poza disipadora de energía

Se realizó el cálculo del tirante conjugado menor cuyo resumen y resultados se encuentran en la tabla 23.

Tabla 23: Datos y resultados para tirante conjugado menor

Datos y resultados			
Q_{\max}		6,552	m ³ /s
B_{rio}		3,150	m
D		0,950	m
P		0,600	m
y_0	D + P	1,550	m
A_0	$B_{\text{rio}} * y_0$	4,883	m ²
v_0	Q_{\max} / A_0	1,342	m/s
y_1		1,550	m ²

A_1	$Brio \cdot y_1$	4,883	m
T_1	$Brio + 2 \cdot y_1$	6,250	m/s
v_1	Q_{max} / A_1	1,342	
F_1	$v_1 / (g \cdot A_1 / T_1)^{0,5}$	0,485	

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la longitud de la poza, se aplicó fórmulas propuestas por varios autores, tomando al final el promedio de estas. Ver tabla 24.

Tabla 24: Resultados de la longitud de la poza

Longitud de la poza (L_R)			
Fórmula según	Variable	valor	Und.
U.S. Bureau	L_R	1,23	m
Bakimnestev-Martzke	L_R	6,22	m
Lafranetz	L_R	1,38	m
Pavloski	L_R	2,73	m
Pikalov	L_R	9,10	m
Aivasian	L_R	361	m
Chertouson	L_R	8,23	m

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se eligió una longitud de la poza igual a $L_R=4,00$ m, considerando que hay valores cercanos a la unidad se optó una longitud moderada.

Para el cálculo de la profundidad de salida "r", se halló la tirante normal del río que sigue luego de la poza. Ver tabla 25.

Tabla 25: Cálculo de la profundidad de salida "r"

Tirante normal del río luego de la poza		
Variable	Valor	Unidad
Q_{max}	6.5520	m ³ /s
B_{rio}	3.1500	m
Z	0.0000	m
S_r	0.0762	m/m
n	0.0500	
Utilizando la fórmula de Manning		
y_n	0,64	m
Profundidad de salida "r"		
r	$y_2 - y_n \leq D$	
r	$0,33 \leq 0,95$ m	
r = 0,40 m		

Fuente: Elaboración propia.

Determinación de las Subpresiones

Para asegurar la estabilidad de la estructura se determina las subpresiones que actúan sobre la base de la estructura en dirección vertical hacia arriba, debido a la filtración de agua y que será contrarrestada por el peso propio. Para el desarrollo de los cálculos se empleó el Método de Lane en el caso en que el nivel de aguas arriba del barraje presenta misma elevación que la cresta sin la existencia de derrame y el caso en que el vertedero trabaja a caudales máximos.

Tabla 26: Longitudes horizontales y verticales de la sección del barraje

Longitudes verticales y horizontales de la sección			
Ptos	Lv	Ptos	Lh
1-2	0.20	2-3	1.00
3-4	1.05	4-5	0.50
5-6	0.25	6-7	0.76
7-8	0.25	8-9	0.50
11-12	0.70	9-10	4.00
		10-11	0.70
L_{VT}=	2.45 m	L_{HT}=	7.46 m

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso que no exista derrame sobre el barraje, se tiene las siguientes variables para determinar la longitud total de filtración compensada.

Tabla 27: Variables para el cálculo de la longitud de filtración en el caso de sin derrame

Datos para determinar la longitud de filtración necesaria			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Camino de Percolación	S	4.94	m
Cota aguas arriba	Zar	3,792.43	m
Carga hidráulica efectiva a la cabeza del barraje	Δh	0.60	m
Coefficiente de Lane (Grava y presencia de arcilla)	C_L	3.00	

Fuente: Elaboración propia.

Se determina que la longitud total de filtración compensada $L_N = C_L \cdot \Delta h = 1.80$ m es menor a la longitud del camino de percolación $S = 4.94$ m, por lo tanto, no es necesario implementar obras de filtración y se asegura que no se producirá efectos de tubificación.

Posteriormente, se determina las subpresiones mediante la ecuación de Lane

teniendo como resultado en la siguiente tabla 28.

Tabla 28: Subpresiones actuantes por debajo de la base de la estructura

Subpresiones con respecto a L _x						
Ptos	H _x (m)	L _H (m)	L _V (m)	Δh/L	L _x (m)	S _x (kg/m ²)
1	0.60	0.00	0.00	0.33	0.00	600.00
2	0.80	0.00	0.20	0.33	0.20	733.33
3	0.80	1.00	0.20	0.33	0.53	622.22
4	1.85	1.00	1.25	0.33	1.58	1,322.22
5	1.85	1.50	1.25	0.33	1.75	1,266.67
6	1.60	1.50	1.50	0.33	2.00	933.33
7	1.60	2.26	1.50	0.33	2.25	848.89
8	1.85	2.26	1.75	0.33	2.50	1,015.56
9	1.85	2.76	1.75	0.33	2.67	960.00
10	1.85	6.76	1.75	0.33	4.00	515.56
11	1.85	7.46	1.75	0.33	4.24	437.78
12	1.15	7.46	2.45	0.33	4.94	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Se toma los valores de la subpresión actuante en los puntos críticos 9 y 10, por lo que la subpresión en el colchón amortiguador es $S_P = 2951.11 \text{ kg/m}$. El espesor mínimo de la poza disipadora que se debe considerar resulta al igualar el peso propio con la subpresión, dando como valor $h_{col} = 0.30 \text{ m}$.

Para el caso de las máximas avenidas, se tiene las siguientes variables para determinar la longitud total de filtración compensada.

Tabla 29: Variables para el cálculo de la longitud de filtración en el caso de máximo caudal

Datos para determinar la longitud de filtración necesaria				
Nombre	Variable	Valor	Unidades	
Camino de Percolación	S	4.94	m	
Tirante normal del río luego de la poza	y_n	0.64	m	
Cota aguas arriba	Zar	3,792.43	m	
Cota aguas abajo	Zab	3,791.88	m	
Tirante normal del río	y_n	1.63	m	
Diferencia de nivel entre aguas arriba y aguas abajo del barrage	Δh	1.54	m	
Coefficiente de Lane (Grava con presencia de arcilla)	C_L	3.00		

Fuente: Elaboración propia.

Se determina que la longitud total de filtración compensada $L_N = C_L \cdot \Delta h = 4.62 \text{ m}$ es menor a la longitud del camino de percolación $S = 4.94 \text{ m}$, por lo tanto, no es

necesario implementar obras de filtración y se asegura que no se producirá efectos de tubificación.

Posteriormente, se determina las subpresiones mediante la ecuación de Lane teniendo como resultado en la siguiente tabla 30.

Tabla 30: Subpresiones actuantes por debajo de la base de la estructura

Subpresiones con respecto a L_x						
Ptos	$H_x(m)$	$L_H(m)$	$L_V(m)$	$\Delta h/L$	$L_x(m)$	$S_x(kg/m^2)$
1	1.54	0.00	0.00	0.33	0.00	1,538.79
2	1.74	0.00	0.20	0.33	0.20	1,672.13
3	1.74	1.00	0.20	0.33	0.53	1,561.01
4	2.79	1.00	1.25	0.33	1.58	2,261.01
5	2.79	1.50	1.25	0.33	1.75	2,205.46
6	2.54	1.50	1.50	0.33	2.00	1,872.13
7	2.54	2.26	1.50	0.33	2.25	1,787.68
8	2.79	2.26	1.75	0.33	2.50	1,954.35
9	2.79	2.76	1.75	0.33	2.67	1,898.79
10	2.79	6.76	1.75	0.33	4.00	1,454.35
11	2.79	7.46	1.75	0.33	4.24	1,376.57
12	2.09	7.46	2.45	0.33	4.94	443.24

Fuente: Elaboración propia.

Se toma los valores de la subpresión actuante en los puntos críticos 9 y 10, por lo que la subpresión en la poza disipadora es $S_P = 2951.11 \text{ kg/m}$. El espesor mínimo de la poza disipadora que se debe considerar resulta al igualar entre la subpresión y el peso propio de la estructura con el peso del agua sobre la poza, dando como valor $h_{col} = 0.30 \text{ m}$.

Altura de muros

El cálculo de la altura de muros se resume en la siguiente tabla:

Tabla 31: Resultados de la altura de muros

Altura de muros antes del azud			
Variable	Fórmula	Valor	Unidad
BL		0	m
hm1	$P + H_d + BL$	1,70	m
Altura de muros después del azud			
hm2	$y_n + BL$	1,20	m
haz	$hm3 + r$	1,60	m
Desnivel entre muros			
Dm	$D + hm2 - hm3$	1,05	m

Fuente: Elaboración propia.

Diseño del aliviadero para el canal de conducción

Para el presente diseño se realizó el cálculo de los tirantes utilizando la fórmula de Manning.

Tabla 32: Datos, diseño del aliviadero del canal de conducción

Datos			
Borde libre	:	bl	= 0.30 m
Sobre ancho	:	D _b	= 0.01 m
Pendiente del canal de conducción	:	S _{oc}	= 0.0030 m/m
Proyección horizontal del talud de canal	:	Z	= 0.00
Coeficiente de Manning del canal	:	n	= 0.014
Espesor de muros	:	tmc	= 0.15 m
Longitud de canal de conducción	:	L _c	= 1.00 m
Espesor de canal de conducción	:	tc	= 0.10 m

Fuente: Elaboración propia.

En el cálculo del tirante normal se utilizó datos como el caudal de diseño $Q_d = 0,058$ m³/s, $Z = 0,00$ m, $S = 0,003$ m/m, $n = 0,014$ y el $b = b_{cc} + 2*D_b = 0,42$. Se aplicó la fórmula de Manning obteniendo como tirante normal $Y_n = 0,17$ m, con dicho valor se calculó el tirante normal en época de máxima avenida utilizando el valor del tirante normal hallado previamente y el caudal $Q_{d,max} = 0,0263$ m³/s.

Tabla 33: Longitudes y Alturas adicionales del canal de conducción

Longitudes y alturas			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal máximo	$y_{n,max}$	0,58	m
Área	A	0,242	m ²
Espejo de agua	T	1,573	m
Velocidad	V	1,084	m/s
Número de Froud	F	0,882	Flujo Subcrítico
Borde libre	bl	0,12	m
Altura del canal de conducción	h	0,69	m
h_2	$P - h_1$	0,40	m
h_d	$h_i + B*S_o$	0,14	m
h_c	$h_d + L*\text{sen}(\beta)$	0,21	m
h_a	$h_2 + h_3 + h_4 - (h_b + h_c)$	1,24	m
L_c	$B_{azud} - (L_a + 2*L_b + L_d)$	0,76	m

Fuente: Elaboración propia.

5.1. Diseño Estructural de los Muros

Se realizó el diseño estructural de los muros utilizando información que se resume en la tabla 34.

Tabla 34: Información para el diseño estructural de los muros

Datos para diseño estructural			
Definición	Variable	Valor	Unidad
Suelo de relleno			
Angulo de inclinación del nivel de terreno	i	20	°
Tipo de suelo de relleno de relleno		Arena Limosa	
Peso específico del suelo de relleno	γ_s	2,18	kg/m ³
Angulo de fricción interna del relleno	ϕ	30,8	°
Suelo de cimentación			
Tipo de suelo de relleno de cimentación		1. Arcilloso firme, 2. Arcilloso blando, 3. Arenoso	
Capacidad admisible del suelo	σ_s	2,10	kg/cm ²
Coeficiente de fricción	f	0,75	
Concreto			
Recubrimiento lateral	r	0,04	m
Recubrimiento inferior	r	0,075	m
Resistencia a la compresión del concreto	f'_c	210	kg/cm ²
Parámetros para diseño	λ	1,00	
	β_1	0,85	
Para diseño por flexión	ϕ	0,9	
Para diseño por corte	ϕ	0,75	ACI 318S-11: R.9.3.2.3
Acero por flexión en la pantalla	d_{b1}	5/8	"
Acero por flexión en la zapata	d_{b2}	1/2	"
Acero exterior de pantalla	d_{b3}	3/8	"
Acero horizontal	d_{b4}	3/8	"
Peso específico del concreto simple	γ_{cs}	2 300	kg/m ³
Peso específico del concreto reforzado	γ_{cr}	2 400	kg/m ³
Esfuerzo de fluencia del acero	f_y	4 200	kg/cm ²
Sobrecarga	SC	500	kg/m ²

Fuente: Elaboración propia.

Resumen de resultados del análisis estructural

Se muestran los resultados obtenidos producto del análisis estructural, cuyo desarrollo se encuentra en el Anexo 7.

Tabla 35: Resultados del predimensionamiento del muro

Resumen de resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Altura de muros antes del azud	h_{m1}	1,70	m
Profundidad de muro	d_h	0,50	m
Predimensionamiento de la zapata			
Longitud de desarrollo	l_{dc}	34,5	cm
Altura de la zapata	h_z	0,60	m
Altura del muro con cimiento	H	2,80	m
Espesor inferior de la zapata	t_m	0,25	m
Predimensionamiento de la base del cimiento			
Longitud base del cimiento	B_z	2,40	m
Predimensionamiento del espesor inferior de la pantalla			
Espesor inferior de la pantalla	t_m	0,25	m
Predimensionamiento de la longitud de la punta			
Longitud de la punta	L_{ta}	0,60	m
Longitud del talón	L_p	1,55	m
Longitudes adicionales			
$H_t - H$	h_s	0,56	m
-	H_p	2,20	m
-	H	2,80	m
-	H_t	3,36	m

Fuente: Elaboración propia.

Cargas sobre el muro y brazos de palanca

En la figura 17 se muestran las cargas que ejercen fuerza sobre el muro, cuya determinación permitió calcular el valor de dichas cargas con la finalidad de verificar los factores de seguridad por volteo, deslizamiento, así como el chuqueo por excentricidad y capacidad portante. Su cálculo se desarrolla en el Anexo 7.

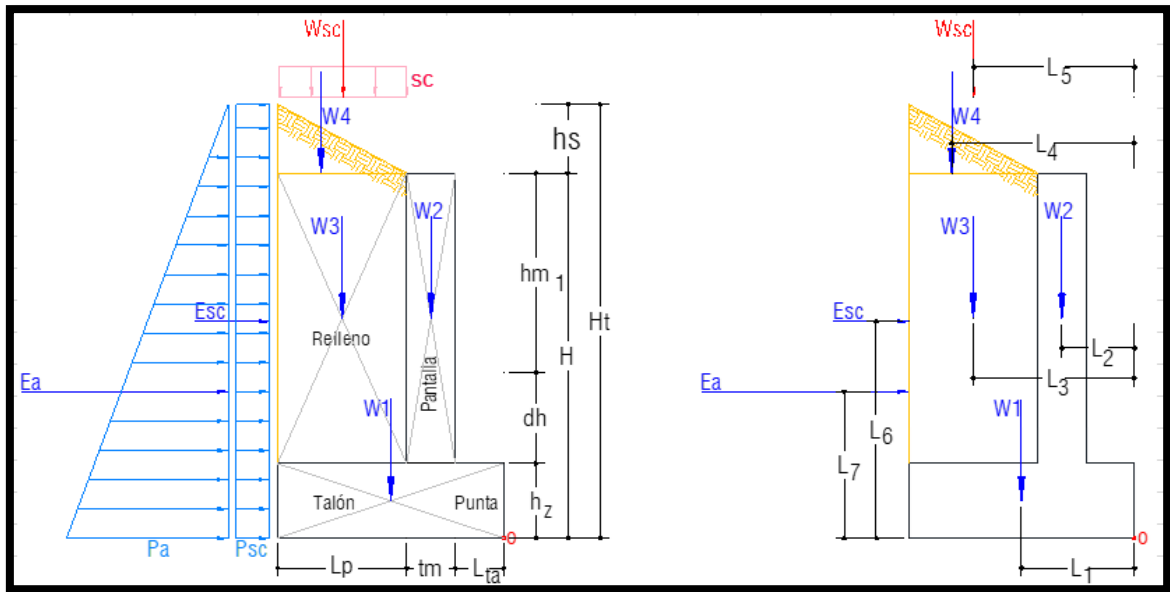


Figura 17: Vista geométrica de las cargas que se ejercen sobre el muro (Elaboración propia).

Estabilidad del muro

Para el análisis de estabilidad del muro se consideró la sobrecarga identificada en la figura 17, cuyos resultados se resumen en la tabla 36.

Tabla 36: Estabilidad del muro, cargas actuantes y resistentes con sobrecarga

Cargas actuantes			
Cargas horizontales	Carga	Brazo	Momento actuante
	(kg)	(m)	(kg*m)
Esc	668,55	1,68	1 124,55
Ea	4 903,02	1,12	5 498,17
ΣF_h	5 571,57	ΣM_a	6 622,72
Cargas resistentes			
Cargas verticales	Carga	Brazo	Momento actuante
	(kg)	(m)	(kg*m)
W1	3 456,0	1,20	4 147,20
W2	1 320,0	0,73	957,00
W3	7 433,8	1,63	12 079,93
W4	953,14	1,88	1 795,08
Wsc	775,0	1,63	1 259,38
ΣF_v	13 937,9	ΣM_r	20 238,58

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados de la tabla 37 se determinó los siguientes factores de seguridad:

Tabla 37: Resultados de la estabilidad del muro con sobrecarga

Nombre	Variable	Valor	Estado
Factor de seguridad por volteo	F.S.V.	3,06	> 2; Se verifica
Factor de seguridad por deslizamiento	F.S.D.	1,90	> 1,5; Se verifica
Chequeo por excentricidad	e	0,223	< 0,40; Se verifica
Chequeo por capacidad portante	q _{n1}	0,58	< 2,10 kg/cm ² ; Se verifica
	q _{n2}	0,58	< 2,10 kg/cm ² ; Se verifica

Fuente: Elaboración propia.

Estabilidad sin considerar la sobrecarga

Se realizó el análisis de estabilidad sin considerar la sobrecarga.

Tabla 38: Estabilidad del muro, cargas actuantes y resistentes, sin sobrecarga

Cargas actuantes			
Cargas horizontales	Carga (kg)	Brazo (m)	Momento actuante (kg*m)
Ea	4 903,02	1,12	5 498,17
ΣF_h	4 903,02	ΣM_a	5 498,17
Cargas resistentes			
Cargas verticales	Carga (kg)	Brazo (m)	Momento actuante (kg*m)
W1	3 456,0	1,20	4 147,20
W2	1 320,0	0,73	957,00
W3	7 433,8	1,63	12 079,93
W4	953,14	1,88	1 795,08
ΣF_v	13 162,9	ΣM_r	18 979,20

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados de la tabla 39 se determinó los siguientes factores de seguridad:

Tabla 39: Resultados de la estabilidad del muro sin sobrecarga

Nombre	Variable	Valor	Estado
Factor de seguridad por volteo	F.S.V.	3,45	> 2; Se verifica
Factor de seguridad por deslizamiento	F.S.D.	2,01	> 1,5; Se verifica
Chequeo por excentricidad	e	0,176	< 0,40; Se verifica
Chequeo por capacidad portante	q _{n1}	0,55	< 2,10 kg/cm ² ; Se verifica
	q _{n2}	0,55	< 2,10 kg/cm ² ; Se verifica

Fuente: Elaboración propia.

Estabilidad considerando cargas de sismo

Se empleó método de Mononobe-Okabe para el cálculo de cargas sísmicas que desarrolla el suelo y actúa sobre los muros de contención.

Tabla 40: Factores sísmicos, ángulo de fricción y del muro

Nombre	Variable	Valor	Unidad
Factor de Zona	Z	0,25	
Factor del Suelo – Perfil S2	S	1,20	
Categoría de edificaciones- Edificaciones comunes	U	1,00	
Factor pseudo estático horizontal	k _H	0,30	
Factor pseudo estático vertical	K _V	0,20	
Ángulo de fricción interna del suelo	ϕ	30,80	°
Ángulo entre la superficie del suelo con la horizontal	i	20,00	°
Ángulo de fricción entre el muro y el suelo	δ	15,40	°
Ángulo entre la pared interior del muro con la vertical	Θ	0,00	°

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre el ángulo de fricción interna y el ángulo entre la superficie del

suelo con la horizontal es $10,80^\circ$, y el valor de ψ es $10,80^\circ$ para cumplir la condición $\phi - i \geq \psi$.

Con los datos anteriores se determina el coeficiente dinámico de presión de suelo activo, resultando $k_{AE} = 1.00$, calculándose el empuje activo total $P_{AE} = 6849,33$ kg/m. Se muestra a continuación la siguiente tabla con los valores del empuje activo estático calculado con el método de Coulomb y el empuje dinámico debido al sismo.

Tabla 41: *Empuje Activo Total y sus componentes*

Nombre	Variable	Valor	Unidad
Empuje de componente estático	P_A	4911.84	Kg/m
Empuje Activo Total	P_{AE}	6849.33	Kg/m
Empuje de componente dinámico	ΔP_{AE}	1937.50	Kg/m

Fuente: Elaboración propia.

Se realiza el análisis de estabilidad debido al volteo y al desplazamiento, se determina los momentos debido a los empujes y al peso del muro.

Tabla 42: *Momentos actuantes y resistentes*

Momentos actuantes			
Nombre	Variable	Valor	Estado
Empuje lateral debido a la sobrecarga	M_{LSC}	780.41	Kg*m
Empuje activo del suelo	M_{AS}	4584.38	Kg*m
Empuje debido al sismo	M_S	3254.99	kg*m
ΣM_A		8619.78	kg*m
Momentos resistentes			
Peso del muro	M_{PP}	18979.20	Kg*m
Empuje debido a la sobrecarga	M_{SC}	1259.38	Kg*m
ΣM_R		20238.58	kg*m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43: Fuerzas actuantes y resistentes

Fuerzas actuantes			
Nombre	Variable	Valor	Estado
Empuje lateral debido a la sobrecarga	F_{LSC}	557.43	Kg*m
Empuje activo del suelo	F_{AS}	4911.84	Kg*m
Empuje debido al sismo	F_S	1937.50	kg*m
ΣF_A		7406.77	kg*m
Fuerzas resistentes			
Peso del muro	F_{PP}	9872.20	Kg*m
Empuje debido a la sobrecarga	F_{SC}	775.00	Kg*m
ΣF_R		10647.20	kg*m

Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene los Factores de Seguridad debido al volteo y deslizamiento respectivamente, verificándose que cumple de acuerdo a la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.

Tabla 44: Resultados de la estabilidad del muro considerando cargas de sismo

Nombre	Variable	Valor	Estado
Factor de seguridad por volteo	F.S.V.	2,35	> 1.5; Se verifica
Factor de seguridad por deslizamiento	F.S.D.	1,44	> 1,25; Se verifica

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de la pantalla

Se realizó el análisis estructural del diseño de la pantalla, para ello se consideró el análisis de la presión de la sobrecarga, la presión del suelo, determinar los brazos de palanca, calcular el momento flector máximo y la fuerza cortante máxima (ver figura 18). Se utilizó como material de consulta el “Reglamento para Concreto estructural” (ACI 318S-2011: 9.2.5 y 9.2.1).

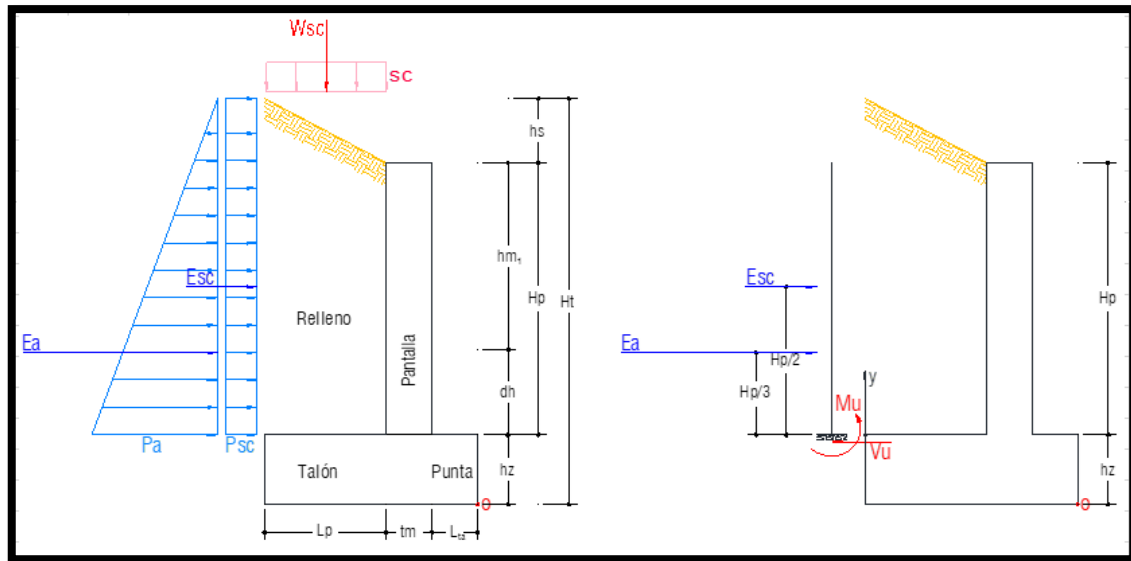


Figura 18: Cargas y momentos presentes en el diseño de la pantalla (Elaboración propia).

Se realizó el cálculo de las cargas que ejercen fuerza sobre la pantalla (ver figura 18). Con los valores obtenidos se calculó el momento flector y cortante que producen las cargas en conjunto con el brazo de palanca.

Tabla 45: Resumen del análisis estructural del diseño de la pantalla

Variable	Fórmula	Valor	Unidad
Presión de la sobrecarga			
Psc	$K_a * S_c$	198,73	kg/m ²
Esc	$P_{sc} * (H_p + h_s) * b_w$	549,31	kg
Presión del suelo			
Pa	$K_a * \gamma_s * (H_p + h_s)$	2 394,99	kg/m ²
Ea	$P_{a/2} * (H_p + h_s) * b_w$	3 310,07	kg
Brazos de palanca			
dsc	$H_p/2$	1,10	m
da	$H_p/3$	0,73	m
Momento flector máximo (ACI 318-2011: 9.2.5)			
$M_{u,max}$	$1,6 * (Esc * dsc + Ea * da)$	4 850,60	kg*m
Fuerza cortante máximo (ACI 318-2011: 9.2.1.)			
$V_{u,max}$	$1,6 * (Esc + Ea)$	6 175,00	kg

Fuente: Elaboración propia.

Este resultado nos permite determinar el acero vertical principal (interior), el acero vertical exterior, el acero horizontal y realizar el chequeo por corte. Los resúmenes de estos resultados se muestran en la tabla 46 y su desarrollo se incluye en el Anexo 7.

Tabla 46: Resultados del análisis estructural de la pantalla

Nombre	Variable	Valor	Estado
Acero vertical principal (interior) "A_{si}"			
Acero por flexión	A_{sf}	6,60	cm ²
Acero mínimo	$A_{s,min}$	6,74	cm ²
Acero interior por flexión	A_{si}	6,74	cm ²
Espaciamiento	S	0,25	m
\emptyset 5/8" @ 0,25 m ACERO VERTICAL INTERIOR (PRINCIPAL)			
Acero vertical exterior "A_{se}"			
Acero mínimo	$A_{s,min}$	3,00	cm ²
Espaciamiento	S	0,25	m
\emptyset 3/8" @ 0,25 m ACERO VERTICAL EXTERIOR			
Acero horizontal			
Cuantía mínima	$A_{s,t}$	5,00	cm ²
Acero en la corona (exterior)	\emptyset 3/8" @ 0,20 m ACERO HORIZONTAL		
Acero en la corona (interior)	\emptyset 3/8" @ 0,20 m ACERO HORIZONTAL		
Acero en el tramo inferior (exterior)	\emptyset 3/8" @ 0,20 m ACERO HORIZONTAL		
Acero en el tramo inferior (interior)	\emptyset 3/8" @ 0,20 m ACERO HORIZONTAL		
Chequeo por corte			
Cortante actuante	$V_{u,max}$	6 175,0	kg
Cortante resistente	$\emptyset V_c$	11 639,45	kg
$\emptyset V_c \geq V_{u,max} \rightarrow$ Se cumple lo propuesto			

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Diseño de vertedero rectangular

Para el diseño del vertedero rectangular se utilizó el software HCanales; con ello, se determinó el valor de la carga sobre el vertedero (h), para ello se realizó iteraciones hasta obtener el caudal de diseño que es igual a $Q_d = 0,058 \text{ m}^3/\text{s}$. Ver tabla 47.

Tabla 47: Datos de diseño del vertedero rectangular

Datos y resultado de la carga sobre el vertedero			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	0,058	m ³ /s
Longitud de cresta	L	0,40	m
Número de contracciones	n	0	-
Coeficiente de descarga	Cd	1,84	-
Carga sobre el vertedero	h	0,178	m

Fuente: Elaboración propia.

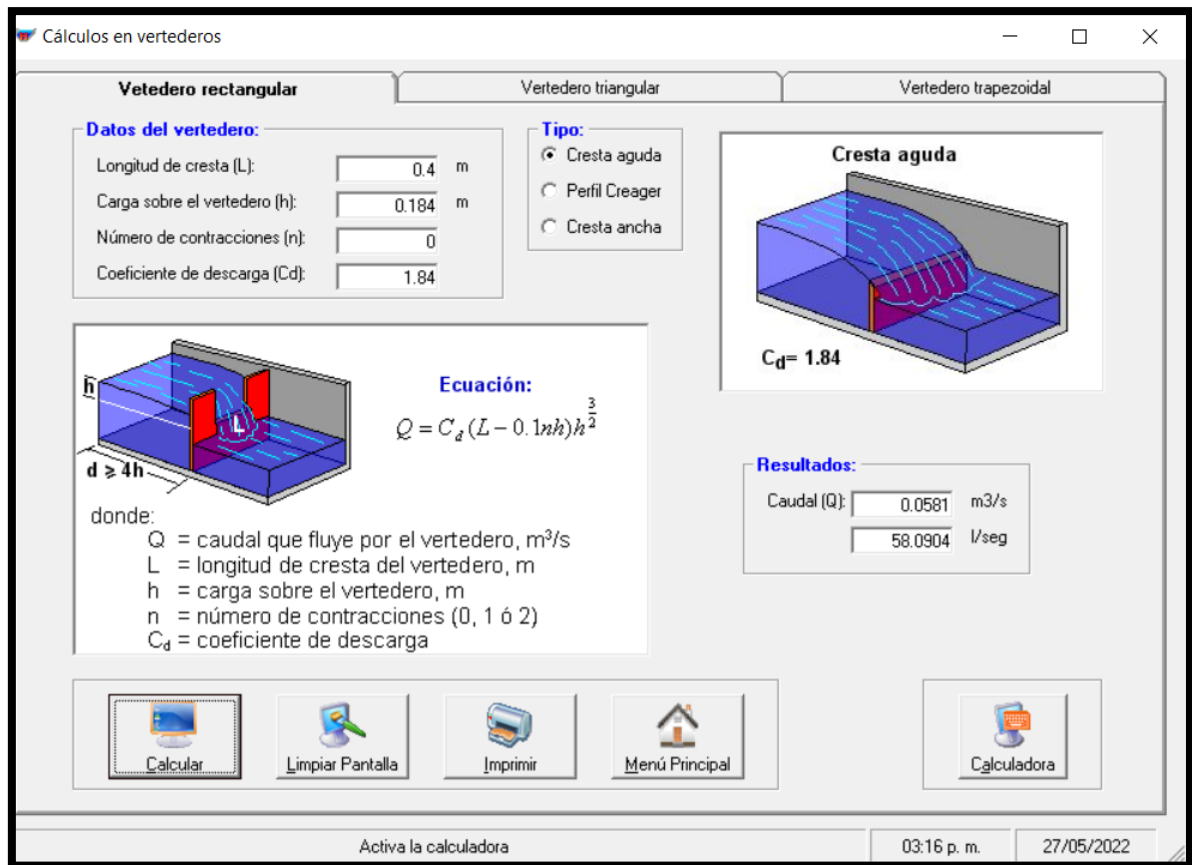


Figura 19: Vista de cálculo de carga sobre el vertedero en HCanales (Elaboración propia).

Tabla 48: Resultado de cargas y caudales para el vertedero rectangular

N	Carga sobre vertedero		Caudal	
	h		Q	
	(m)	(mm)	(m³/s)	(l/s)
1	0.010	10	0.0007	0.7
2	0.020	20	0.0021	2.1
3	0.030	30	0.0038	3.8
4	0,040	40	0,0059	5,9
5	0,050	50	0,0082	8,2
6	0,060	60	0,0108	10,8
7	0,070	70	0,0136	13,6
8	0,080	80	0,0167	16,7
9	0,090	90	0,0199	19,9
10	0,100	100	0,0233	23,3
11	0,110	110	0,0269	26,9
12	0,120	120	0,0306	30,6
13	0,130	130	0,0345	34,5
14	0,140	140	0,0386	38,6
15	0,150	150	0,0428	42,8

N	Carga sobre vertedero		Caudal	
	h		Q	
	(m)	(mm)	(m ³ /s)	(l/s)
16	0,160	160	0,0471	47,1
17	0,170	170	0,0516	51,6
18	0,180	180	0,0562	56,2
19	0,184	184	0,0581	58,1
20	0,190	190	0,0610	61,0
21	0,200	200	0,0658	65,8
22	0,210	210	0,0708	70,8
23	0,220	220	0,0759	75,9
24	0,230	230	0,0812	81,2
25	0,240	240	0,0865	86,5
26	0,250	250	0,0920	92,0
27	0,260	260	0,0976	97,6
28	0,270	270	0,1033	103,3
29	0,280	280	0,1090	109,0
30	0,290	290	0,1149	114,9
31	0,300	300	0,1209	120,9

Fuente: Elaboración Propia.

5.2. Diseño Hidráulico del Desarenador

Una captación de tipo tirolesa requiere necesariamente de un desarenador, para lo cual se utilizó los siguientes datos. Ver tabla 49.

Tabla 49: Datos requeridos para el diseño hidráulico del desarenador

Datos para el diseño hidráulico del desarenador			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Datos de campo			
Caudal promedio	Q	0,058	m ³ /s
Caudal en época de avenidas	Q _{max}	0,0667	m ³ /s
Peso específico del material a sedimentar	ρ _s	2 600	kg/m ³
Peso específico del agua turbia	ρ _w	1 030	kg/m ³
Diámetro de partículas a sedimentar	d	0,00025	m
Datos de canales			
Canal de entrada	b	0,40	m
	h	0,55	m
	z	0,00	m
	y _{max}	0,30	m
Canal de salida	b	0,40	m
	h	0,55	m
	z	0,00	m
	y _n	0,08	m
Datos de diseño			

Profundidad	d_d	0,68	$m \geq y_{max}$
Profundidad adicional	ΔZ	0,00	m
Pendiente del fondo del desarenador	S	0,10	%
Coeficiente de descarga para aliviadero	C_d	1,6	-

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos descritos en el recuadro anterior se realizó los cálculos respectivos para diseño hidráulico y dimensionamiento del desarenador. En ese sentido se presenta el resumen de los resultados obtenidos, cuyo desarrollo se encuentra en el Anexo 7.

Tabla 50: Resumen del diseño hidráulico del desarenador

Nombre	Variable	Valor	Unidad
Velocidad de flujo	V_H	0,22	m/s
Velocidad de caída	V_d	0,071	m/s
Velocidad vertical de reducción	w	0,033	m/s
Dimensiones del tanque			
Profundidad	D_d	0,68	m
Longitud del desarenador	L_d	2,65	m
Ancho del desarenador	w	1,00	m

Fuente: Elaboración propia.

Diseño del aliviadero

Para el diseño del aliviadero se trabajó con un caudal $Q = 0,058 \text{ m}^3/\text{s}$ y un caudal máximo $Q_{max} = 0,0667 \text{ m}^3/\text{s}$. Se aplicó la ecuación del vertedero obteniendo como resultado una carga sobre el vertedero $h_v = 0,040 \text{ m}$ y una longitud del vertedero $L_v = 0,70 \text{ m}$.

Transiciones

Longitud de transición en la entrada " L_{Te} " se calculó teniendo en consecuencia el ángulo que forman los espejos de agua $\alpha = 12,5^\circ$, para lo cual se estima que se conseguirán pérdidas de carga mínimas en transición. Para un Canal de entrada con un ancho de plantilla $b = 0,40 \text{ m}$; un ancho superior $B = 0,40$; un taludo de $Z = 0,00 \text{ m}$; un tirante de agua igual a $y = 0,30 \text{ m}$ y una base mojada $T = 0,40 \text{ m}$, se obtuvo una $L_{Te} = 1,40 \text{ m}$. Del mismo modo se determinó el valor de la Longitud de transición de salida $L_{Ts} = 1,40 \text{ m}$.

Diseño de la compuerta de lavado

Se aplicó la fórmula de caudal " $Q = C_d * A_0 * \sqrt{2 * g * h}$ ", así como la velocidad de salida en la compuerta " $V = Q/A_0$ ", obteniéndose como resultado un caudal $Q = 0,0667 \text{ m}^3/\text{s}$ y una velocidad $V = 2,1 \text{ m/s}$, la cual según lo recomendado debe ser menor a 5 m/s , lo cual se cumple.

También se calculó el valor de la carga sobre la compuerta $h_c = 0,10 \text{ m}$ y el ancho de la compuerta $b_c = 0,40 \text{ m}$.

Reemplazando en la ecuación del caudal se tiene:

Diseño estructural del desarenador

Para el análisis estructural se consideró los siguientes datos:

Tabla 51: Datos para el análisis estructural del aliviadero

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Espesor del muro	t_m	0,15	m
Espeso de solera	t_b	0,15	m
Ancho de solera	b	1,00	m
Talud	Z	0,0	-
Peso unitario del suelo	γ_s	2 180	m
Peso unitario del suelo saturado	γ_{sat}	0	kgf/m^3
Peso unitario del agua	γ_w	998	kgf/m^3
Profundidad del suelo	h_{ns}	0,0	m
Profundidad del nivel freático	h_{nf}	0,0	m
Ángulo de fricción interna del suelo	ϕ	20	°
Descripción del suelo debajo del canal	Arenas arcillosas (SC)		
Sobrecarga	SC	500	kgf/m^2
Peso unitario del concreto	γ_c	2 300	kgf/m^3
Resistencia del concreto a la compresión	f'_c	210	kgf/cm^2
Esfuerzo de fluencia del refuerzo	f_y	4 200	kgf/cm^2
Refuerzo del muro – Cara 1			
Refuerzo por flexión	$d_{b1,m}$	3/8	pulg
Refuerzo longitudinal	$d_{bl,m}$	3/8	pulg
Recubrimiento	$r_{1,m}$	4,0	cm
Refuerzo de la solera – Cara 2			
Refuerzo por flexión	$d_{b2,s}$	3/8	pulg
Refuerzo longitudinal	$d_{bt,s}$	3/8	pulg
Recubrimiento	$r_{2,s}$	2,0	cm

Fuente: Elaboración propia.

Con ello, se realizó el análisis estructural de la infraestructura en cuestión, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 52: Resultados del análisis estructural el desarenador

Resumen de resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Resistencia del muro sin refuerzo			
Resistencia del concreto a tracción	ft	9,42	kgf/cm ²
Cara 1: Momento Flector	Mm1	398,769	kgf*m
Cara 1: Esfuerzo máximo por flexión	σ_{max1}	10,63	kgf/cm ²
Cara 1: Resultado	La cara 1 requiere refuerzo por flexión (canal vacío)		
Cara 2: Momento Flector	Mm2	0,00	kgf*m
Cara 2: Esfuerzo máximo por flexión	σ_{max2}	0,00	kgf/cm ²
Cara 2: Resultado	La cara 2 no requiere refuerzo por flexión		
Resistencia de la solera sin refuerzo			
Resistencia del concreto a tracción	ft	9,42	kgf/cm ²
Cara 1: Momento Flector	Ms1	398,769	kgf*m
Cara 1: Esfuerzo máximo por flexión	σ_{max1}	10,63	kgf/cm ²
Cara 1: Resultado	La cara 1 de la solera requiere refuerzo por flexión		
Cara 2: Momento Flector	Ms2	0,00	kgf*m
Cara 2: Esfuerzo máximo por flexión	σ_{max2}	0,00	kgf/cm ²
Capa 2: Resultado	La cara 2 de la solera no requiere refuerzo por flexión		
Diseño del refuerzo del muro			
Esfuerzo cortante actuante	τ	0,94	kgf/cm ²
Esfuerzo cortante permisible	τ_{perm}	4,20	kgf/cm ²
Cara 1: Momento de diseño	Mm1	39 876,85	kgf/cm ²
Cara 1: Acero por flexión	As1	2,42	cm ²
Cara 1: Acero mínimo por flexión	As,min1	2,75	cm ²
Cara 1: Acero por temperatura	As,temp1	1,98	cm ²
Cara 1: Distribución transversal	\emptyset 3/8 pulg @ 0.20		m
Cara 1: Distribución longitudinal	\emptyset 3/8 pulg @ 0.20		m
Diseño del refuerzo de la solera			
Esfuerzo cortante actuante	τ	0,15	kgf/cm ²

Resumen de resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Esfuerzo cortante permisible	τ_{perm}	4,20	kgf/cm ²
Cara 1: Momento de diseño	Ms1	0,00	kgf*cm
Cara 1: Acero por flexión	As2	0,00	cm ²
Cara 1: Acero mínimo por flexión	As,min2	3,25	cm ²
Cara 1: Acero por temperatura	As,temp2	2,34	cm ²
Cara 1: Distribución transversal	\varnothing 3/8 pulg @ 0.20		m
Cara 1: Distribución longitudinal	\varnothing 3/8 pulg @ 0.20		m

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados obtenidos se determinó que solo se aplicará un refuerzo de acero en la cara 1 del muro y en la cara 2 de la solera con una distribución longitudinal de \varnothing 3/8" @ 0.20 m. (Ver figura).

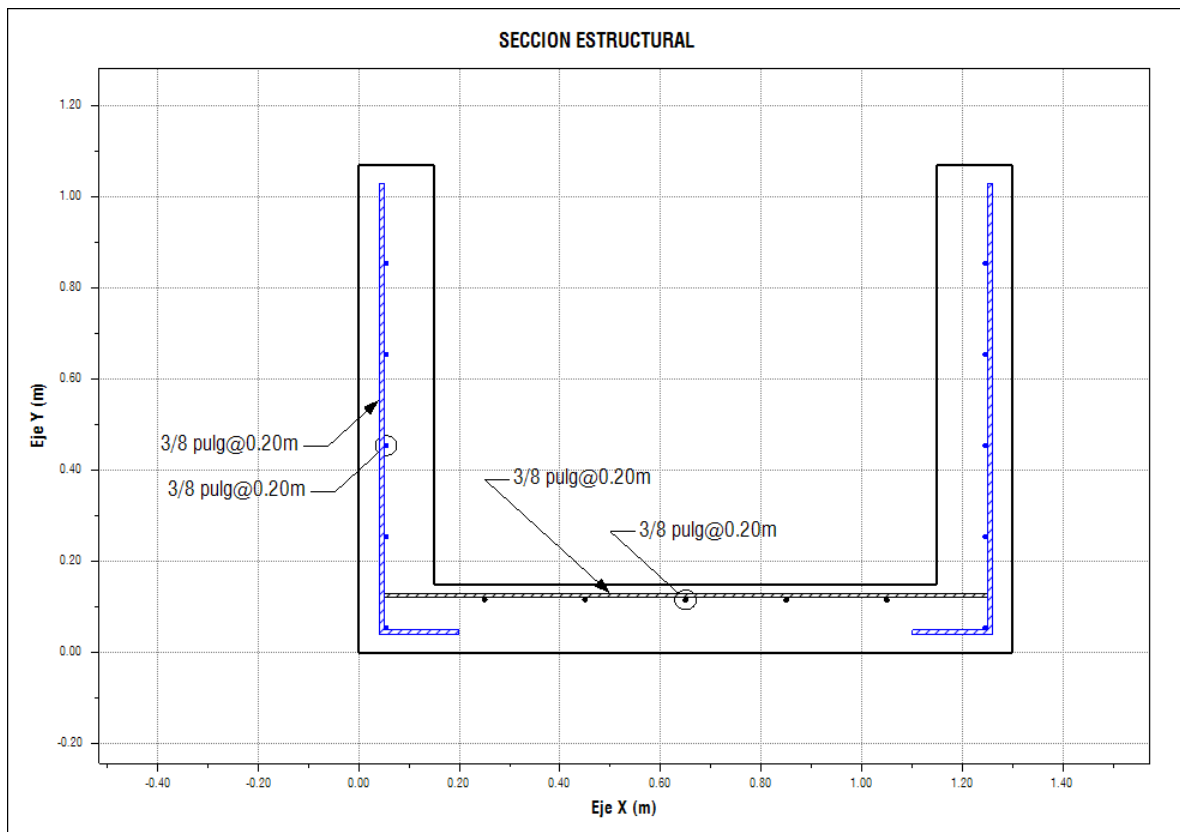


Figura 20: Sección estructural del aliviadero (Elaboración propia).

5.3. Diseño de la línea de conducción

Para el diseño de la línea de conducción se consideró el proyecto que se encuentra a nivel de pre-inversión en la zona aguas abajo de la quebrada Mataragra, la cual contempla la implementación de líneas de conducción de tubería PVC. En ese sentido, con la finalidad de dar un mejor soporte y facilidad de integración con otros proyectos, el presente trabajo de investigación plantea el diseño de una línea de conducción de tubería PVC. Está conformado por 17 tramos de tubería, las cuales se han determinado en base a los cambios de pendiente; además, se implementó cámaras de carga e inspección a lo largo de la línea de conducción con finalidad de brindar mantenimiento y soporte a la operación (Ver Anexo 8).

Se muestra los datos utilizados y los resultados para cada uno de los tramos que corresponde a la línea de conducción de tubería PVC de diámetros 250 - 315 mm.

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 1 (Progresiva 0+031,18 – 0+160 Km), se tiene:

Tabla 53: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 1

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 0+031,18 – 0+160 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coeficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0470	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 54: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 1

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,098	m
Relación yn/D	yn/D	0,413	-
Número de Froude	F	3,948	-
Velocidad	v	3,359	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0173	m ²
Espejo de agua	T	0,2339	m
Perímetro mojado	p	0,3315	m
Radio hidráulico	R	0,0521	m

Fuente: Elaboración propia.

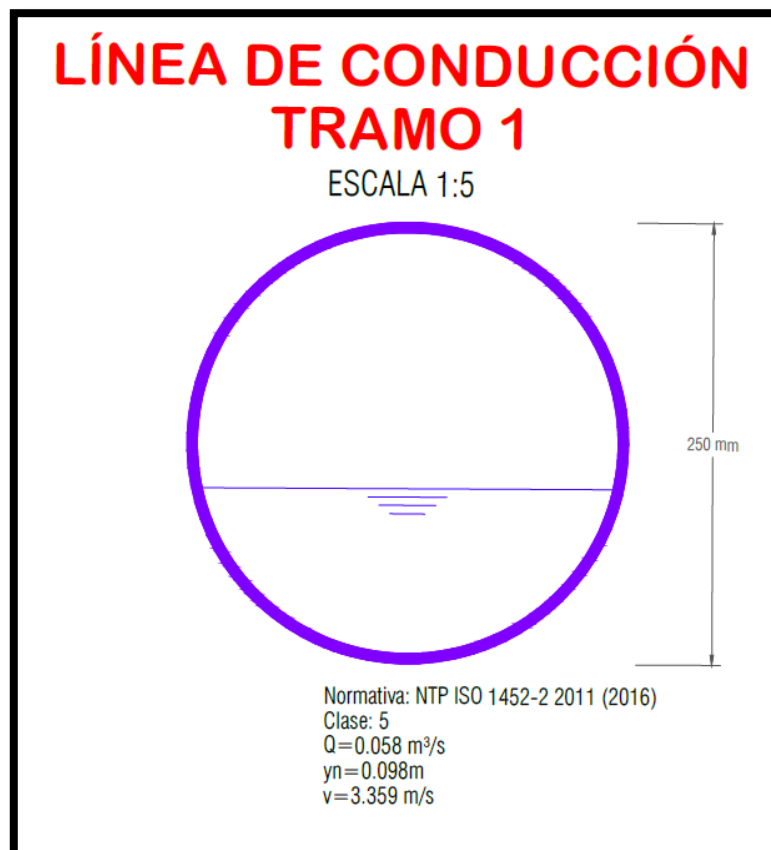


Figura 21: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 1

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 2 (Progresiva 0+160 – 0+335 Km), se tiene:

Tabla 55: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 2

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 0+160 – 0+335 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0073	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 56: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 2

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,177	m
Relación yn/D	yn/D	0,745	-
Número de Froude	F	1,263	-
Velocidad	v	1,637	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0354	m ²
Espejo de agua	T	0,2071	m
Perímetro mojado	p	0,4950	m
Radio hidráulico	R	0,0716	m

Fuente: Elaboración propia.

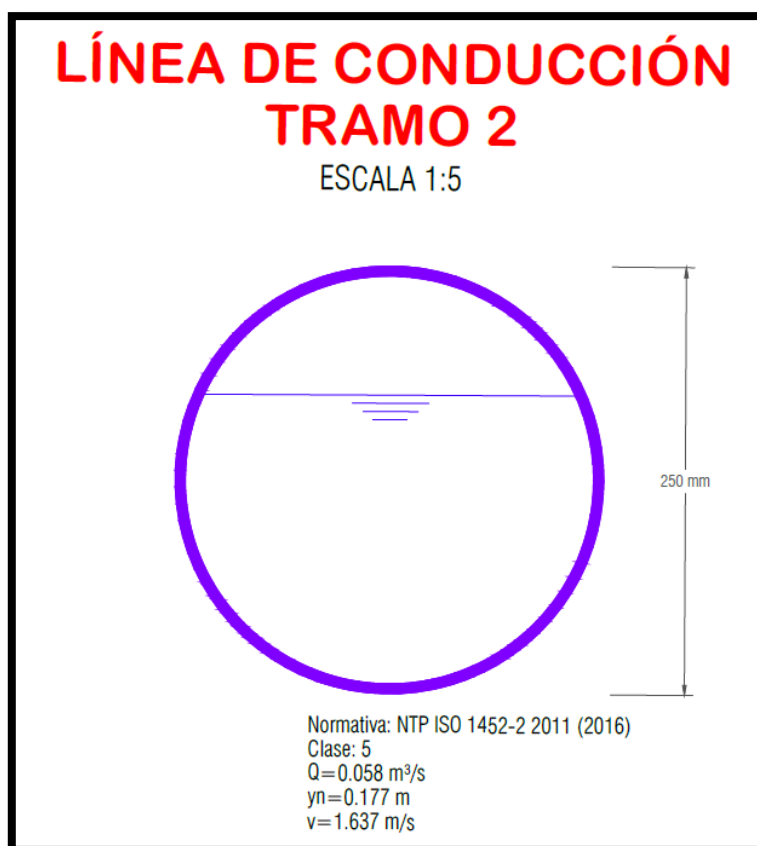


Figura 22: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 2

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 3 (Prog. 0+335 – 0+420 Km), se tiene:

Tabla 57: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 3

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 0+335 – 0+420 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coeficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0562	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 58: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 3

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,093	m
Relación yn/D	yn/D	0,393	-
Número de Froude	F	4,337	-
Velocidad	v	3,586	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0162	m ²
Espejo de agua	T	0,2321	m
Perímetro mojado	p	0,3220	m
Radio hidráulico	R	0,0502	m

Fuente: Elaboración propia.



Figura 23: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 3

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 4 (Prog. 0+420 – 0+850 Km), se tiene:

Tabla 59: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 4

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 0+420 – 0+850 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0361	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 60: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 4

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,106	m
Relación yn/D	yn/D	0,444	-
Número de Froude	F	3,429	-
Velocidad	v	3,049	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0190	m ²
Espejo de agua	T	0,2361	m
Perímetro mojado	p	0,3466	m
Radio hidráulico	R	0,0549	m

Fuente: Elaboración propia.

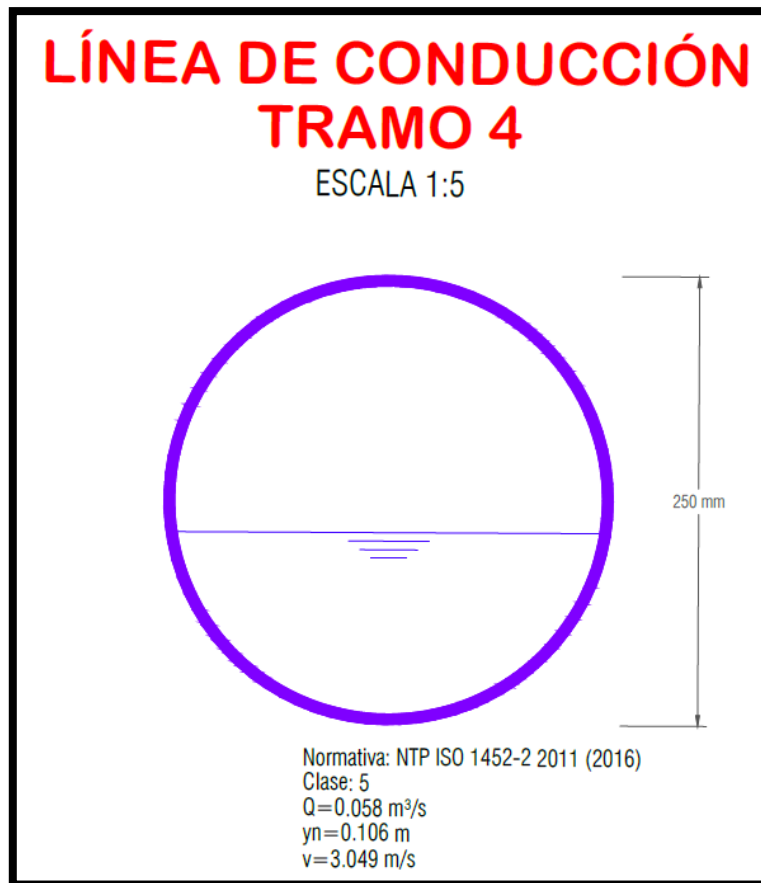


Figura 24: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 4

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 5 (Prog. 0+850 – 1+045 Km), se tiene:

Tabla 61: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 5

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 0+850 – 1+045 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coeficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0875	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 62: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 5

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	y_n	0,083	m
Relación y_n/D	y_n/D	0,349	-
Número de Froude	F	5,453	-
Velocidad	v	4,211	m/s
Tirante crítico	y_c	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0138	m ²
Espejo de agua	T	0,2265	m
Perímetro mojado	p	0,3003	m
Radio hidráulico	R	0,0459	m

Fuente: Elaboración propia.

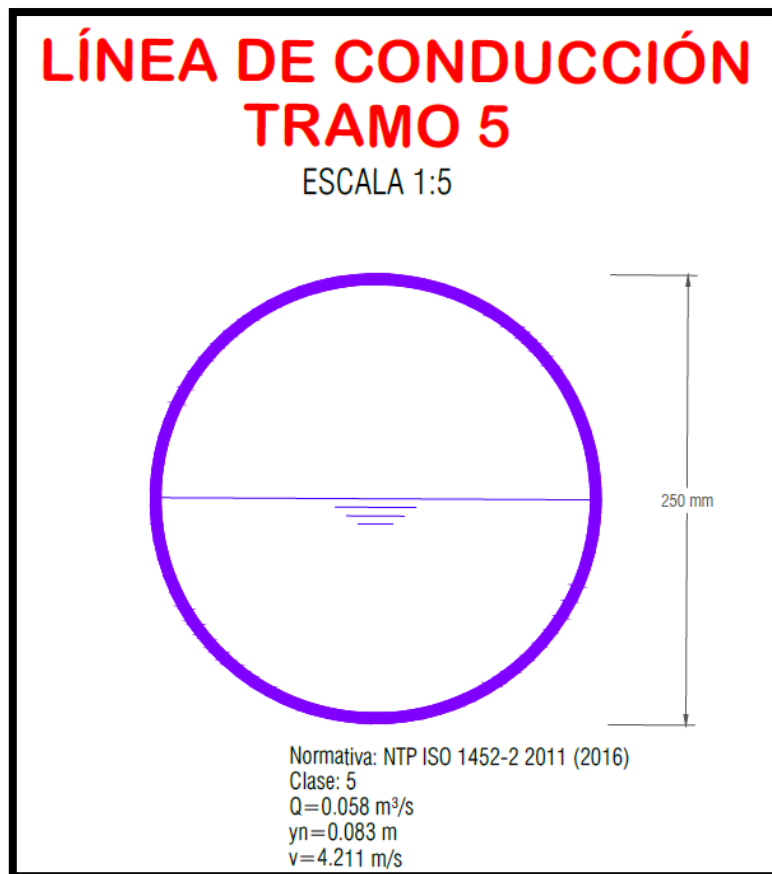


Figura 25: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 5

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 6 (Prog. 1+045 – 1+235 Km), se tiene:

Tabla 63: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 6

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+045 – 1+235 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0332	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 64: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 6

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,108	m
Relación yn/D	yn/D	0,455	-
Número de Froude	F	3,277	-
Velocidad	v	2,956	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0196	m ²
Espejo de agua	T	0,2366	m
Perímetro mojado	p	0,3517	m
Radio hidráulico	R	0,0558	m

Fuente: Elaboración propia.



Figura 26: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 6

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 7 (Prog. 1+235 – 1+335 Km), se tiene:

Tabla 65: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 7

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+235 – 1+335 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0986	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 66: Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 7

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,080	m
Relación yn/D	yn/D	0,338	-
Número de Froude	F	5,795	-
Velocidad	v	4,397	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0132	m ²
Espejo de agua	T	0,2248	m
Perímetro mojado	p	0,2949	m
Radio hidráulico	R	0,0447	m

Fuente: Elaboración propia.

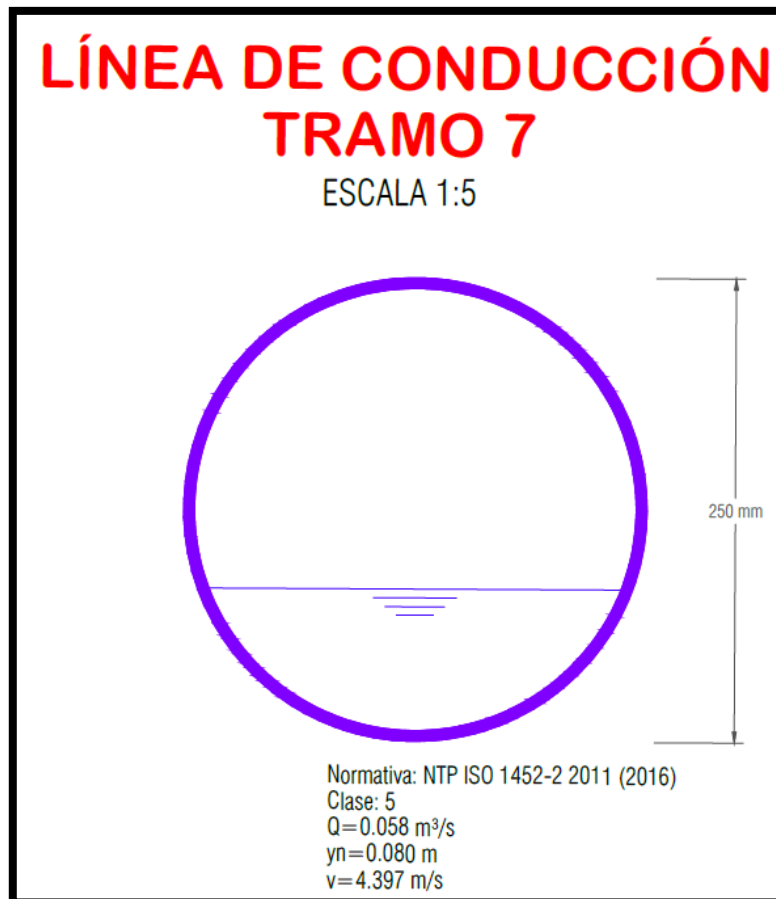


Figura 27: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 7

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 8 (Prog. 1+335 – 1+415 Km), se tiene:

Tabla 67. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 8

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+335 – 1+415 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0673	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 68. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 8

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,089	m
Relación yn/D	yn/D	0,374	-
Número de Froude	F	4,764	-
Velocidad	v	3,830	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0151	m ²
Espejo de agua	T	0,2300	m
Perímetro mojado	p	0,3128	m
Radio hidráulico	R	0,0484	m

Fuente: Elaboración propia.



Figura 28: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 8

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 9 (Prog. 1+415 – 1+570 Km), se tiene:

Tabla 69. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 9

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+415 – 1+570 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0169	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 70. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 9

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,132	m
Relación yn/D	yn/D	0,555	-
Número de Froude	F	2,238	-
Velocidad	v	2,294	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0253	m ²
Espejo de agua	T	0,2361	m
Perímetro mojado	p	0,3996	m
Radio hidráulico	R	0,0633	m

Fuente: Elaboración propia.

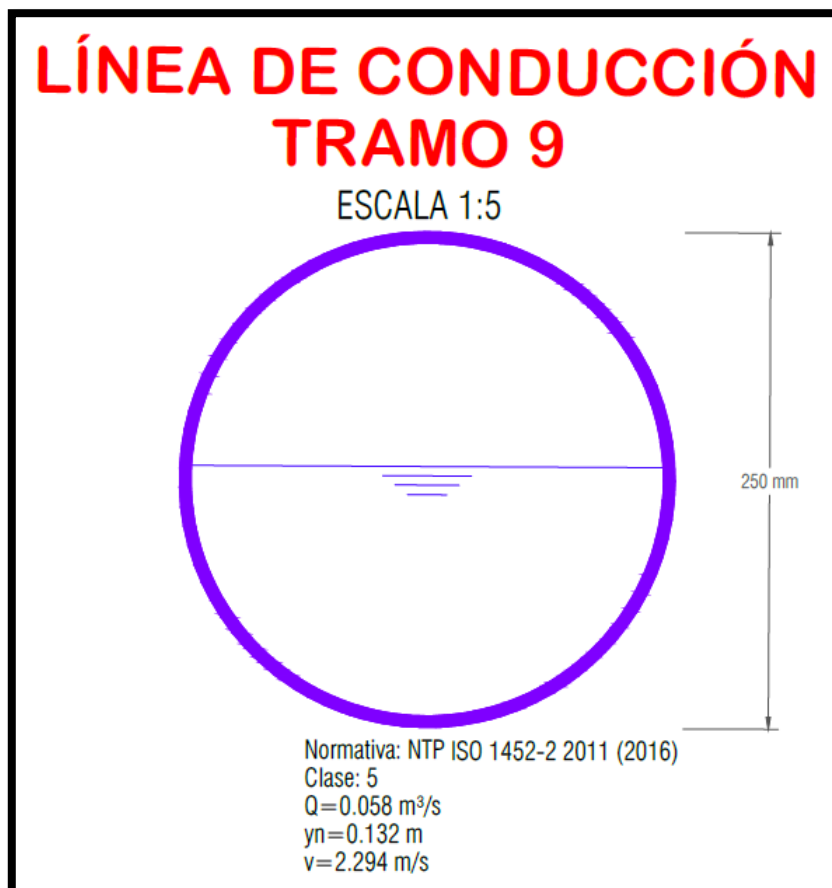


Figura 29. Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 9.

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 10 (Prog. 1+570 – 1+725 Km), se tiene:

Tabla 71. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 10

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+570 – 1+725 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0319	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 72. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 10

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,109	m
Relación yn/D	yn/D	0,460	-
Número de Froude	F	3,207	-
Velocidad	v	2,913	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0199	m ²
Espejo de agua	T	0,2368	m
Perímetro mojado	p	0,3542	m
Radio hidráulico	R	0,0562	m

Fuente: Elaboración propia.

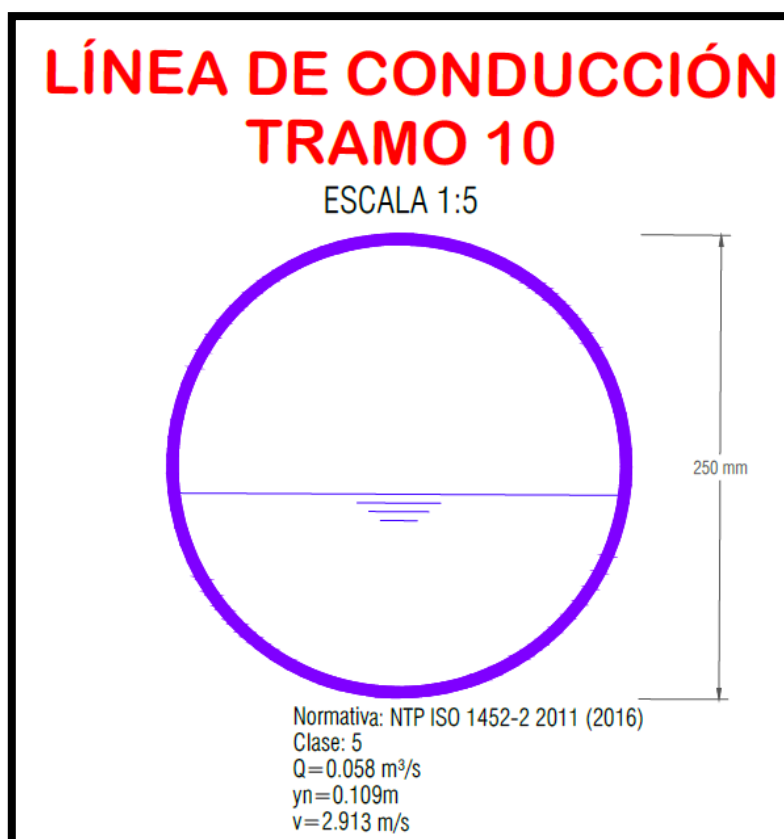


Figura 30. Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 10

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 11 (Prog. 1+725 – 1+825 Km), se tiene:

Tabla 73. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 11

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+725 – 1+825 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0911	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 74. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 11

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,082	m
Relación yn/D	yn/D	0,345	-
Número de Froude	F	5,556	-
Velocidad	v	4,273	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0136	m ²
Espejo de agua	T	0,2259	m
Perímetro mojado	p	0,2984	m
Radio hidráulico	R	0,0455	m

Fuente: Elaboración propia.

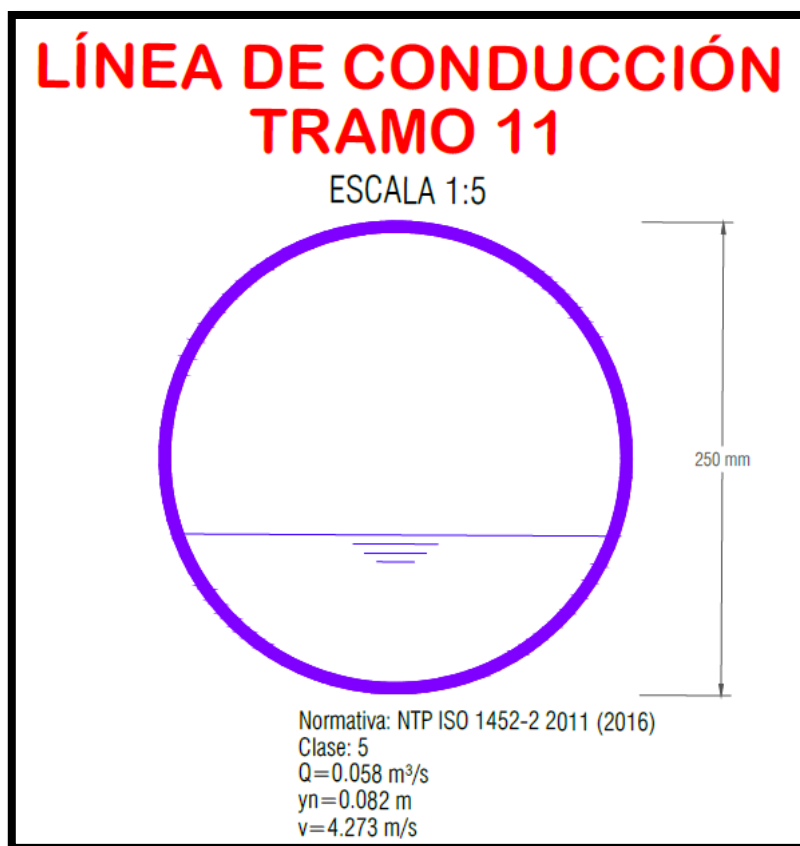


Figura 31: Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 11

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 12 (Prog1+825 – 1+975 Km), se tiene:

Tabla 75. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 12

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+825 – 1+975 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0777	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 76. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 12

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,086	m
Relación yn/D	yn/D	0,360	-
Número de Froude	F	5,130	-
Velocidad	v	4,034	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0144	m ²
Espejo de agua	T	0,2281	m
Perímetro mojado	p	0,3059	m
Radio hidráulico	R	0,0470	m

Fuente: Elaboración propia.

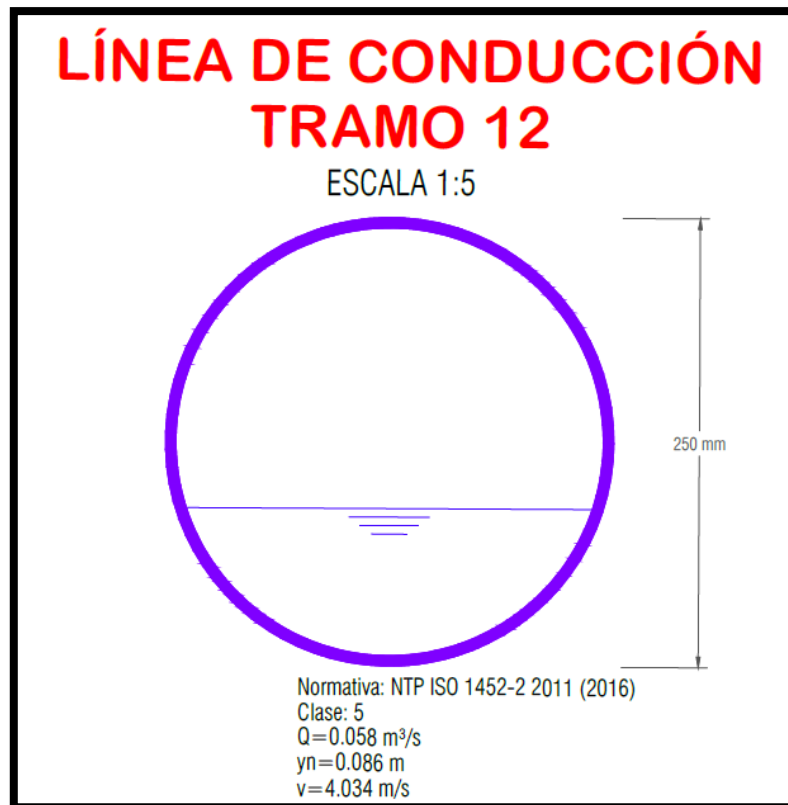


Figura 32. Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 12

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 13 (Prog. 1+975 – 2+395 Km), se tiene:

Tabla 77. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 13

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+975 – 2+395 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0215	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 78. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 13

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,123	m
Relación yn/D	yn/D	0,516	-
Número de Froude	F	2,574	-
Velocidad	v	2,513	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0231	m ²
Espejo de agua	T	0,2375	m
Perímetro mojado	p	0,3809	m
Radio hidráulico	R	0,0606	m

Fuente: Elaboración propia.

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 14 (Progresiva 2+395 – 2+655 Km), se tiene:



Figura 33. Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 13

Tabla 79. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 14

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 2+395 – 2+655 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0907	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 80. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 14

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,082	m
Relación yn/D	yn/D	0,346	-
Número de Froude	F	5,554	-
Velocidad	v	4,266	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0136	m ²
Espejo de agua	T	0,2260	m
Perímetro mojado	p	0,2986	m
Radio hidráulico	R	0,0455	m

Fuente: Elaboración propia.

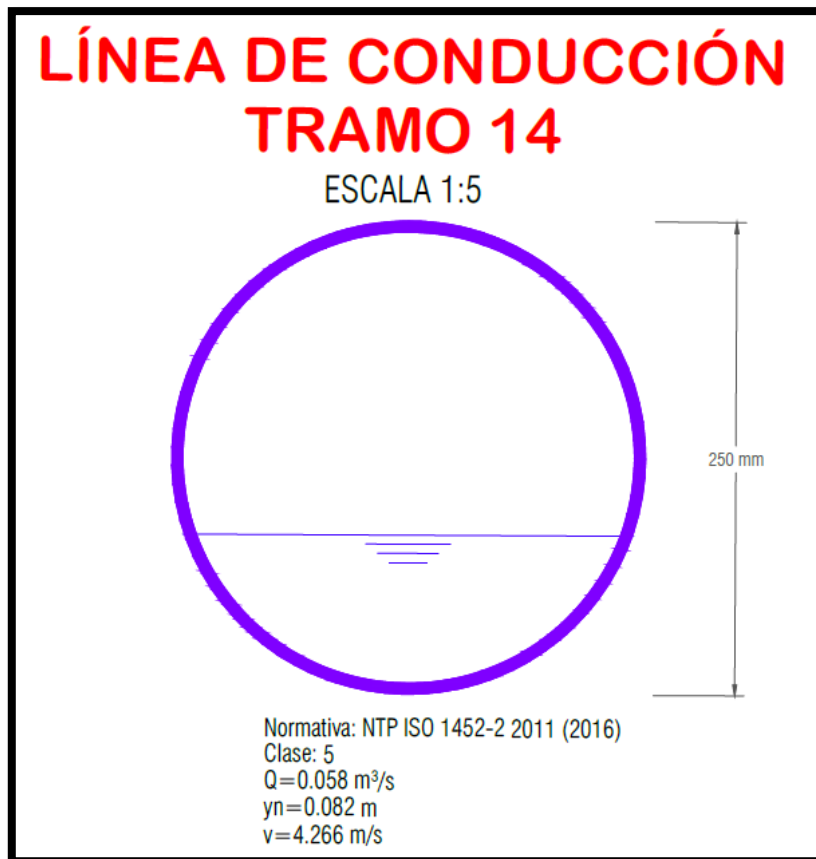


Figura 34. Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 14

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 15 (Progresiva 2+655 – 2+900 Km), se tiene:

Tabla 81. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 15

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 2+655 – 2+900 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0790	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 82. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 15

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,085	m
Relación yn/D	yn/D	0,359	-
Número de Froude	F	5,1743	-
Velocidad	v	4,058	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0143	m ²
Espejo de agua	T	0,2279	m
Perímetro mojado	p	0,3051	m
Radio hidráulico	R	0,0468	m

Fuente: Elaboración propia.

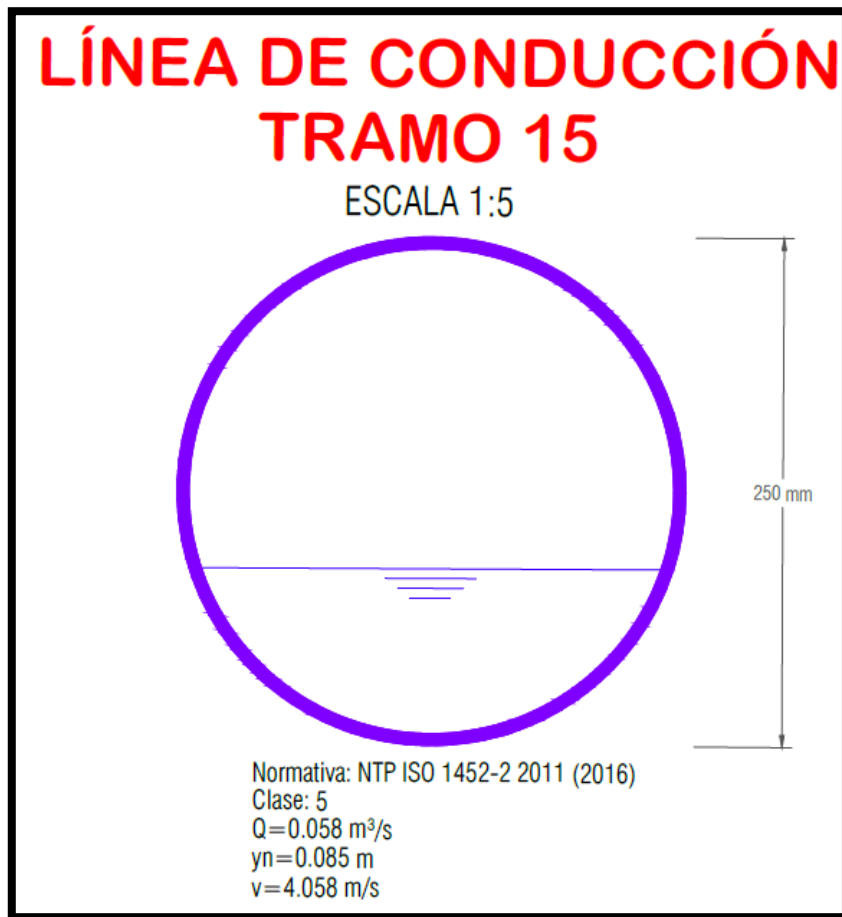


Figura 35. Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 15

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 250 mm – Clase 5 para el tramo 16 (Progresiva 2+900 – 3+055 Km), se tiene:

Tabla 83. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 16

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 2+900 – 3+055 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0289	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 84. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 16

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	yn	0,112	m
Relación yn/D	yn/D	0,473	-
Número de Froude	F	3,038	-
Velocidad	v	2,808	m/s
Tirante crítico	yc	0,197	m
Área hidráulica	A	0,0207	m ²
Espejo de agua	T	0,2373	m
Perímetro mojado	p	0,3605	m
Radio hidráulico	R	0,0573	m

Fuente: Elaboración propia.

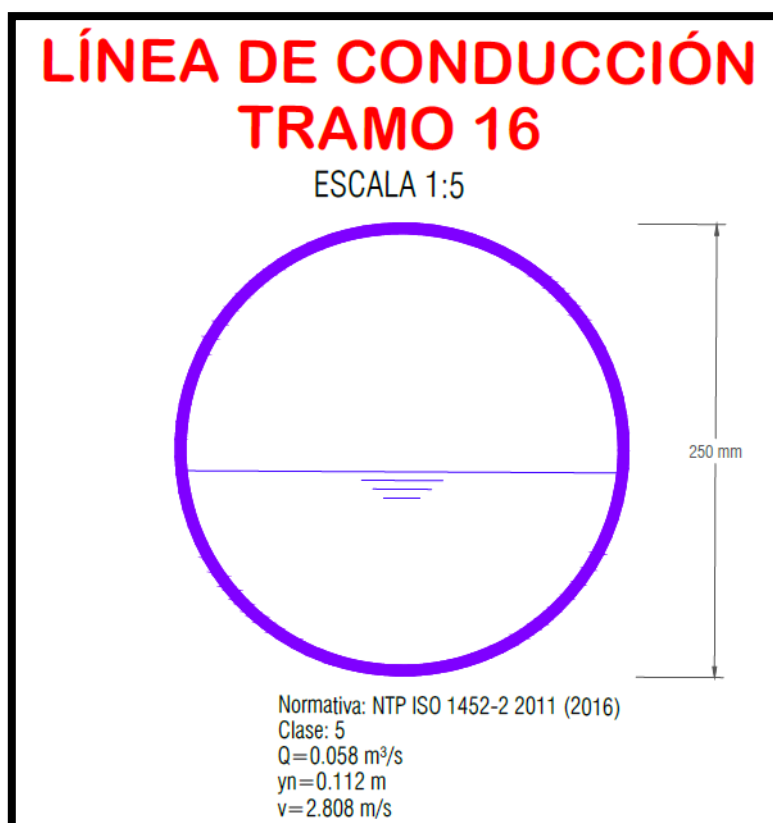


Figura 36. Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 16

Para una sección típica de tubería PVC-U de sección 315 mm – Clase 5 para el tramo 17 (3+055 – 3+712.01 Km), se tiene:

Tabla 85. Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 17

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 3+055 – 3+712.01 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	315	mm
Diámetro interno	D	0,300	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0025	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 86. Resultados del cálculo de la línea de conducción – Tramo 17

Resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tirante normal	y_n	0,209	m
Relación y_n/D	y_n/D	0,698	-
Número de Froude	F	0,807	-
Velocidad	v	1,105	m/s
Tirante crítico	y_c	0,187	m
Área hidráulica	A	0,0525	m ²
Espejo de agua	T	0,2752	m
Perímetro mojado	p	0,5923	m
Radio hidráulico	R	0,0887	m

Fuente: Elaboración propia.

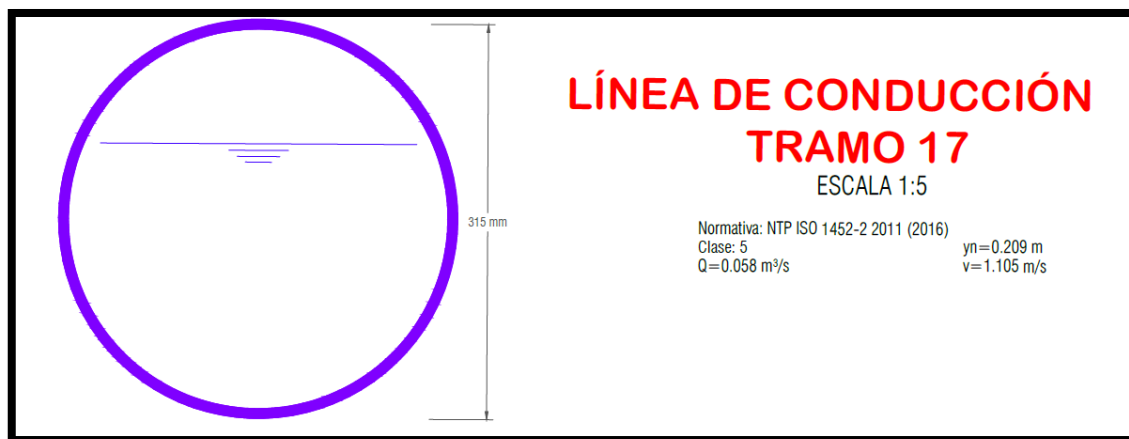


Figura 37. Sección típica de la tubería de PVC-U 250 mm, Tramo 17

Cámara de Carga e Inspección

Con la finalidad de asegurar la presión de caída de la tubería, ejercida por la fuerza de gravedad y mantener un caudal continuo a su nivel máximo, se diseñó este tipo de estructuras hidráulicas en determinados cambios de pendiente, las cuales se desarrollan a continuación:

Diseño hidráulico

Se realizó un diseño típico de cámara de carga e inspección para las progresivas "0+160 km - 0+335 km - 0+420 km - 0+850 k - 1+045 km - 1+235 km - 1+355 km - 1+415 km - 1+570 km - 1+725 km - 1+825 km - 1+975 km - 2+395 km - 2+655 km - 2+900 km.

Se utilizó los siguientes datos:

Q: Caudal = 58 l/s

d: Diámetro = 237,6 mm

g: Gravedad = 9.81 m²/s

V: Velocidad del flujo = 1,308 m/s

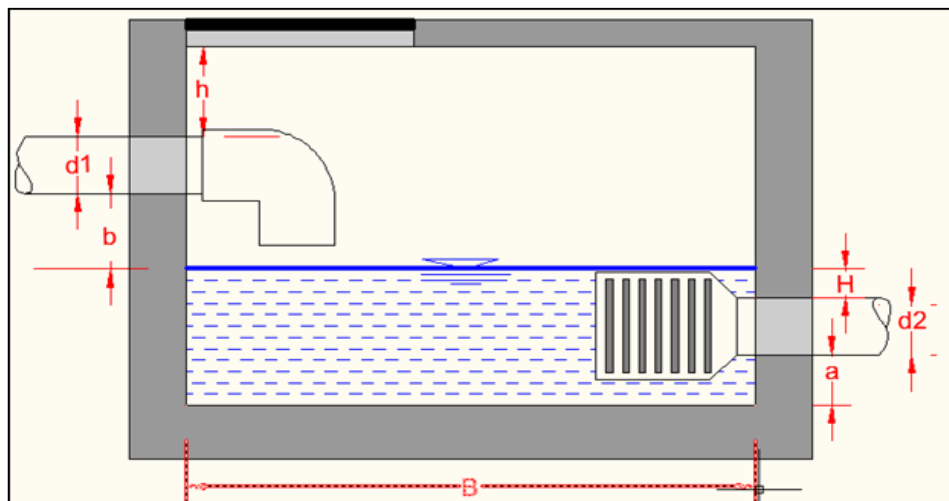


Figura 38. Sección típica de la cámara de carga e inspección

Para determinar el Ht, es necesario calcular la carga "H", para ello, se utilizó la Ecuación de Bernoulli.

H: Carga de agua = $1,487 \cdot V^2/2g$

Se muestran los resultados del predimensionamiento hidráulico:

Tabla 87. *Predimensionamiento hidráulico – Cámara de carga I*

Resultados de la cámara de carga e inspección				
Nombre	Variable	Valor	Unidad	
Carga de agua	H	0,13	m	
Diámetro de tubería ingreso	d1	0,24	m	
Diámetro de tubería salida	d2	0,24	m	
Altura tubería ingreso y nivel de agua	b	0,10	m	
Borde libre	h	0,30	m	
Altura mínima	a	0,10	m	
Altura total	Ht	0,99	m	
Dimensionamiento de la cámara				
Largo	B	1,20	m	
Ancho	A	0,60	m	
Altura total	Ht	1,00	m	
Parámetros Hidráulicos				
Altura hidráulica	Ah	0,35	m	
Volumen hidráulico de cámara	Vh	0,25	m ³	
Tiempo de llenado y descarga	s	4,33	s	

Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera se realizó el diseño de la cámara de carga e inspección para la progresiva 3+055 km, teniendo en consideración que la única modificación se encuentra en la tubería de salida que corresponde a una tubería PVC-U de 315 mm de diámetro. Los resultados se muestran a continuación:

Se utilizó los siguientes datos:

Q: Caudal = 58 l/s

d: Diámetro = 237,6 mm

g: Gravedad = 9.81 m²/s

V: Velocidad del flujo = 1,308 m/s

Para determinar el Ht, es necesario calcular la carga “H”, para ello, se utilizó la Ecuación de Bernoulli.

H: Carga de agua = $1,487 \cdot V^2 / 2g$

Se muestran los resultados del predimensionamiento hidráulico:

Tabla 88. *Predimensionamiento hidráulico – Cámara de carga II*

Resultados de la cámara de carga e inspección			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Carga de agua	H	0,13	m
Diámetro de tubería ingreso	d1	0,24	m
Diámetro de tubería salida	d2	0,30	m
Altura tubería ingreso y nivel de agua	b	0,10	m
Borde libre	h	0,30	m
Altura mínima	a	0,10	m
Altura total	Ht	1,02	m
Dimensionamiento de la cámara			
Largo	B	1,20	m
Ancho	A	0,60	m
Altura total	Ht	1,10	m
Parámetros Hidráulicos			
Altura hidráulica	Ah	0,38	m
Volumen hidráulico de cámara	Vh	0,27	m ³
Tiempo de llenado y descarga	s	4,71	s

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al análisis estructural (ver anexo 8), se muestra los datos y resultados obtenidos:

Tabla 89. *Datos para el análisis estructural de la cámara de carga*

Datos para el análisis estructural			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Resistencia del concreto	f'_c	210	kg/cm ²
Resistencia del acero	f_y	4 200	kg/cm ²
Peso específico del concreto	γ_{cs}	2 300	kg/m ³
Peso específico del c°a°	γ_{cr}	2 400	kg/m ³
Factor modificación concreto	λ	1,00	
Espesor de muro		0,15	m
Espesor losa de fondo		0,20	m
Espesor losa de techo		0,10	m

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 90. Resultados del análisis estructural de la cámara de carga

Resultados del análisis estructural	
Nombre	Variable
Loza de fondo	Ø 3/8" @0.2 m para el refuerzo por temperatura
Muros laterales	
Acero por flexión (acero vertical)	Ø 3/8" @0.2 m para el refuerzo por flexión
Acero por temperatura (Acero horizontal)	Ø 3/8" @0.2 m para el refuerzo por temperatura
Longitud de Anclaje y Longitud de Gancho	
Longitud de Anclaje "I _{dh} "	29,1 cm
Longitud de Gancho "I _g "	12 cm

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

Se describió la situación actual y condiciones del Sistema de Riego sectores Tuya – Mataragra del Centro Poblado de Yanas, ubicado en el distrito de Huacchis, provincia de Huari, región Ancash, la cual permitió identificar la problemática que aqueja a la Comunidad de Yanas que es la escasez de agua para riego debido a la deficiente infraestructura hidráulica de captación existente (quebrada Tuya), así como su conducción hacia las parcelas de riego, a través de estructuras rústicas de piedra emboquillada asentada en concreto (bocatoma, desarenador, canal de aducción, y obras complementarias de captación), que presentan pérdidas de agua por rebose o filtración, debido a la colmatación y/o grietas y también a la antigüedad de las mismas. Además, se precisa que la información obtenida corresponde a una investigación a cargo del tesista, que mediante visitas de campo elaboró un reporte situacional de la zona de estudio.

La propuesta del presente trabajo de investigación se fundamentó en la necesidad de implementar nuevas infraestructuras hidráulicas de captación y conducción que mejoren la eficiencia total del sistema de riego sectores Tuya – Mataragra, mitigando la problemática general y potenciando la producción agrícola a través del diseño de una bocatoma, desarenador y canal de conducción. Dicha afirmación se correlaciona con la literatura científica presentada en el marco teórico que sustenta a nivel global que la implementación de nuevas tecnologías para la captación del recurso hídrico ayuda a mejorar la producción agrícola y por consiguiente mejora la economía de la población beneficiada.

Estudios básicos de ingeniería:

El levantamiento topográfico en la zona de estudio, se ejecutó utilizando como apoyo la poligonal abierta, definida en el proyecto de pre inversión (Antamina, 2020), debido a que contaba con puntos geodésicos y BMs definidas la cual aseguró una alta precisión en el trabajo de campo. En ese sentido, se obtuvo detalles del terreno natural y artificial; iniciando los trabajos topográficos en la quebrada Tuya (captación, progresiva 0+000 km), hasta la quebrada Mataragra (progresiva 3+731,5 km). El técnico en topografía fue el responsable en procesar la información en gabinete para elaborar las curvas de nivel, además de determinar parámetros como el lugar, dirección, pendientes, entre otras variables importantes

al momento de realizar los diseños hidráulicos.

La inexistencia de información meteorológica en el área de estudio es una realidad que ocurre en la mayoría de proyectos a nivel nacional, por lo que generar información pluviométrica de interés utilizando como materia prima la información de estaciones meteorológicas apoyado en métodos estadísticos, es una práctica bastante utilizada y sugerida manuales elaborados por la Autoridad Nacional del Agua, así como autores sobre que desarrollaron libros sobre hidrología aplicada y estadística, las cuales se mencionan en la bibliografía.

El Estudio Hidrológico en la zona de estudio nos permitió conocer el caudal de máximas avenidas para un periodo de retorno de 50 años; sin embargo, para su determinación se evidenció la inexistencia de estaciones meteorológicas en la zona de interés; por ello, se optó por utilizar información de estaciones cercanas al Centro Poblado de Yanas (16 Estaciones Meteorológicas). En consecuencia, se aplicó metodologías estadísticas para la generación de información pluviométrica (Análisis de consistencia, Análisis de Doble Masa, Análisis de Homogeneidad y Completación y extensión de datos faltantes), las cuales se encuentran dentro de lo permitido y recomendado por la Autoridad Nacional del Agua; cuyos resultados fueron transformados en caudales (Hidrograma Unitario).

Por otro lado, debido a la creciente demanda de nuevas parcelas agrícolas, se viene desarrollando un proyecto a nivel de pre-inversión aguas abajo de la quebrada Mataragra, la cual contempla conducir el flujo hídrico desde la progresiva 3+731,5 km hacia el sector Auqui. En ese sentido, para el presente estudio hidrológico, no solo se aseguró el balance hídrico para los sectores Tuya – Mataragra, también consideró al sector Auqui con la finalidad de asegurar el caudal de diseño que dicho proyecto de pre-inversión utilizó para sus diseños.

Respecto al uso y demanda de agua, se utilizó cultivos típicos de la zona como maíz amiláceo, papa, trigo, cebada, habas, frijol, hortaliza, arverja, olluco y ajo para un área de cultivo total de 175,8 ha. Para una mayor eficiencia de la cédula de cultivo se optó por implementar dos campañas de cultivo, una para época de altas crecientes (setiembre – abril) y otra campaña de rotación (marzo – noviembre); ello

se debe a que en la actualidad el Centro Poblado de Yanas solo realiza una campaña por año, con lo cual, mediante lo propuesto se dará una mayor eficiencia al uso del suelo agrícola y a una mejor gestión del recurso hídrico. En ese sentido, se proyectó una mejora en la eficiencia total del proyecto de un 21% a un 44% (Ef. Conducción 95%, Ef. Distribución 85%, Ef. Aplicación 55%).

Las unidades geológicas identificadas (NP-esq.gn; PEI-c) guardan relación con lo propuesto en el Mapa Geológico del Perú (INGEMMET 2016). En la elaboración del *“Mapa de Unidades Geológicas – Sectores Tuya – Mataragra; GEO-01”* se observó un mínimo desfase entre la proyección de la línea de conducción en su captación con el trazo de la Quebrada Tuya, la cual se debió a que el archivo shape de la Carta Nacional del Perú (19j) se elaboró en una escala de 1:100 000, mientras que la proyección de la línea de conducción corresponde al levantamiento topográfico en alta precisión, por ello, la existencia de un desfase por diferencia de escalas es normal.

Con respecto a la geotecnia, se realizó estudios de campo para suelo, así como ensayos de laboratorio de las muestras correspondientes a las calicatas con la finalidad de clasificar la composición del subsuelo donde se diseñará la infraestructura hidráulica. Se encontró tramos con presencia de material suelto y roca suelta. Además, permitió calcular parámetros importantes como la densidad, cohesión, ángulo de fricción interna, carga admisible, entre otros. El conocimiento de estos parámetros y de su análisis granulométrico se desarrolló obedeciendo las pautas que recomiendan las normas vigentes de mecánica de suelos (ver anexo 6). También se realizó ensayos químicos para verificar la presencia de agentes agresivos contra el concreto armado, cuyos valores encontrados se encuentran muy por debajo de los valores permisibles, siendo el concreto de Tipo I el recomendado para el presente trabajo científico.

Diseño de infraestructura hidráulica

El diseño de la bocatoma está conformado por una gran diversidad de métodos y fórmulas, cuya elección depende de los estudios básicos de ingeniería. Sin embargo, aun teniendo conocimiento de ello, resulta complicado definir la

metodología de diseño a utilizar. En ese sentido, se tomó en cuenta el análisis de proyectos presentados en literaturas (PROAGRO, 2010) que analizan proyectos de tomas de captación de agua, definiendo los criterios, realidades topográficas y comportamiento del flujo hídrico, que fueron relacionados ampliamente con la zona de estudio; en ese sentido, se concluyó que el tipo de bocatoma más viable para su diseño es la de tipo tirolesa.

Con relación a su aplicación científica se utilizó conceptos y fórmulas de uso universal para el diseño de obras de captación, como la ecuación de Manning, la fórmula de vertederos, entre otros, las cuales son desarrolladas en el Anexo 7.

Algunos materiales como el caso de la rejilla, son definidas de acuerdo a su presencia en el mercado; por ello, se definió un espesor de la pletina de hierro de $\frac{1}{2}$ ", teniendo en consideración que las dimensiones de la infraestructura hidráulica son menores a comparación de otros proyectos que utilizan espesores mayores a 1".

Respecto al análisis estructural de las infraestructuras hidráulicas se utilizó los resultados obtenidos en laboratorio de los análisis de suelo, entre los parámetros más importantes utilizados se tienen al ángulo de inclinación del nivel de terreno, al tipo de suelo de relleno, a su peso específico, al ángulo de fricción interna, tipo de suelo de relleno de cimentación, entre otros. El análisis acató lo establecido en los lineamientos establecidos del Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318R-2011).

Para la línea de conducción se tuvo como normativa de referencia, la NTP-ISO 1452-2:2011 (2016), la cual desarrolla el sistema de tuberías de plástico para el abastecimiento de agua, drenaje y alcantarillado, las cuales pueden trabajar bajo tierra o a la intemperie trabajando a presión. El material que compone a estas tuberías son de Poli (cloruro de vinilo), no plastificado (PVC-U). Entre los beneficios de trabajar con tubería se puede mencionar que, respecto a su instalación es bastante simple a comparación de otras estructuras, no requieren de pegamentos ni otras herramientas; su hermeticidad a través de su anillo elastomérico asegura un trabajo óptimo en el sellado; posee una gran resistencia a la corrosión, cuenta

con un menor coeficiente de fricción lo cual disminuye las pérdidas de energía y también posee una alta resistencia a la abrasión. En ese sentido, resulta más óptimo trabajar con tubería de PVC-U, considerando que la zona de estudio presenta fuertes cambios de pendiente, se hace más sencillo mantener el caudal de diseño empleando cámaras de reunión, además, permite brindar mantenimiento para evitar la colmatación por sedimentos y evacuar el flujo en caso de rebose.

VI. CONCLUSIONES

- Para la elección del tipo de infraestructura hidráulica de la bocatoma que captará el recurso hídrico de la quebrada Tuya, se tuvo en consideración parámetros importantes obtenidos a raíz de la recolección de información de campo y línea base como: la demanda hídrica del Centro Poblado de Yanas (1,055 MMC/año) para un área de riego de 175,8 has, la cual es cubierta en su totalidad por la oferta hídrica de las quebradas Tuya, Mataragra y Auqui; con lo cual se obtuvo para un periodo de retorno de 50 años un caudal máximo de 6,552 m³/s en la quebrada Tuya. Además, se obtuvo información de la pendiente media de la quebrada Tuya (0,0762 m/m), poca presencia de sedimentos en época de altas crecientes, y presencia de arrastre de piedras, por lo que se determinó que la opción más viable es la bocatoma de tipo Tirolesa.
- Con el diseño de la bocatoma de tipo tirolesa, desarenador y obras complementarias se aseguró un caudal de diseño de 58 l/s la cual no excede lo acreditado por la Autoridad Nacional del Agua (65 l/s para la quebrada Tuya), con lo cual los resultados obtenidos aseguran abastecimiento a la demanda hídrica del Centro Poblado de Yanas para fines agrícolas.
- El diseño de la línea de conducción de tubería PVC 200 mm de diámetro para el presente trabajo de investigación, es más viable que un canal abierto. Su sustento radica en que además de trabajar a gravedad, la tubería al ser un conducto cerrado también trabaja a presión; por ello, cuando existe un aumento en el caudal, esta se verá reflejada en un aumento en su velocidad. En ese sentido, se concluye que, es más favorable aprovechar los cambios de pendiente en la zona de estudio utilizando tuberías de PVC, y a su vez asegurar la eficiencia del desarenador, ya que, si fuese un canal abierto, existe la posibilidad de que por causa de agentes externos el canal pueda sufrir una colmatación.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar Estaciones Meteorológicas en las cuencas de cabecera, la cual permitirá realizar un estudio hidrológico de mayor precisión; de igual manera para medir el transporte de sedimentos que es uno de los aspectos más importantes para definir el tipo de captación de agua que se requiere diseñar.
- Se recomienda una mayor inversión en infraestructuras hidráulicas por parte del estado para la captación y conducción de agua para uso agrícola, con la finalidad de asegurar el recurso hídrico en épocas de bajas crecientes y poder abastecer a lo largo de todo el año dicho recurso y así se puedan ejecutar más campañas de cultivo.
- Para proyectos aguas abajo de la quebrada Mataragra se recomienda continuar con el diseño de una línea de conducción de tubería de PVC, con la finalidad de que se integren en un futuro y puedan operar a una máxima eficiencia.

REFERENCIAS

- Antamina, C. M. S. A. (2020). *Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Agua para Riego del Sistema de Conducción Tuya-Mataragra-Aquí en el Centro Poblado de Yanas, distrito de Huacchis, provincia de Huari, departamento de Ancash*.
www.asdasd.com
- Ascencio Diaz, C. (2021). Evaluación y Diseño del Canal Integrador Santa San Bartolo para mejorar el Servicio de Agua para Riego. En *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*.
- Bureau of Reclamation. (1978). *Design of Small Canal Structures*.
- Chow, V. Te. (2005). *Hidráulica de Canales Abiertos* (1.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Colegio de Ingenieros del Perú. (2018). Capítulo III. Principios fundamentales. En *Código de Ética* (p. 3).
- Cunia Perez, L. (2005). *Diseño Hidráulico y Estructural de la Bocatoma del Proyecto de Irrigación Avisado - Valle "La Conquista"*. En Universidad Nacional de San Martín.
- de Vriend, H. J., van Koningsveld, M., Aarninkhof, S. G. J., de Vries, M. B., & Baptist, M. J. (2015). Sustainable hydraulic engineering through building with nature. *Journal of Hydro-environment Research*, 9(2), 159-171.
<https://doi.org/10.1016/J.JHER.2014.06.004>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación*.
- Huaranga Manrique, D. (2019). *Mejoramiento del Diseño Hidráulico de la Bocatoma Zapatero en la Localidad de Cascajal, Distrito de Olmos, departamento de Lambayeque*. Universidad Agraria La Molina.
- Jáuregui Jáuregui, B. (2019). Diseño Hidráulico de una Bocatoma en el Río Mayobamba para el Mejoramiento del Sistema de Irrigación Ccecca, Ishua y Huaycahuacho. En *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Lecina, S., Isidoro, D., Playán, E., & Aragüés, R. (2010). Irrigation modernization

- and water conservation in Spain: The case of Riegos del Alto Aragón. *Agricultural Water Management*, 97(10), 1663-1675.
<https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2010.05.023>
- Menacho Huaylla, R. (2001). Diseño Estructural de Obras Hidráulicas para Proyectos de Riego. En Universidad Nacional de Ingeniería.
- Playán, E., & Mateos, L. (2006). Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. *Agricultural Water Management*, 80(1-3), 100-116. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2005.07.007>
- PROAGRO. (2010). *Criterios de Diseño y Construcción de Obras de Captación para Riego tomas Tirolesas*.
- Rai, R. K., Singh, V. P., & Upadhyay, A. (2017). Way Forward to Improve Irrigation Efficiency. *Planning and Evaluation of Irrigation Projects*, 605-611.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811748-4.00021-2>
- Rocha Felices, A. (2003). La Bocatoma, estructura clave en un Proyecto de Aprovechamiento Hidráulico. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería*, 2, 3, 4.
- Rocha Felices, A. (2007). *Hidráulica de Tuberías y Canales* (1.^a ed.). Universidad Nacional de Ingeniería.
- Turrall, H., Svendsen, M., & Faures, J. M. (2010). Investing in irrigation: Reviewing the past and looking to the future. *Agricultural Water Management*, 97(4), 551-560. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2009.07.012>
- Villaseñor Contreras, J. (1978). *Proyectos de Obras Hidráulicas*.
- Villón Bejar, M. (2005). 6. Desarenadores. En *Diseño de Estructuras Hidráulicas* (2.^a ed., pp. 97-118).
- Villón Bejar, M. (2007). *Hidráulica de Canales* (2.^a ed.).

ANEXOS

Anexo 1: Operacionalización de la variable independiente

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento de recolección de datos	escala de medición
DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA	Constituye estructuras destinadas a trabajar con agua y a soportar la acción que estas le ejercen (Villaseñor Contreras, 1978).	Estructura de captación diseñado para ubicarse en un punto de la quebrada para captar sus aguas y luego ser derivada sus aguas a través de una línea de conducción, con la finalidad de abastecer de agua con fines agrícolas y mejorar su producción.	Viabilidad	Diagnóstico situacional	Reporte de observación no experimental	
			Estudios básicos	Topografía	Estudio Topográfico	Nominal
				Hidrología	Estudio Hidrológico	
				Geología y Geotecnia	Estudio de Suelos	
				Agrología	Estudio Agrológico	Razón
				Edafológico	Estudio Edafológico	
Diseño Estructural	Diseño de bocatoma, desarenador	Normas Peruanas				

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: INFORME DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Desarrollo de Proyecto de Investigación – 2022

**“Diseño de infraestructura hidráulica para el sistema de riego sectores Tuya -
Mataragra, distrito de Huacchis - Ancash”**

Lugar: **Centro Poblado de Yanas, distrito Huacchis, provincia, región Ancash**



I. Generalidades:

1.1. Ubicación del área de estudio

La ubicación política del área de estudio se encuentra en:

Centro Poblado : Yanas
Distrito : Huacchis
Provincia : Huari
Región : Ancash

Geográficamente, el Centro Poblado de Yanas se ubica en las siguientes coordenadas definidas en el sistema UTM WGS 84:

Norte : 8 987 010
Este : 302 249,40
Altitud : 3 038 m.s.n.m.

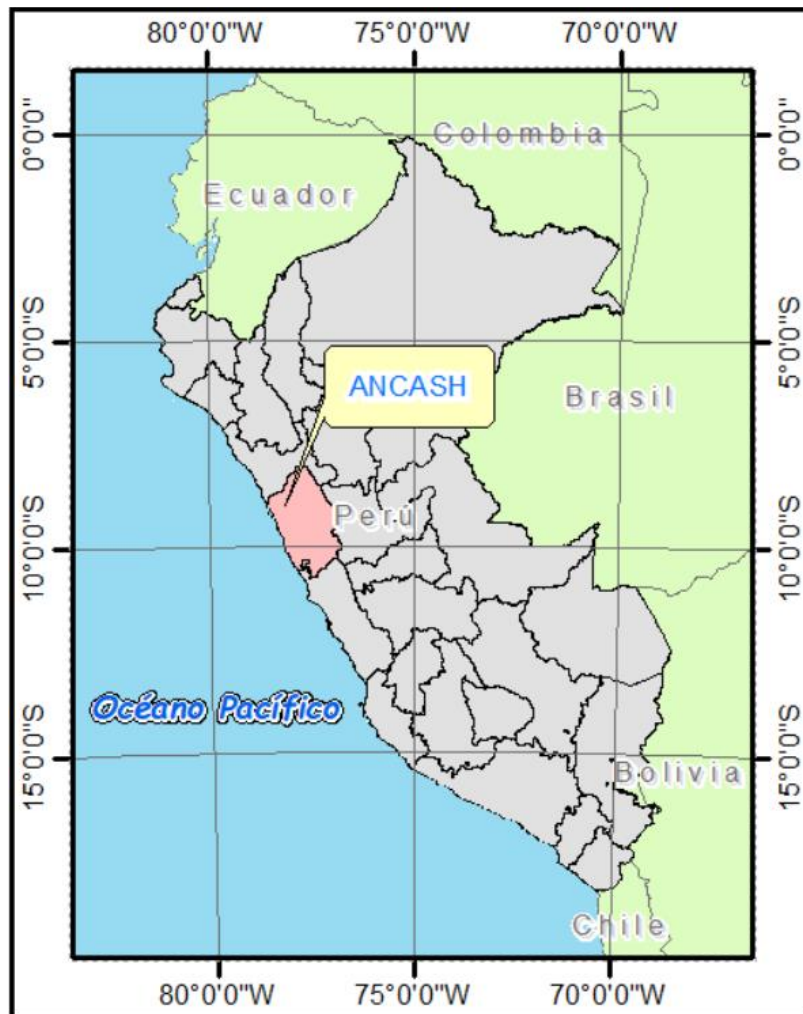


Figura 1. Ubicación regional de Ancash (Fuente: Elaboración propia)

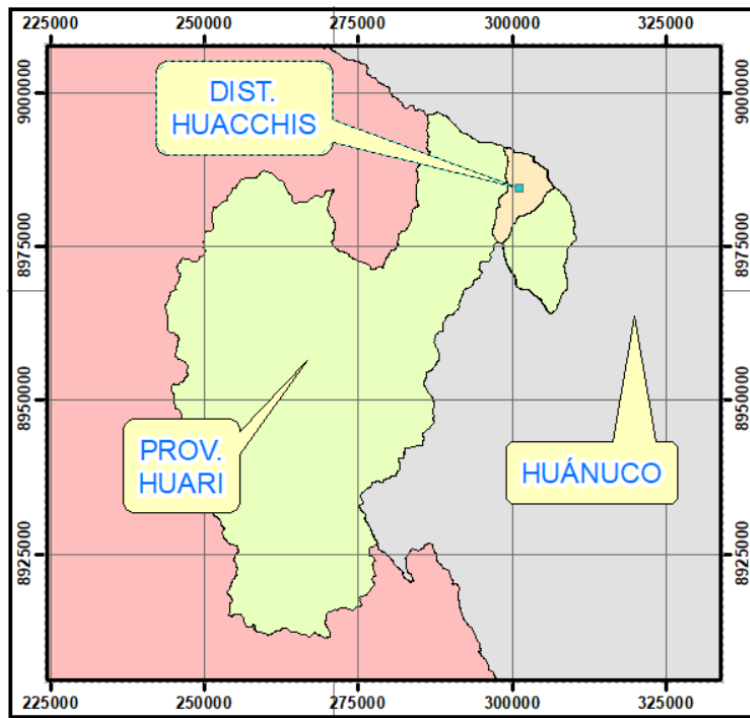


Figura 2. Ubicación de la provincial de Huari y distrito Huacchis (Fuente: Elaboración propia)

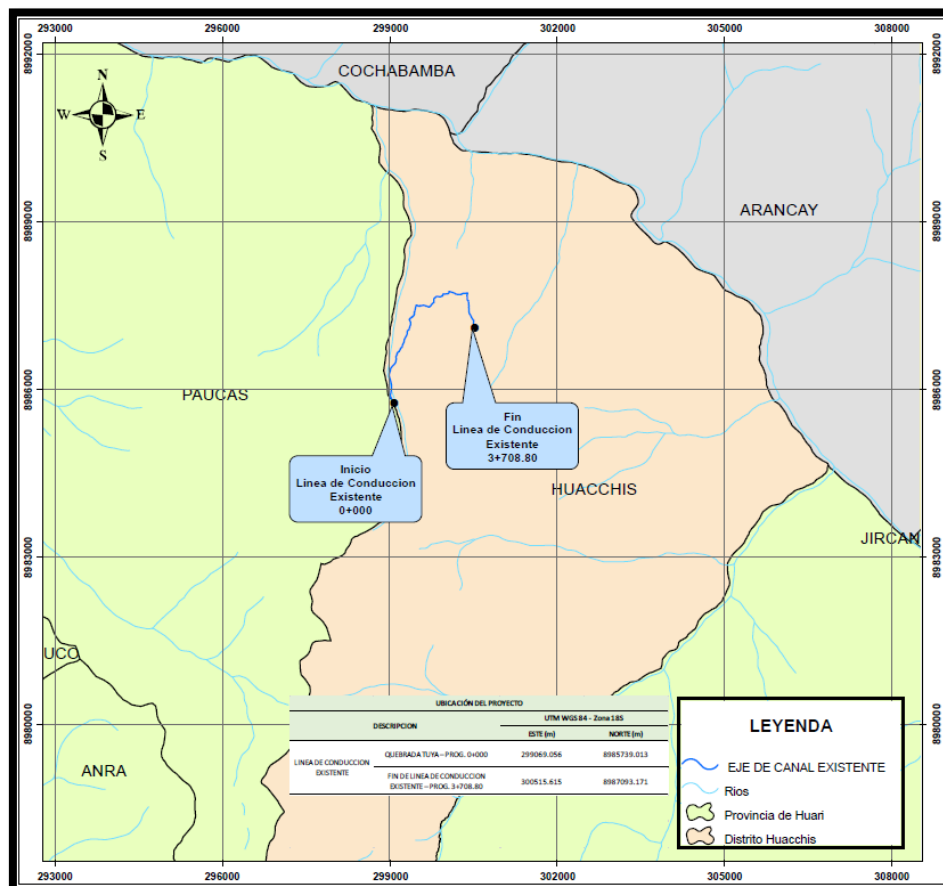


Figura 3. Ubicación del distrito Huacchis y la infraestructura hidráulica existente (Fuente: Elaboración propia.)

Accesibilidad

El acceso hacia los sectores Tuya – Mataragra, lugar donde se realizó los estudios de campo está conformado tanto por carretera asfaltada, carretera con material afirmado y trocha, tal como se detalla en la siguiente tabla y figura:

Tabla 1: Vías de acceso desde Lima al área de estudio

De	A	Distancia / Tiempo	Tipo
Lima	Huaraz	402 km / 8 h	Asfaltado
Huaraz	Huari	186 km 3,5 h	Asfaltado
Huari	Huacchis	96 km / 3,5 h	Afirmado
Huacchis	Centro Poblado Yanas	6,4 km / 20 min	Trocha
Centro Poblado Yanas	Captación del Canal de Yanas	5,2 km / 15 min	Trocha

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Distancia y tiempo son datos obtenidos de aplicaciones como Google Earth y Google Maps.

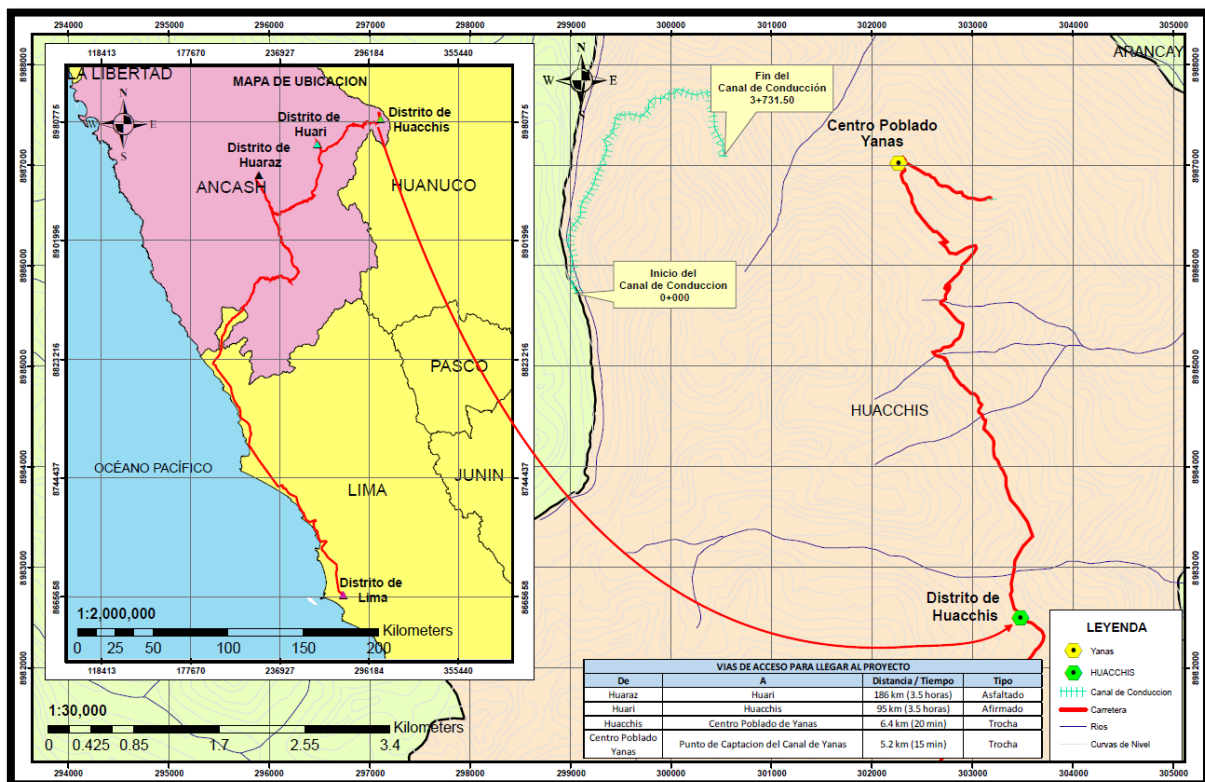


Figura 4. Accesibilidad al Centro Poblado de Yanas. (Fuente: Elaboración propia, Carta Nacional del Perú, IGN)

1.2. Recursos y herramientas utilizadas

Para la ejecución del estudio topográfico, se requirió de los siguientes elementos:

Personal

En campo: 01 topógrafo, 04 auxiliares de topografía, 01 nivel de ingeniero ATB4.

En gabinete: 01 topógrafo, 01 dibujante técnico de CAD

Equipos topográficos

- 01 estación total Leica TS 11 r500 2"
- 01 trípode
- 03 prismas
- 03 porta prismas
- 01 batería para estación total
- 04 radios marca Motorola
- 01 wincha marca Stanley 5 m
- 01 wincha metálica de 30 m

1.3. Especificaciones Técnicas de los trabajos efectuados

Control horizontal: Para el levantamiento topográfico se utilizó una poligonal electrónica, cuyas coordenadas se encuentran en el sistema WGS84 Zona 18 Sur. Con respecto a su cartografía, esta se encuentra en la Proyección UTM (Universal Transversal Mercator).

II. Objetivo

El presente estudio se desarrolló con la finalidad de obtener la Topografía del terreno, teniendo en cuenta los elementos naturales y artificiales encontrados en campo necesarios para el desarrollo del Trabajo de Investigación: **“Diseño de infraestructura hidráulica para el sistema de riego sectores Tuya - Mataragra, distrito de Huacchis - Ancash”**

Con el estudio topográfico, se determinará el lugar, dirección, pendientes y demás detalles para diseñar la línea de conducción y así tomar como precaución construcciones existentes, buzones, Tubería de Agua, etc.

III. Metodología

3.1. Descripción del área de trabajo

A lo largo de los 3.7 km (aproximadamente) que corresponde a la línea de conducción proyectada, la geografía es agreste, con zonas accidentadas, zonas rocosas y árboles de

eucalipto.

3.2. Levantamiento Topográfico

Trabajo de Campo

Se realizó la instalación del equipo topográfico en el punto ANC10068, enlazando con la vista atrás en el punto YANAS 01, para determinar el error de cierre permisible para así poder empezar a nivelar las cotas del terreno y obtener información real de su geografía.

Trabajo de Gabinete

Con la información obtenida de campo, la unión de puntos con su respectiva codificación se elaboró las curvas de nivel, además, se procesó los datos de campo y se elaboró la planimetría.

3.3. Nivelación

La nivelación se realizó desde el BM ANC10068, uniendo los puntos de control BM-02, BM-03, BM-04, BM-05, BM-06, BM-07, BM-08, BM-09, hasta alcanzar el punto de control YANAS – 02. Los resultados se muestran en las siguientes tablas:

NIVELACIÓN ANC10068 - YANAS 01				
PUNTO	Vat (+)	H inst.	Vad (-)	COTA
ANC10068	2.048	3643.326		3641.278
1			0.67	3642.656
C#1	3.54	3646.196		3642.656
2			0.57	3645.626
C#2	3.685	3649.311		3645.626
3			0.1	3649.211
C#3	4.377	3653.588		3649.211
4			0.29	3653.298
C#4	4.88	3658.178		3653.298
5			3.547	3654.631
BM-2	4.5	3659.131		3654.631
6			0.825	3658.306
C#7	3.963	3662.269		3658.306
YANAS 1			0.992	3661.277

NIVELACIÓN YANAS 01 - BM-2				
PUNTO	Vat (+)	H inst.	Vad (-)	COTA
YANAS - 01	0.322	3661.599		3661.277
1	0.656	3657.654	4.601	3656.998
BM-2			3.047	3654.607

NIVELACIÓN YANAS 01 - BM-2

PUNTO	Vat (+)	H inst.	Vad (-)	COTA
BM-02	0.125	3654.732		3654.607
1			4.05	3650.682
C#1	0.965	3651.647		
2			4.374	3647.273
C#2	0.126	3647.399		
3			4.365	3643.034
C#3	0.736	3643.77		
4			4.3	3639.47
C#4	1.515	3640.985		
5			4.305	3636.68
C#5	0.717	3637.397		
6			4.898	3632.499
C#6	0.965	3633.464		
7			4.374	3629.09
C#7	0.126	3629.216		
8			4.365	3624.851
C#8	0.736	3625.587		
9			4.3	3621.287
C#9	1.515	3622.802		
10			4.305	3618.497
C#10	0.717	3619.214		
11			4.898	3614.316
C#11	0.939	3615.255		
12			4.513	3610.742
C#12	0.795	3611.537		
13			4	3607.537
C#13	0.895	3608.432		
14			4.447	3603.985
C#14	0.27	3604.255		
BM-03			3.277	3600.978

NIVELACIÓN BM-3 - BM-4

PUNTO	Vat (+)	H inst.	Vad (-)	COTA
BM-03	0.499	3601.477		3600.978
1			3.89	3597.587
C#1	0.823	3598.41		
2			1.724	3596.686
C#2	4.554	3601.24		
3			0.426	3600.814
C#3	4.29	3605.104		

NIVELACIÓN BM-3 - BM-4				
PUNTO	Vat (+)	H inst.	Vad (-)	COTA
4			0.605	3604.499
C#4	4.41	3608.909		
5			1.122	3607.787
C#5	0.941	3608.728		
6			4.53	3604.198
C#6	1.063	3605.261		
BM-04			1.784	3603.477

NIVELACIÓN BM-4 - BM-6				
PUNTO	Vat (+)	H inst.	Vad (-)	COTA
BM-4	4.381	3607.858		3603.477
1			0.49	3607.368
C#1	4.365	3611.733		
2			1.601	3610.132
C#2	3.045	3613.177		
3			2.361	3610.816
C#3	3.03	3613.846		
4			1.041	3612.805
C#4	3.737	3616.542		
5			2.262	3614.28
C#5	3.57	3617.85		
6			2.36	3615.49
C#6	0.725	3616.215		
			3.781	3612.434
C#6	0.721	3613.155		
BM-06			2.21	3610.945

NIVELACIÓN BM-6 - BM-5				
PUNTO	Vat (+)	H inst.	Vad (-)	COTA
BM-06	0.422	3611.367		3610.945
1			4.5	3606.867
C#1	0.615	3607.482		
2			4.886	3602.596
C#2	1.038	3603.634		
3			4.801	3598.833
C#3	0.692	3599.525		
4			4.759	3594.766
C#4	1.19	3595.956		
5			3.635	3592.321
C#5	0.287	3592.608		
6			4.528	3588.08

NIVELACIÓN BM-6 - BM-5				
PUNTO	Vat (+)	H inst.	Vad (-)	COTA
C#6	0.566	3588.646		
			4.296	3584.35
C#6	0.2	3584.55		
			3.566	3580.984
C#6	0.75	3581.734		
BM-05			2.883	3578.851

NIVELACIÓN BM-5 – BM-7				
PUNTO	Vat (+)	H inst.	Vad (-)	COTA
BM-06	0.93	3611.875		3610.945
1			3.3	3608.575
C#1	0.92	3609.495		3608.575
2			3.524	3605.971
C#2	1.491	3607.462		3605.971
3			4.87	3602.592
C#3	1.372	3603.964		3602.592
4			3.972	3599.992
C#4	1.221	3601.213		3599.992
5			4.986	3596.227
C#5	0.474	3596.701		3596.227
6			4.625	3592.076
C#6	0.804	3592.88		3592.076
7			4.528	3588.352
C#7	0.781	3589.133		3588.352
8			4.167	3584.966
C#8	1.12	3586.086		3584.966
9			4.471	3581.615
C#9	0.328	3581.943		3581.615
10			4.59	3577.353
C#10	0.963	3578.316		3577.353
11			4.815	3573.501
C#11	1.248	3574.749		3573.501
12			3.98	3570.769
C#12	0.592	3571.361		3570.769
13			2.014	3569.347
C#13	2.342	3571.689		3569.347
14			3.234	3568.455
C#14	0.81	3569.265		3568.455
15			2.811	3566.454
C#15	0.991	3567.445		3566.454
16			2.032	3565.413
C#16	0.381	3565.794		3565.413

NIVELACIÓN BM-5 – BM-7				
PUNTO	Vat (+)	H inst.	Vad (-)	COTA
BM-07			3.15	3562.644

3.4. Poligonal Abierta de Apoyo con Puntos de Control

Para el levantamiento topográfico se utilizó poligonal abierta del estudio de pre inversión (Antamina, 2020), la cual fue elaborada con puntos geodésicos asegurando una alta precisión. En la siguiente tabla se muestra la información de la poligonal abierta, con sus puntos de control, azimut, distancia y el error de cierre.

Tabla 2: Poligonal Yanas 1 al Yanas 2

Vértice	Angulo Horizontal			Ang. Deg.	Corrección	Ang. Corr.	Lado	Distancia	Azimut	"X"	"Y"	Este	Norte
	G	M	S										
Azimut	116	57	8.54			116.952							
Yanas 1							Yanas 1 - BM-3	577.667	116.95	514.923	- 261.82	300643.8	8986947
BM-3	147	0	54	147.015	0	147.015	BM-3 - BM-4	343.277	83.967	341.376	36.077	301158.7	8986685
BM-4	199	44	3	199.734	0	199.734	BM-4 - BM-5	642.884	103.70	624.589	- 152.27	301500.1	8986721
BM-5	262	52	12	262.87	0	262.87	BM-5 - BM-6	108.188	186.57	-12.381	- 107.47	302124.7	8986568
BM-6	117	1	3	117.018	0	117.017	BM-6 - BM-7	485.804	123.58	404.688	- 268.76	302112.3	8986461
BM-7	143	1	4	143.017	0	143.018	BM-7 - BM-8	480.171	86.607	479.329	28.42	302517.0	8986192
BM-8	65	24	17	65.405	0	65.405	BM-8 - BM-9	766.993	332.01	- 359.945	677.28	302996.3	8986221
BM-9	320	43	31	320.725	0	320.725	BM-9 - Yanas 2	619.945	472.73	571.769	- 239.60	302636.4	8986898
Yanas 2	343	40	29	343.675	0	343.675	Yanas 2 - Yanas 1	2580.48	636.41	- 2564.34	288.16	303208.1	8986658
Yanas 1	20	32	27	20.541	0	20.541						300643.8	8986947
Sum. Ang.	1620				Cierre Ang.	1620	Perímetro	6605.41		-0.001	-0.007		
								6027.75					

Fuente: Elaboración propia 2020.

IV. Reporte de Puntos

Tabla 3: Reporte de Puntos de la línea de conducción

PTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.
1	8987100.9	300518.297	3641.278	ANC10068
2	8986946.24	300658.371	3654.6084	BM-2
3	8986947	300643.84	3661.277	YANAS 1
4	8986685.17	301158.765	3600.9775	BM-3
5	8985733.89	299068.455	3793.1426	BORDE
6	8986568.98	302124.729	3578.8506	BM-5
7	8986461.5	302112.348	3610.9452	BM-6
8	8986192.74	302517.036	3562.644	BM-7
9	8986221.16	302996.365	3518.4942	BM-8
10	8986898.45	302636.42	3331.0513	BM-9
11	8987094.46	300517.163	3639.8968	TN
12	8987091.37	300527.845	3634.5847	TN
13	8987095.79	300507.925	3645.3723	TN
14	8987094.54	300516.779	3640.6024	TN
15	8986658.84	303208.189	3274.475	YANAS 02
16	8987093.17	300515.615	3640.2694	TB
17	8987094.79	300514.519	3640.8341	TN
18	8987094.94	300514.349	3641.2522	TN
19	8987096.68	300502.563	3648.3829	TN
20	8987092.16	300514.046	3640.5259	TN
21	8987092.11	300513.299	3641.9186	TN
22	8987090.08	300525.346	3634.9248	CAIDA AGUA
23	8987086.62	300514.834	3639.8461	TN
24	8987075.29	300502.374	3649.7841	TN
25	8987091.74	300519.908	3637.6439	CAIDA AGUA
26	8987082.17	300515.369	3639.8742	TN
27	8987080.56	300501.329	3648.8909	TN
28	8987085.91	300518.946	3637.4123	TN
29	8987076.09	300516.723	3640.1112	TN
30	8987073.6	300502.295	3649.5361	TN
31	8987069.62	300518.302	3640.743	TN
32	8987072.51	300507.337	3646.6544	TN
33	8987063.63	300517.636	3640.3143	TN
34	8987076.45	300539.804	3627.6346	CAMINO
35	8987074.35	300538.832	3628.1053	CAMINO
36	8987056.68	300517.081	3640.0897	TN
37	8987061.94	300505.543	3647.145	TN
38	8987056.14	300504.414	3647.3241	TN
39	8987052.21	300517.67	3639.5963	TN
40	8987066.82	300546.565	3625.8323	CAMINO

PTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.
41	8987065.58	300544.353	3626.4703	CAMINO
42	8987063.39	300540.036	3629.3581	TN
43	8987042.76	300519.571	3639.7066	TN
44	8987044.63	300505.168	3647.1564	TN
45	8987035.72	300520.978	3639.8153	TN
46	8987031.67	300508.148	3646.2746	TN
47	8987037.95	300557.567	3623.3179	CAMINO
48	8987036.48	300556.808	3623.6674	CAMINO
49	8987031.95	300553.744	3627.1381	TN
50	8987035.07	300518.603	3641.0912	TN
51	8987024.52	300510.062	3648.3694	TN
52	8987029.51	300550.242	3629.2856	TN
53	8987024.48	300520.674	3642.6109	TN
54	8987009.73	300529.562	3649.9688	TN
55	8987022.28	300561.597	3631.9508	TN
56	8987017.91	300527.089	3643.0666	TN
57	8987018.28	300528.818	3642.0439	TN
58	8987024.92	300569.109	3628.1911	TN
59	8987025.45	300573.348	3626.3751	TN
60	8987010.4	300530.812	3649.2951	TN
61	8987014.17	300535.811	3645.2998	TN
62	8987027.14	300576.192	3624.5836	CAMINO
63	8987025.82	300574.535	3624.8364	CAMINO
64	8987015.69	300541.227	3642.275	TN
65	8987000.45	300535.57	3649.6302	TN
66	8987014.75	300591.202	3622.7902	CAMINO
67	8987012.96	300589.186	3623.2317	CAMINO
68	8986985.69	300540.143	3649.508	TN
69	8986996.2	300547.847	3643.1356	TN
70	8987006.89	300586.065	3626.9108	TN
71	8986994.56	300559.051	3638.2176	TN
72	8986985.79	300540.165	3649.5192	TN
73	8987006.52	300584.276	3627.6652	TN
74	8986985.24	300571.087	3637.7169	TN
75	8986970.18	300553.853	3649.1458	TN
76	8987004.84	300603.402	3628.7491	TN
77	8986965.37	300561.669	3649.7854	TN
78	8986980.33	300582.883	3638.573	TN
79	8987013.15	300624.012	3630.053	TN
80	8986964.33	300576.108	3647.8706	TN
81	8986986.44	300599.21	3642.4469	TN
82	8986967.33	300590.159	3648.3396	TN
83	8987020.55	300648.736	3626.1493	TN
84	8987029.55	300648.606	3620.3097	TN
85	8986987.4	300614.933	3646.5388	TN

PTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.
86	8986972.68	300602.845	3651.681	TN
87	8987029.95	300642.653	3617.9552	CAMINO
88	8987031.67	300641.772	3617.7439	CAMINO
89	8987022.1	300631.125	3619.9731	CAMINO
90	8987020.47	300631.087	3620.2505	CAMINO
91	8987016.83	300617.919	3622.168	CAMINO
92	8987015.52	300618.774	3622.3155	CAMINO
93	8987011.68	300609.296	3622.1861	CAMINO
94	8987009.61	300607.638	3623.0229	CAMINO
95	8986988.96	300637.125	3642.059	CAMINO
96	8986996.51	300645.576	3636.156	TN
97	8987028.63	300671.883	3615.898	CAMINO
98	8987026.28	300670.013	3616.0286	CAMINO
99	8986998.71	300649.107	3634.2646	TN
100	8986991.43	300641.936	3639.5066	TN
101	8987016.11	300664.026	3625.9744	TN
102	8986994.09	300659.671	3632.8086	TN
103	8986982.83	300650.409	3639.9964	TN
104	8987019.59	300667.663	3622.3709	TN
105	8986985.67	300669.846	3633.7029	TN
106	8986975.38	300660.329	3640.8593	TN
107	8986965.02	300671.663	3640.3937	TN
108	8986977.66	300682.731	3632.5083	TN
109	8986968.4	300674.961	3638.6024	TN
110	8986977.09	300689.543	3630.844	TN
111	8986988.09	300676.772	3630.3721	TN
112	8986990.64	300677.363	3629.769	TN
113	8986979.03	300668.237	3637.502	TN
114	8987002.47	300665.279	3629.4289	TN
115	8986984.55	300658.016	3637.0532	TN
116	8987008.32	300658.347	3629.0312	TN
117	8986991.74	300646.356	3638.2208	TN
118	8987014.25	300642.912	3630.4728	TN
119	8987001.17	300633.483	3639.1909	TN
120	8987012.58	300632.375	3630.2046	TN
121	8987003.37	300626.531	3638.8225	TN
122	8987013.41	300624.262	3630.0167	TN
123	8986997.69	300615.683	3641.344	TN
124	8986991.92	300604.887	3641.7453	TN
125	8987007.72	300620.17	3631.8229	TN
126	8986984.06	300593.228	3640.2014	TN
127	8985737.71	299067.001	3792.7687	FONDO
128	8986978.35	300691.358	3630.0829	TN
129	8986984.42	300685.069	3630.1234	TN
130	8986970.36	300676.524	3637.7247	TN

PTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.
131	8986990.85	300677.561	3629.6829	TN
132	8986965.01	300680.774	3637.2477	TN
133	8986996.55	300670.829	3629.3198	TN
134	8986955.54	300688.681	3636.6267	TN
135	8986991.25	300662.996	3632.9087	TN
136	8986954.58	300685.633	3637.9365	TN
137	8986983.03	300674.253	3633.5161	TN
138	8986958.28	300675.214	3640.929	TN
139	8986976.2	300684.533	3632.1821	TN
140	8986958.64	300668.688	3643.6346	TN
141	8986956.13	300648.791	3652.5683	TN
142	8986954.21	300668.931	3647.0086	TN
143	8986951.16	300656.584	3652.0701	TN
144	8986966.29	300691.796	3631.8099	TN
145	8986948.1	300660.406	3652.1893	TN
146	8986948.56	300672.54	3647.4421	TN
147	8986944.31	300662.556	3652.3228	TN
148	8986942.65	300673.864	3648.2837	TN
149	8986960.94	300695.969	3631.4369	TN
150	8986937.82	300667.819	3652.3566	TN
151	8986936.37	300675.859	3647.7523	TN
152	8986930.89	300671.656	3652.1686	TN
153	8986954.31	300706.519	3627.79	TN
154	8986928.81	300680.628	3647.2014	TN
155	8986925.46	300674.229	3652.5528	TN
156	8986916.25	300688.95	3646.2936	TN
157	8986913.03	300680.423	3653.1941	TN
158	8986930.4	300692.897	3644.1012	TN
159	8986935.69	300689.321	3644.2091	TN
160	8986918.32	300680.137	3650.548	TN
161	8986939.32	300687.86	3644.1264	TN
162	8986942.62	300686.647	3643.5519	TN
163	8986941.13	300680.598	3644.3211	TN
164	8986935.04	300677.575	3647.0839	TN
165	8986932.66	300677.912	3647.6565	TN
166	8986916.9	300708.438	3640.8144	BM-3
167	8986922.88	300681.68	3647.6425	TN
168	8986910.57	300692.503	3645.8292	TN
169	8986911.51	300683.543	3650.67	TN
170	8986911.61	300696.087	3644.5278	TN
171	8986920.55	300705.261	3641.2899	TN
172	8986913.88	300695.056	3644.6626	TN
173	8986910.25	300688.72	3646.9267	TN
174	8986926.93	300698.246	3642.4161	TN
175	8986905.28	300691.412	3646.6513	TN

PTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.
176	8986908.28	300698.393	3643.9357	TN
177	8986972.08	300698.099	3628.3395	TN
178	8986934.05	300700.823	3636.2642	TN
179	8986962.87	300704.141	3626.5093	TN
180	8986940.41	300694.315	3637.3097	TN
181	8986949.84	300712.238	3625.3422	TN
182	8986947.32	300690.696	3637.3604	TN
183	8986945.94	300720.303	3623.7755	TN
184	8986950.2	300694.074	3635.5179	TN
185	8986940.14	300727.403	3621.5482	TN
186	8986935.55	300732.46	3620.8234	TN
187	8986942.39	300699.633	3635.0635	TN
188	8986933.94	300704.433	3634.3974	TN
189	8986929.25	300726.062	3622.3339	TN
190	8986926.54	300710.419	3633.4533	TN
191	8986934.81	300722.208	3623.1881	TN
192	8986925.12	300725.266	3623.5848	TN
193	8986923.5	300724.382	3625.5494	TN
194	8986919.08	300717.691	3631.5345	TN
195	8986927.13	300720.034	3626.7087	TN
196	8986913.66	300720.042	3631.9894	TN
197	8986933.55	300714.27	3628.1134	TN
198	8986939.27	300710.637	3629.1151	TN
199	8986945.62	300705.222	3630.0128	TN
200	8986903.01	300695.3	3645.2659	TN
201	8986912.69	300708.408	3640.8583	TN
202	8986907.49	300720.561	3631.7393	TN
203	8986919.11	300728.299	3624.5753	TN
204	8986905.81	300702.795	3642.1617	TN
205	8986896.73	300696.41	3645.9181	TN
206	8986900.2	300722.189	3630.7759	TN
207	8986912.47	300731.046	3625.2356	TN
208	8986895.75	300701.4	3642.542	TN
209	8986888.37	300697.11	3646.0205	TN
210	8986900.39	300718.089	3632.4449	TN
211	8986911.29	300726.638	3627.5924	TN
212	8986894.28	300702.791	3641.0461	TN
213	8986883.77	300697.233	3645.0565	TN
214	8986892.38	300721.079	3631.0468	TN
215	8986904.52	300735.235	3624.9825	TN
216	8986886.07	300704.12	3640.3283	TN
217	8986901.9	300729.589	3626.4952	TN
218	8986886.08	300704.192	3640.3302	TN
219	8986885.18	300717.287	3632.0295	TN
220	8986893.4	300729.133	3626.5522	TN

PTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.
221	8986883.25	300695.826	3645.7384	TN
222	8986891.81	300734.684	3624.578	TN
223	8986886.7	300733.112	3624.5324	TN
224	8986879.42	300715.505	3631.6491	TN
225	8986880.36	300702.824	3639.2929	TN
226	8986886.89	300728.14	3626.4511	TN
227	8986879.43	300715.456	3631.6477	TN
228	8986876.54	300703.422	3637.6575	TN
229	8986876.16	300711.111	3634.0322	TN
230	8986881.48	300726.415	3625.8594	TN
231	8986855.84	300703.221	3635.8576	TN
232	8986849.4	300692.748	3644.6785	TN
233	8986860.5	300710.604	3632.0856	TN
234	8986850.34	300706.738	3636.3301	TN
235	8986843.11	300699.499	3645.4001	TN
236	8986860.4	300732.699	3620.1608	TN
237	8986854.17	300715.334	3631.9652	TN
238	8986847.35	300714.011	3637.3674	TN
239	8986837.86	300707.834	3645.7796	TN
240	8986853.87	300735.471	3619.5776	TN
241	8986853.09	300739.874	3617.6394	TN
242	8986854.11	300717.788	3629.1951	TN
243	8986847.32	300713.913	3637.3532	TN
244	8986849.99	300744.863	3618.5716	TN
245	8986831.42	300714.655	3646.1872	TN
246	8986838.11	300724.945	3637.7095	TN
247	8986845.65	300730.922	3628.9627	TN
248	8986846.12	300744.379	3621.6379	TN
249	8986843.02	300754.729	3617.3097	TN
250	8986839.06	300740.443	3627.8433	TN
251	8986831.66	300730.353	3637.3771	TN
252	8986823	300717.258	3645.2958	TN
253	8986839.27	300749.179	3621.0125	TN
254	8986832.46	300742.636	3628.1026	TN
255	8986823.33	300732.443	3635.2184	TN
256	8986820.87	300718.27	3643.7296	TN
257	8986830.51	300758.754	3618.7105	TN
258	8986824.73	300744.385	3626.4769	TN
259	8986828.08	300752.686	3622.0055	TN
260	8986796.19	300759.767	3620.3913	TN
261	8986790.26	300750.572	3627.0489	TN
262	8986786.17	300740.765	3634.045	TN
263	8986779.25	300726.995	3644.7348	TN
264	8986797.45	300763.764	3619.1609	TN
265	8986788.92	300759.744	3628.2997	TN

PTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.
266	8986780.52	300750.209	3636.275	TN
267	8986774.38	300739.808	3645.8902	TN
268	8986794.23	300770.177	3620.1545	TN
269	8986785.03	300763.137	3626.2053	TN
270	8986772.03	300755.487	3635.7206	TN
271	8986765.24	300749.782	3644.929	TN
272	8986757.89	300752.736	3644.1942	TN
273	8986766.61	300758.067	3634.6987	TN
274	8986788.27	300768.853	3621.2712	TN
275	8986783.99	300763.219	3625.4487	TN
276	8986793.06	300773.392	3617.7051	TN
277	8986773.87	300769.367	3624.2862	TN
278	8986760.59	300759.943	3634.3312	TN
279	8986756.38	300755.436	3642.3457	TN
280	8986755.51	300766.941	3634.6103	TN
281	8986770.52	300774.729	3624.8777	TN
282	8986777.09	300782.847	3618.6019	TN
283	8986752.08	300757.492	3640.7044	TN
284	8986776.5	300796.846	3616.3325	TN
285	8986769.51	300784.729	3623.1453	TN
286	8986753.02	300777.803	3636.1265	TN
287	8986745.37	300769.332	3640.9748	TN
288	8986740.47	300775.468	3644.1527	TN
289	8986753.63	300786.44	3638.1684	TN
290	8986765.7	300796.002	3625.2979	TN
291	8986775.71	300809.627	3616.1286	TN
292	8986775.08	300820.233	3614.2596	TN
293	8986762.27	300806.757	3625.1479	TN
294	8986748.91	300796.351	3637.7918	TN
295	8986739.88	300788.446	3645.894	TN
296	8986735.03	300795.914	3644.9986	TN
297	8986740.19	300801.937	3638.2821	TN
298	8986753.29	300818.176	3625.3503	TN
299	8986764.77	300824.787	3613.6887	TN
300	8986733.28	300806.774	3637.2291	TN
301	8986724.89	300800.088	3645.1011	TN
302	8986755.84	300829.174	3615.3538	TN
303	8986744.42	300819.004	3624.1274	TN
304	8986753.05	300817.809	3625.3832	BM-4
305	8986883.67	300730.877	3624.7201	TN
306	8986872.52	300700.196	3637.1281	TN
307	8986877.79	300689.31	3646.1636	TN
308	8986874.75	300725.796	3624.2007	TN
309	8986866.95	300701.756	3635.7368	TN
310	8986874.27	300685.676	3646.5308	TN

PTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.
311	8986870.11	300718.684	3626.8537	TN
312	8986860.79	300702.835	3635.7	TN
313	8986865.35	300682.927	3645.331	TN
314	8986867.44	300724.499	3624.3948	TN
315	8986854.42	300704.304	3635.9384	TN
316	8986855.62	300684.401	3645.5188	TN
317	8986856.79	300726.153	3624.3524	TN
318	8986848.06	300711.588	3636.6181	TN
319	8986846.58	300697.124	3645.1485	TN
320	8986819.59	300753.791	3619.5856	TN
321	8986822.05	300732.113	3635.2638	TN
322	8986817.3	300716.952	3643.6183	TN
323	8986811.75	300728.96	3635.2365	TN
324	8986808.94	300713.406	3644.1092	TN
325	8986814.91	300752.813	3619.9715	TN
326	8986799.26	300713.096	3644.0779	TN
327	8986798.24	300734.082	3632.5885	TN
328	8986810.77	300755.936	3618.6491	TN
329	8986805.24	300754.156	3620.4092	TN
330	8986790.54	300718.587	3644.9565	TN
331	8986789.69	300738.139	3632.322	TN
332	8986780.76	300725.709	3644.579	TN
333	8986784.98	300743.059	3634.9762	TN
334	8986801.28	300761.781	3617.5832	TN
335	8986826.74	300737.41	3631.4257	TN
336	8986819.5	300737.077	3630.5725	TN
337	8986812.77	300737.837	3629.2389	TN
338	8986795.56	300774.616	3616.8173	TN
339	8986806.05	300739.491	3628.2383	TN
340	8986799.8	300744.194	3626.3976	TN
341	8986793.3	300748.487	3626.5433	TN
342	8986792.09	300752.872	3625.1754	TN
343	8986789.89	300751.356	3627.4621	TN
344	8986789.97	300759.504	3627.586	TN
345	8986784.41	300763.05	3625.9752	TN
346	8986742.62	300803.903	3635.0448	TN
347	8986745.62	300813.26	3628.2049	TN
348	8986732.66	300810.234	3634.7949	TN
349	8986739.3	300815.173	3628.2365	TN
350	8986759.04	300817.745	3620.2144	TN
351	8986755.73	300822.056	3619.7368	TN
352	8986748.41	300822.297	3620.9145	TN
353	8986724.57	300814.206	3634.8938	TN
354	8986731.59	300818.393	3627.9208	TN
355	8986751.77	300828.91	3616.5492	TN

PTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.
356	8986747.23	300821.574	3622.4346	TN
357	8986746.01	300831.916	3614.5736	TN
358	8986740.71	300823.667	3621.4179	TN
359	8986738.58	300834.321	3612.9613	TN
360	8986735.87	300825.862	3621.1344	TN
361	8986717.13	300816.293	3635.0707	TN
362	8986724.65	300820.834	3629.1691	TN
363	8986728.47	300827.67	3620.5387	TN
364	8986733.73	300833.262	3614.515	TN
365	8986730.63	300839.01	3610.1409	TN
366	8986722.12	300831.095	3619.6325	TN
367	8986717.54	300822.47	3628.2409	TN
368	8986700.32	300824.161	3637.5923	TN
369	8986714.99	300834.838	3618.6425	TN
370	8986708.78	300827.094	3629.1453	TN
371	8986690.73	300825.857	3639.5763	TN
372	8986721.16	300849.327	3604.6406	TN
373	8986688.03	300828.362	3639.6311	TN
374	8986703.92	300831.176	3629.862	TN
375	8986710.21	300838.953	3618.7562	TN
376	8986709.99	300862.714	3603.9844	TN
377	8986681.2	300831.517	3639.6614	TN
378	8986697.36	300836.431	3628.4715	TN
379	8986701.51	300842.601	3620.9495	TN
380	8986700.29	300871.65	3603.7068	TN
381	8986696.87	300869.567	3603.9753	TN
382	8986688.58	300841.174	3627.5116	TN
383	8986691.04	300848.915	3620.3139	TN
384	8986669.93	300835.366	3640.1173	TN
385	8986680.86	300843.699	3628.0378	TN
386	8986681.27	300853.341	3620.5573	TN
387	8986761.66	300805.726	3625.2157	C-03
388	8986743.43	300816.362	3625.6921	TN
389	8986751.62	300812.882	3627.7018	TN
390	8986736.84	300810.554	3631.8667	TN
391	8986750.28	300802.729	3631.2019	TN
392	8986705.55	300881.594	3593.5692	CAMINO
393	8986705.16	300879.132	3594.0712	CAMINO
394	8986711.21	300874.34	3594.3716	CAMINO
395	8986710.62	300871.269	3595.0836	CAMINO
396	8986718.58	300866.211	3594.9511	CAMINO
397	8986718.08	300863.834	3595.5268	CAMINO
398	8986727.99	300858.542	3595.4769	CAMINO
399	8986728.81	300856.378	3595.8553	CAMINO
400	8986736.95	300854.364	3596.3137	CAMINO

PTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.
401	8986737.01	300852.422	3596.4988	CAMINO
402	8986745.16	300850.489	3597.8977	CAMINO
403	8986746.64	300847.655	3598.4869	CAMINO
404	8986757.39	300846.9	3600.2959	CAMINO
405	8986758.72	300844.116	3600.8987	CAMINO
406	8986768.33	300841.318	3601.0542	CAMINO
407	8986768.72	300838.995	3601.5811	CAMINO
408	8986778.02	300837.74	3601.2201	CAMINO
409	8986778.08	300836.173	3601.3957	CAMINO
410	8986787.15	300833.413	3602.4675	CAMINO
411	8986785.92	300830.924	3602.7075	CAMINO
412	8986791.51	300824.797	3603.004	CAMINO
413	8986681.68	300844.602	3626.8062	TN
414	8986681.94	300832.556	3638.9462	TN
415	8986668.54	300835.276	3640.3526	TN
416	8986672.07	300846.586	3627.0466	TN
417	8986668.47	300848.724	3627.5529	TN
418	8986650.03	300854.333	3629.6437	TN
419	8986681.36	300831.785	3639.6975	E-2
420	8986679.66	300852.788	3621.031	TN
421	8986646.77	300855.866	3628.9711	TN
422	8986672.12	300853.416	3621.4196	TN
423	8986668.08	300855.131	3620.7416	TN
424	8986640.46	300854.595	3630.5656	TN
425	8986660.53	300857.341	3620.3485	TN
426	8986654.31	300861.134	3619.8827	TN
427	8986637.36	300857.093	3629.1467	TN
428	8986637.36	300857.051	3629.1393	TN
429	8986647.77	300838.473	3643.8626	TN
430	8986649.2	300865.376	3619.2095	TN
431	8986667.27	300887.55	3596.0022	TN
432	8986632.43	300843.743	3644.3442	TN
433	8986628.65	300859.997	3630.5154	TN
434	8986647.93	300867.363	3616.61	TN
435	8986654.05	300895.45	3596.3159	TN
436	8986614.86	300848.769	3646.8485	TN
437	8986623.61	300863.618	3630.5922	TN
438	8986643.84	300870.098	3615.5235	TN
439	8986648.44	300902.553	3595.617	TN
440	8986606.82	300853.6	3646.4568	TN
441	8986618.44	300870.677	3628.4454	TN
442	8986641.94	300873.389	3615.5351	TN
443	8986606.77	300853.699	3646.4483	TN
444	8986635.25	300880.749	3614.6191	TN
445	8986632.8	300900.378	3603.6339	TN

PTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.
446	8986608.61	300874.238	3629.1048	TN
447	8986596.44	300858.014	3647.4127	TN
448	8986588.56	300861.003	3648.4687	TN
449	8986591.79	300878.09	3633.9165	TN
450	8986630.7	300884.73	3615.2354	TN
451	8986563.09	300975.162	3573.9287	QUEBRADA
452	8986465.48	300948.773	3628.41	QUEBRADA
453	8986494.37	300973.159	3604.3694	QUEBRADA
454	8986531.29	300974.32	3587.6913	QUEBRADA
455	8986558.47	300979.491	3574.6506	QUEBRADA
456	8986488.39	300980.031	3604.1457	QUEBRADA
457	8986452.45	300968.651	3622.9662	QUEBRADA
458	8986522.07	300984.779	3589.6678	QUEBRADA

V. Figuras y secciones obtenidas

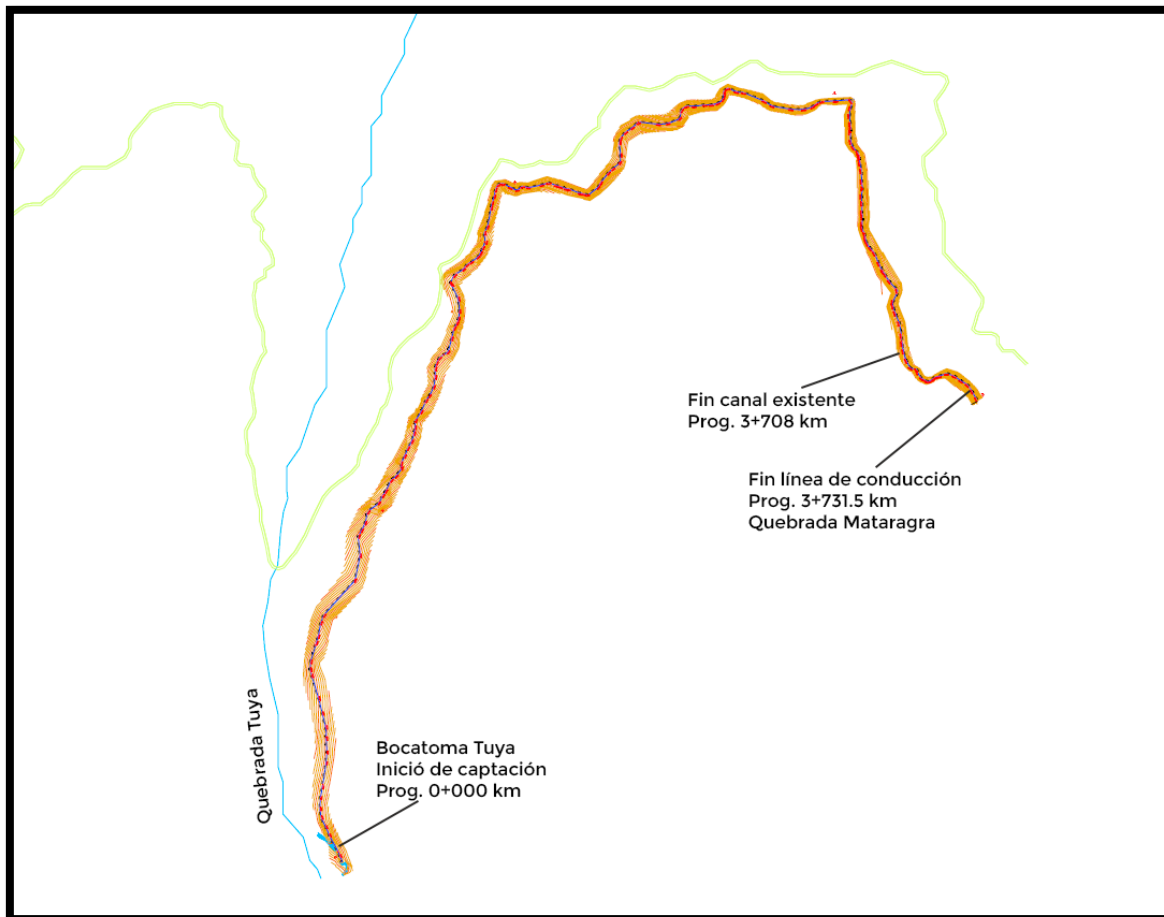


Figura 5. Vista en planta del levantamiento topográfico (Fuente: Elaboración propia.)

Panel Fotográfico



Anexo 3: Resolución Directoral N° 775-2016-ANA-AAA.M



RESOLUCION DIRECTORAL N° 775 -2016-ANA-AAA.M

Cajamarca,

14 JUN. 2016

VISTO:

El expediente administrativo N° 981-2015, ingresado con CUT N° 143852-2015, tramitado ante la Administración Local de Agua Alto Marañón, organizado por la Municipalidad del Centro Poblado Yanas, sobre Acreditación de Disponibilidad Hídrica de Agua Superficial con Fines Agrícolas, proveniente de las Quebradas Tuya, Mataragra y Auqui, para el desarrollo del proyecto: "Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Agua para riego del Sistema de Conducción Tuya – Mataragra – Auqui en el Centro Poblado de Yanas, Distrito de Huacchis, provincia de Huari, departamento de Ancash", ubicado en centro Poblado Yanas, distrito Huacchis, provincia Huari, región Ancash, y;



CONSIDERANDO:

Que, según establece el artículo 15º de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, la Autoridad Nacional del Agua tiene entre otras funciones la de otorgar, modificar y extinguir, previo estudio técnico, derechos de uso de agua;



Que, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2010-AG; es función de las Autoridades Administrativas del Agua, aprobar estudios y obras de aprovechamiento hídrico, en fuentes naturales de agua, de acuerdo a los planes de gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca;



Que, conforme lo señala el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, en su artículo 81º 81.1 aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG y modificado por Decreto Supremo N° 023-2014-MINAGRI, "La acreditación de la disponibilidad hídrica certifica la existencia de recursos hídricos en cantidad, oportunidad y calidad apropiadas para un determinado proyecto en un punto de interés y se puede obtener alternativamente mediante: a. Resolución de Aprobación de la Disponibilidad Hídrica; u, b. Opinión Técnica Favorable a la Disponibilidad Hídrica contenida en el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA), el numeral 81.2, del mismo cuerpo legal precisa que la acreditación de disponibilidad hídrica tiene un plazo de vigencia de dos (02) años, no faculta a usar el agua ni ejecutar obras y no es exclusiva ni excluyente...";

Que, mediante escrito del visto, la Municipalidad del Centro Poblado Yanas, solicitó Acreditación de Disponibilidad Hídrica de Agua Superficial con Fines Agrícolas, proveniente de las Quebradas Tuya, Mataragra y Auqui, para el desarrollo del proyecto: "Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Agua para riego del Sistema de Conducción Tuya – Mataragra – Auqui en el Centro Poblado de Yanas, Distrito de Huacchis, provincia de Huari, departamento de Ancash";

Que, mediante Informe Técnico N°291-2016-ANA-AAA.M.SDARH.M/EVS, la Subdirección de Administración de Recursos Hídricos de esta autoridad, luego de la evaluación del expediente administrativo considera procedente acreditar a favor de la Municipalidad del Centro Poblado Yanas, la Disponibilidad Hídrica de Agua Superficial con Fines Agrícolas para el desarrollo del proyecto: "Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Agua para riego del Sistema de Conducción Tuya – Mataragra – Auqui en el Centro Poblado de Yanas, Distrito de Huacchis, provincia de Huari, departamento de Ancash", por un volumen anual de hasta 1 284 059 m³, proveniente de la quebrada Tuya ubicada entre las coordenadas UTM WGS 84 zona 18 Sur: 299 090E 8 985 786N, a una altitud de 3 850 msnm, con un caudal de 65,00 l/s, de la quebrada Mataragra ubicada entre las coordenadas UTM WGS 84 zona 18 Sur: 300 526E – 8 987 139N, a una altitud de 3 700 msnm, con un caudal de 20,00 l/s y

RESOLUCION DIRECTORAL N° 775 -2016-ANA-AAA.M

de la quebrada Auqui, ubicada entre las coordenadas UTM WGS 84 Zona 18 Sur: 301 094E – 8 986 569N, a una altitud de 3 650 msnm, con un caudal de 14,218 l/s, políticamente se encuentran ubicadas en el centro Poblado Yanas, distrito Huacchis, provincia Huari, región Ancash;

Que, estando a lo opinado por la Subdirección de Administración de Recursos Hídricos y con el visado de la Unidad de Asesoría Jurídica, en uso de las atribuciones conferidas a esta Autoridad en el artículo 38° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG, así como la Resolución Jefatural N° 225-2014-ANA, por la cual se designó al Director de la Autoridad Administrativa del Agua Marañón.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Acreditar a la Municipalidad del Centro Poblado Yanas, la Disponibilidad Hídrica de Agua Superficial con Fines Agrícolas, para el desarrollo del proyecto "Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Agua para riego del Sistema de Conducción Tuya – Mataragra – Auqui en el Centro Poblado de Yanas, Distrito de Huacchis, provincia de Huari, departamento de Ancash", por un volumen anual de hasta 1 284 059 m³, proveniente de la quebrada Tuya, ubicada entre las coordenadas UTM WGS 84 zona 18 Sur: 299 090E - 8 985 786N, a una altitud de 3 850 msnm, con un caudal de 65,00 l/s, de la quebrada Mataragra ubicada entre las coordenadas UTM WGS 84 zona 18 Sur: 300 526E – 8 987 139N, a una altitud de 3 700 msnm, con un caudal de 20,00 l/s y de la quebrada Auqui, ubicada entre las coordenadas UTM WGS 84 Zona 18 Sur: 301 094E – 8 986 569N, a una altitud de 3 650 msnm, con un caudal de 14,28 l/s, políticamente ubicadas en el centro Poblado Yanas, distrito Huacchis, provincia Huari, región Ancash. La Disponibilidad Hídrica se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro N°01 Disponibilidad Hídrica

UNIDAD	DISPONIBILIDAD HIDRICA (m ³)												Total m ³
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	
Caudal l/s	28,78	0,00	0,00	15,44	63,24	52,85	32,61	9,25	36,95	53,27	99,28	94,34	
Volumen (m ³)	77 084	0	0	40 020	169 382	136 987	87 343	24 775	95 774	142 678	257 334	252 680	1 284 059



ARTÍCULO SEGUNDO.- ESTABLECER que el plazo máximo de vigencia de la presente Acreditación de Disponibilidad Hídrica es de dos (02) años. Cumplido dicho plazo, la acreditación caducará de pleno derecho.



ARTÍCULO TERCERO.- PRECISAR que la presente resolución NO autoriza la ejecución de obras de aprovechamiento hídrico, ni la utilización del recurso hídrico, siendo necesario para ello efectuar los trámites correspondientes, de conformidad con la Ley de Recursos Hídricos N° 29338, su Reglamento y demás normas de la materia.

ARTÍCULO CUARTO.- ESTABLECER que en el procedimiento de la Autorización de Ejecución de Obra de Aprovechamiento Hídrico, el administrado deberá considerar la instalación de Instrumentos de Control y Medición del Agua.

ARTÍCULO QUINTO.- ENCARGAR a la Administración Local de Agua Alto Marañón, la notificación de la presente resolución a la Municipalidad del Centro Poblado Yanas, en el modo y forma de ley.

Regístrese y Comuníquese

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA VI MARAÑÓN

Ing. Carlos Enrique Gestelo Vilanueva
DIRECTOR

Anexo 4: INFORME DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

Desarrollo del Proyecto de Investigación – 2022.

“Diseño de infraestructura hidráulica para el sistema de riego sectores Tuya - Mataragra, distrito de Huacchis - Ancash”

Lugar: **Centro Poblado de Yanas, distrito Huacchis, provincia, región Ancash**

1. Generalidades

1.1 Insumos utilizados

Para el presente estudio se utilizó la información hídrica de las microcuencas Tuya, Mataragra y Auqui; por lo que fue necesario evaluar la oferta de agua superficial de estas unidades hidrográficas. En ese sentido, se realizó un estudio hidrológico para determinar los parámetros hidrológicos necesarios para el diseño de las infraestructuras hidráulicas planteadas en la presente tesis. Asimismo, asegurar la existencia del balance hídrico respetando los caudales aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

Con respecto a su Hidrografía, se ubican en la vertiente del Atlántico, las cuales drenan sus aguas por la margen izquierda del río Marañón. Asimismo, se puede indicar que mediante la Resolución Directoral N° 775–2016-ANA-AAA.M con fecha 14 de junio de 2016 (ver Anexo 3) con fecha 14 de junio de 2016 se acreditó la disponibilidad hídrica para la quebrada Tuya, Mataragra y Auqui.

1.2. Objetivos

Objetivo General

Determinar la disponibilidad hídrica de la zona de estudio conformado por las quebradas Tuya, Mataragra y Auqui, para el diseño de infraestructura hidráulica para el sistema de riego sectores Tuya – Mataragra para el desarrollo agrícola del Centro Poblado Yanas.

2. Información básica

2.1. Información Cartográfica

Se utilizó información secundaria de acceso libre, tales como la Carta Nacional en escala 1:100000 (19-j), así como la utilización de herramientas como el software Google Earth Pro, imágenes satelitales e información proporcionada por los sitios web de las instituciones públicas con INGEMMET, SENAMHI y Ministerios Públicos.

2.2. Información Meteorológica

Se utilizó información de las siguientes estaciones meteorológicas:

- Estación Huari (1964-1967), SENAMHI.
- Estación Chavin (1987-2010), SENAMHI.
- Estación Chiquian (1964-2010) SENAMHI.
- Estación Dos de Mayo (2001-2010), SENAMHI.
- Estación Llata (1963-1979), SENAMHI.
- Estación Huallanca (1963-1976) SENAMHI.
- Estación Observatorio Huarapasca (1982-1993), Electroperu S.A.
- Estación Uruashraju (1982-1994) Electroperu S.A.
- Estación Yanacocha (1982-1994), INRENA.
- Estación Cahuish (1953-1999), INRENA.
- Estación Recreta (1953-1993) Consult Control S.A.
- Estación Milpo (1981-2010), SENAMHI.
- Estación Recuay (1964-2010) SENAMHI.
- Estación Yanamarey (1981-1988), Electroperu S.A.
- Estación Yanacancha (1997-2010) Antamina.
- Estación KM97 (2005-2007) Antamina.

2.3. Información de Campo

En el mes de mayo de 2022 se realizó una visita de campo con la finalidad de recopilar información de caudales, sin embargo, al encontrarnos en época de bajas crecientes el flujo hídrico era mínimo, por lo que ni aplicando el método de aforo por flotador dio resultados. En ese sentido, se tomó como válidos los métodos que fueron aplicados en el presente estudio, determinando el caudal máximo, teniendo en consideración el caudal ecológico.

3. Tratamiento de Información Pluviométrica

3.1. Análisis de Consistencia

Tratamiento de la Información

Al no existir registros hidrométricos se utilizó información meteorológica, principalmente de precipitación, utilizando información de estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.

Análisis de Precipitación

Se realizó un análisis de los registros (precipitación), con la cual se obtuvo series históricas que reúnen las características regionales de forma consistente, para utilizarlo como insumo

para el presente estudio.

Análisis Gráfico

Se graficó en coordenadas aritméticas con la finalidad de detectar saltos y/o tendencias (puntos de inflexión) que permiten diferenciar períodos, las cuales pueden contener información poco confiable.

Cuadro 1: Precipitación Total Mensual Estación Huari 1964/1967 – Serie Histórica

Latitud: 09° 21' S	ESTACION HUARI/000425/DRE-04	Dist. : Huari
Longitud: 77° 10' W	PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)	Prov. : Huari
Altitud: 3149 msnm	SERIE HISTORICA – PERIODO 1964/1967	Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1964	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	13.4	47.0	87.9	97.1	54.6	
1965	80.8	117.3	221.6	s/d	24.0	s/d	s/d	9.0	94.5	45.0	80.6	99.3	
1966	60.5	79.2	80.4	16.1	54.7	0.0	0.5	9.5	4.3	101.8	75.8	84.0	566.8
1967	102.6	187.8	118.2	54.7	13.2	1.9	8.4	20.3	26.3	141.3	69.9	96.3	840.9
N°ANOS	3	3	3	2	3	2	2	4	4	4	4	4	2
MEDIA	81.3	128.1	140.1	35.4	30.6	1.0	4.5	13.1	43.0	94.0	80.9	83.6	703.9
D. Est.	21.1	55.1	73.1	27.3	21.5	1.3	5.6	5.2	38.5	39.7	11.7	20.4	193.8
C. V.%	26.0	43.0	52.2	77.1	70.2	136.8	125.8	39.8	89.5	42.2	14.5	24.4	27.5
MAX.	102.6	187.8	221.6	54.7	54.7	1.9	8.4	20.3	94.5	141.3	97.1	99.3	840.9
MIN.	60.5	79.2	80.4	16.1	13.2	0.0	0.5	9.0	4.3	45.0	69.9	54.6	566.8

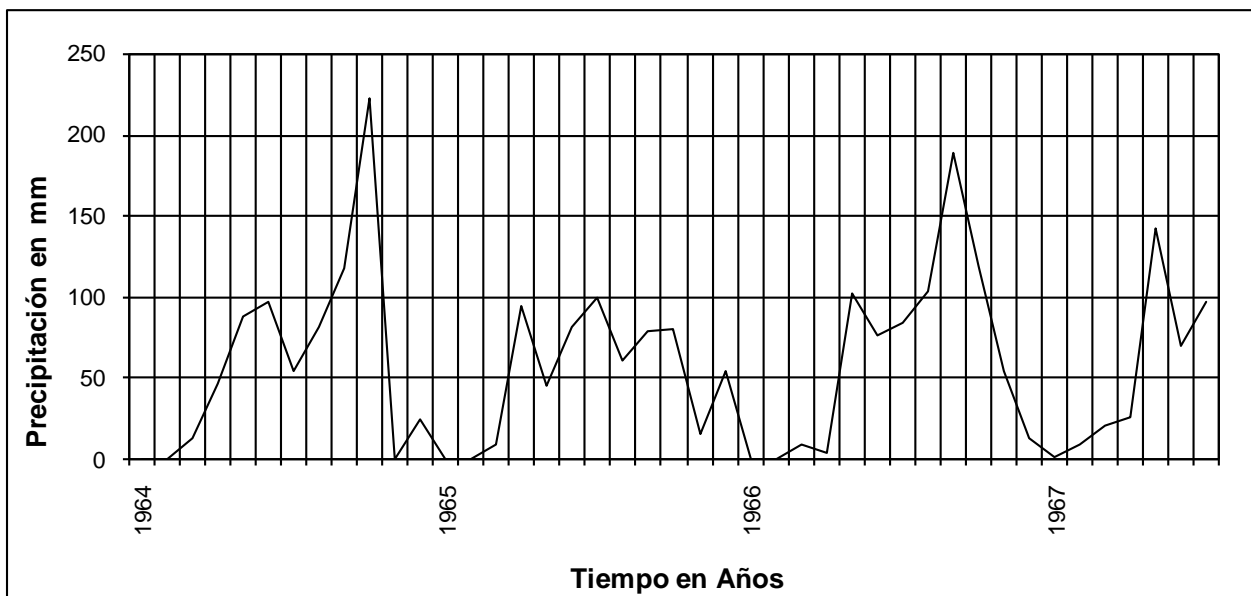


Figura 1: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Huari 1964/1967 – Serie Histórica (Fuente: SENAMHI)

Cuadro 2: Precipitación Total Mensual Estación Chavín 1987/2010 – Serie Histórica

Latitud: 09' 35.2S
 Longitud: 77° 10.5W
 Altitud: 3210 msnm

ESTACION CHAVIN/000445/DRE-04
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)
SERIE HISTORICA – PERIODO 1987/2010

Dist. : Chavín de Huantar
 Prov. : Huari
 Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1987	s/d	s/d	63.0	56.3	9.8	10.8	17.0	16.2	45.0	38.7	94.5	85.9	
1988	164.3	93.4	98.3	134.5	24.4	0.0	0.0	0.0	44.9	66.5	43.9	63.8	734.0
1989	79.4	103.5	118.6	66.1	18.8	20.3	3.7	18.3	55.8	96.2	48.4	28.7	657.8
1990	85.5	95.4	102.3	42.8	28.6	34.2	8.7	0.0	51.9	145.4	115.8	94.8	805.4
1991	107.5	88.3	188.2	44.8	23.3	4.1	2.8	0.0	31.9	75.5	83.0	44.0	693.4
1992	52.5	66.5	98.8	27.7	0.0	5.5	3.4	36.4	23.5	63.2	76.1	40.6	494.2
1993	120.9	128.1	188.6	124.9	21.1	7.9	11.0	13.9	69.5	86.6	160.9	183.1	1116.5
1994	167.1	175.8	157.9	89.5	22.7	13.4	0.0	0.0	48.2	57.6	52.9	80.1	865.2
1995	112.2	98.5	152.0	75.5	53.1	22.0	1.0	0.0	35.7	87.7	75.5	142.2	855.4
1996	107.9	141.8	147.1	139.6	34.0	2.6	0.0	19.5	22.9	41.7	33.9	60.3	751.3
1997	85.9	125.7	61.3	20.9	12.0	5.9	1.4	13.4	41.3	52.2	101.3	111.4	632.7
1998	160.9	127.4	151.8	41.2	12.2	4.6	0.0	4.2	10.9	58.2	66.7	38.9	677.0
1999	118.3	239.2	113.8	98.3	34.8	13.7	5.7	3.6	70.1	51.0	92.5	93.5	934.5
2000	75.4	124.1	112.7	100.3	34.8	11.3	6.3	34.4	24.1	13.4	40.8	85.5	663.1
2001	124.6	63.6	133.4	37.1	38.3	5.5	5.1	6.9	35.1	76.6	99.1	90.4	715.7
2002	56.7	82.5	132.4	69.6	17.1	1.8	27.7	2.6	18.5	87.3	96.8	85.0	678.0
2003	44.5	63.0	104.6	51.8	25.8	7.1	1.9	15.3	15.2	29.9	57.9	147.0	564.0
2004	33.3	80.7	53.8	22.5	12.2	12.2	21.2	5.0	38.2	89.4	87.0	93.2	548.7
2005	57.8	69.3	84.0	37.4	21.6	1.9	0.8	4.1	15.4	80.6	39.8	95.5	508.2
2006	77.9	95.5	147.3	83.5	9.3	48.1	6.8	7.1	40.6	67.4	104.0	119.1	806.6
2007	85.7	30.0	132.1	103.8	22.2	0.9	6.0	6.9	13.1	27.7	108.5	84.1	621.0
2008	100.7	96.2	105.7	86.8	28.8	16.9	2.3	13.1	27.7	108.5	84.1	61.1	731.9
2009	170.9	100.1	196.3	91.6	47.3	18.6	14.3	9.8	6.7	93.7	40.9	104.9	895.1
2010	103.7	102.6	125	34.2	26.6	2.9	12	2.5	30.1	57.4	83.7	96.1	676.8
N° AÑOS	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	23
MEDIA	99.7	104.0	123.7	70.0	24.1	11.3	6.6	9.7	34.0	68.9	78.7	88.7	722.9
D. Est.	39.7	42.6	38.7	35.4	12.3	11.3	7.3	10.1	17.4	29.1	30.4	36.0	146.1
C. V. %	39.8	41.0	31.3	50.6	51.0	99.6	110.1	103.9	51.2	42.3	38.6	40.6	20.2
MAX.	170.9	239.2	196.3	139.6	53.1	48.1	27.7	36.4	70.1	145.4	160.9	183.1	1116.5
MIN.	33.3	30.0	53.8	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	13.4	33.9	28.7	494.2

Fuente:

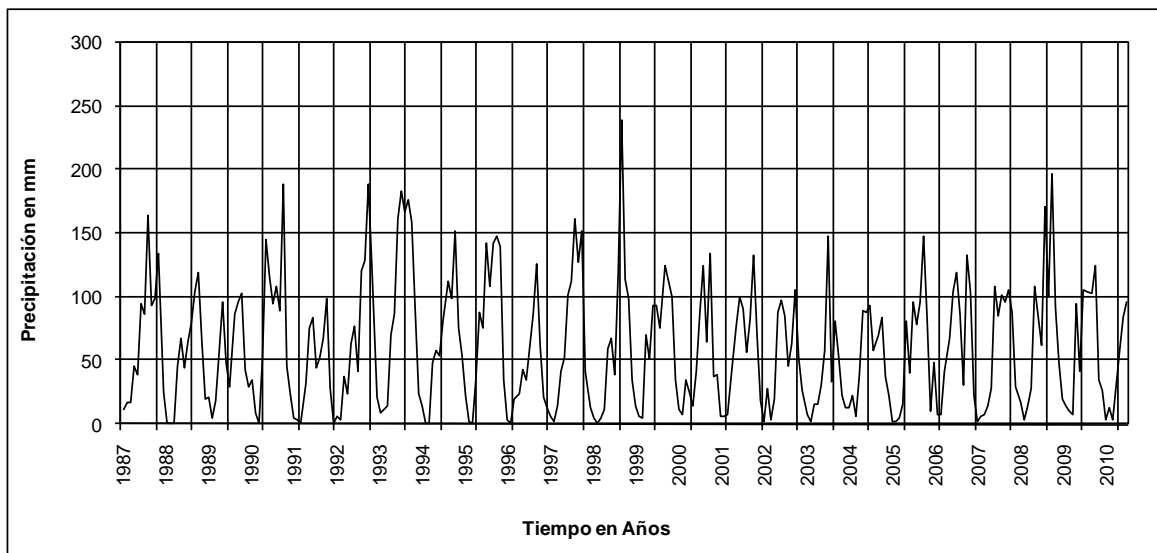


Figura 2: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Chavín 1987/2010 – Serie Histórica (Fuente: SENAMHI)

Cuadro 3: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Chiquián 1964/2010 – Serie Histórica

Latitud: 10° 09' S **ESTACION CHIQUIAN/000538/DER-04** **Dist. :** Chiquián
Longitud: 77° 09' W **PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)** **Prov. :** Bolognesi
Altitud: 3350 msnm **SERIE HISTORICA – PERIODO 1964/2010** **Dpto. :** Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1964	s/d	104.2	146.5	46.2	47.5	0.0	0.0	0.0	12.8	54.6	59.9	36.3	
1965	47.1	152.2	189.8	36.3	3.3	1.2	3.6	4.4	19.3	34.6	21.9	110.2	623.9
1966	128.7	61.1	57.9	57.4	11.9	0.0	0.0	0.2	11.8	132.7	34.2	42.2	538.1
1967	109.0	254.1	196.4	39.2	20.1	2.8	8.0	7.6	16.6	92.8	20.2	36.7	803.5
1968	112.9	66.3	113.8	13.6	20.1	7.6	s/d	s/d	s/d	s/d	46.8	25.2	
1969	53.1	s/d	119.9	59.7	0.5	0.9	1.5	0.7	6.4	41.6	118.2	128.5	
1970	145.2	91.2	114.7	100.4	44.3	6.1	0.4	5.4	68.1	69.2	65.3	133.6	843.9
1971	76.0	150.8	185.6	44.4	6.1	0.5	0.0	48.2	17.4	42.1	20.5	120.2	711.8
1972	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
1973	244.9	183.0	217.9	128.4	13.9	0.0	0.0	7.0	44.8	78.6	91.7	125.1	1135.3
1974	126.9	209.5	137.4	37.9	0.0	9.2	0.0	0.0	17.8	16.2	17.1	0.0	572.0
1975	141.4	130.1	199.4	43.4	48.8	13.0	0.0	13.0	17.2	12.0	40.0	95.4	753.7
1976	201.7	204.5	136.7	18.6	0.0	20.5	4.0	0.0	6.0	0.0	0.0	44.0	636.0
1977	83.9	181.7	108.7	9.0	14.9	0.0	3.0	0.0	10.0	12.9	71.6	95.4	591.1
1978	66.5	131.7	68.5	30.7	0.0	0.0	14.0	4.0	22.9	33.4	57.0	46.5	475.2
1979	42.9	126.6	215.4	48.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	439.6
1980	29.0	0.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	129.0	81.0	281.5
1981	105.2	345.5	259.9	105.6	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	254.8	371.2	59.0	1551.2
1982	143.0	135.6	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.6	40.9	11.4	421.3
1983	71.4	101.0	0.0	0.0	0.0	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0	30.4	58.8	279.8
1984	688.2	393.4	293.7	s/d	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.2	76.0	
1985	126.2	s/d	71.6	30.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	s/d	s/d	
1986	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
1987	170.1	100.3	65.1	26.7	8.5	0.0	4.4	2.8	s/d	5.8	47.5	s/d	
1988	189.0	58.5	100.7	123.3	15.4	0.5	0.0	1.6	9.2	40.6	33.5	68.1	640.4
1989	214.7	167.9	100.8	31.4	5.2	3.0	s/d	0.0	3.0	32.0	11.5	12.4	
1990	106.3	42.7	53.2	21.2	4.0	0.0	2.0	0.0	11.6	119.2	71.5	65.1	496.8
1991	80.3	81.8	145.9	73.3	71.4	0.0	0.0	2.5	28.4	68.2	35.1	62.1	649.0
1992	7.7	49.9	63.7	52.3	7.2	5.0	0.0	17.7	0.0	43.0	18.5	31.0	296.0
1993	190.6	202.0	224.8	181.6	17.9	0.0	4.5	10.0	12.0	72.0	129.3	88.6	1133.3
1994	200.7	150.4	158.0	92.2	26.1	0.0	0.0	4.0	39.0	7.8	45.1	94.0	817.3
1995	75.8	111.5	133.5	79.5	18.5	2.5	0.0	0.0	9.3	21.3	72.0	104.6	628.5
1996	118.6	205.5	144.0	65.8	11.5	0.0	0.0	1.5	1.5	37.0	41.5	76.9	703.8
1997	83.7	174.9	58.8	51.0	6.0	0.0	0.0	2.8	28.0	27.8	46.7	164.3	644.0
1998	230.1	179.7	181.4	55.1	9.1	0.0	0.0	0.0	10.5	53.2	25.3	76.0	820.4
1999	124.1	270.2	136.0	49.5	14.8	3.2	0.0	0.0	11.5	25.7	24.0	128.4	787.4
2000	92.0	207.0	149.3	49.7	41.5	0.0	0.0	16.3	14.5	70.9	22.5	137.9	801.6
2001	229.7	139.8	266.1	46.3	6.0	0.0	2.5	0.0	37.2	59.0	134.1	96.5	1017.2
2002	67.2	174.6	190.4	103.7	12.5	0.0	0.0	0.0	15.0	108.5	76.9	115.3	864.1
2003	102.0	78.7	130.6	69.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	27.3	15.8	126.5	553.4
2004	23.4	72.5	107.6	36.7	0.0	6.5	0.0	0.0	44.9	50.3	83.4	118.0	543.3
2005	67.0	84.9	172.3	50.5	8.0	0.0	0.0	3.5	0.0	22.0	15.5	110.8	534.5
2006	100.4	138.6	181.2	99.0	4.5	4.5	0.0	0.0	20.0	31.0	66.0	138.4	783.6
2007	108.4	53.5	157.2	119.2	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.2	16.7	46.5	569.7
2008	191.6	148.8	92.2	71.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	55.5	39.0	43.5	644.6
2009	112.1	177.6	162.8	105.8	21.5	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	46.0	93.2	733.0
2010	77.0	91.4	103.6	47.2	0.0	4.5	0.0	0.0	19.0	24.5	42.4	136.8	546.4
N°ANOS	35	34	36	35	36	36	34	35	34	35	35	34	29
MEDIA	138.8	151.9	135.3	52.8	13.7	2.9	1.4	5.7	14.3	46.9	58.9	74.5	692.9
D. Est.	113.5	83.0	71.4	39.2	17.2	5.2	2.9	11.8	15.2	49.3	64.9	42.6	274.7
C. V. %	81.8	54.6	52.8	74.2	125.2	179.7	205.8	206.8	106.2	105.0	110.1	57.2	39.6
MAX.	688.2	393.4	293.7	181.6	71.4	20.5	14.0	50.0	68.1	254.8	371.2	164.3	1551.2
MIN.	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	279.8

Fuente:

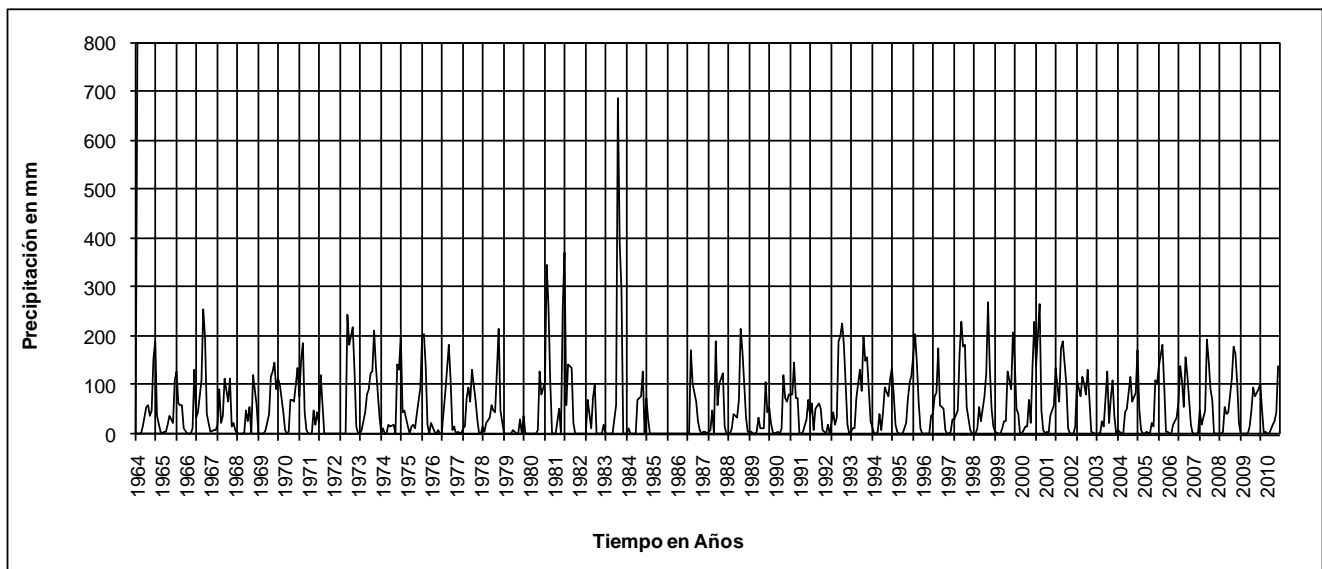


Figura 3: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Chiquián 1964/2010 – Serie Histórica (Fuente: SENAMHI)

Cuadro 4: Precipitación Total Mensual Estación Dos de mayo 2001/2010 – Serie Histórica

Latitud: 09° 42.7' S
Longitud: 76° 46.8' W
Altitud: 3360 msnm

ESTACION DOS DE MAYO
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)
SERIE HISTORICA – PERIODO 2001/2010

Dist. : Pachas
Prov. : Dos de Mayo
Dpto. : Huánuco

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
2001	233.8	259.3	262.8	66.3	49.0	0.0	14.4	12.0	53.6	57.0	94.7	117.5	1220.4
2002	34.3	161.1	250.1	76.9	30.1	0.0	27.4	2.1	21.9	88.3	119.3	129.9	941.4
2003	115.8	83.1	170.7	39.3	50.0	s/d	s/d	25.7	21.0	24.3	84.0	162.4	
2004	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
2005	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
2006	s/d	128.0	138.9	112.9	9.2	31.1	7.1	13.2	58.2	104.4	90.8	69.1	
2007	90.9	66.9	183.4	83.1	19.6	1.2	7.6	4.9	17.6	64.5	92.9	83.8	716.4
2008	105.7	108.8	92.2	39.7	16.2	14.0	0.6	1.7	33.2	97.1	54.4	122.9	686.5
2009	167.6	134.1	150.4	76.4	43.0	8.5	12.7	23.9	37.9	68.8	111.6	106.1	941.0
2010	99.4	115.6	145.7	66.5	13.7	8.4	6.7	5.2	14.0	79.4	151.9	128.5	835.0
N° AÑOS	7	8	8	8	8	7	7	8	8	8	8	8	6
MEDIA	121.1	132.1	174.3	70.1	28.9	9.0	10.9	11.1	32.2	73.0	100.0	115.0	890.1
D. Est.	63.3	59.2	57.4	23.9	16.5	11.1	8.5	9.4	16.7	25.5	28.5	29.0	194.4
C. V.%	52.3	44.8	32.9	34.1	57.2	122.9	77.8	84.8	51.9	34.9	28.5	25.2	21.8
MAX.	233.8	259.3	262.8	112.9	50.0	31.1	27.4	25.7	58.2	104.4	151.9	162.4	1220.4
MIN.	34.3	66.9	92.2	39.3	9.2	0.0	0.6	1.7	14.0	24.3	54.4	69.1	686.5

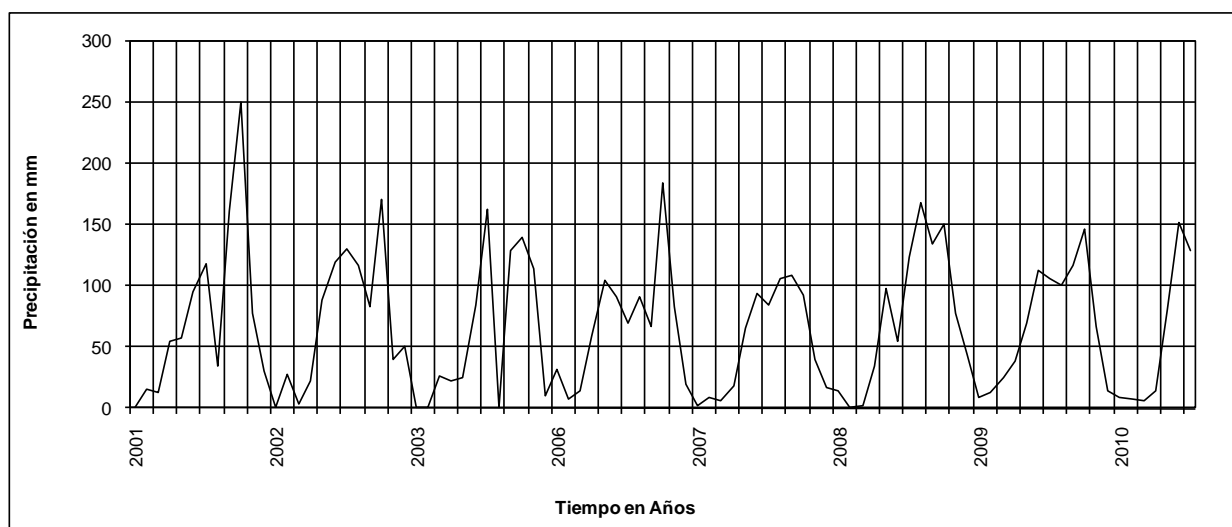


Figura 4: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Dos de mayo 2001/2010 – Serie Histórica (Fuente: SENAMHI)

Cuadro 6: Precipitación Total Mensual Estación Huallanca 1963/1976 – Serie Histórica

Latitud: 09° 53' S
Longitud: 76° 57' W
Altitud: 3260 msnm

ESTACION HUALLANCA/000460/DRE-10
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)
SERIE HISTORICA – PERIODO 1963/1976

Dist. : Huallanca
Prov. : Dos de Mayo
Dpto. : Huánuco

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1963	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	126.0	147.5	
1964	110.0	112.0	206.0	113.0	119.0	2.0	21.0	31.0	65.0	118.0	129.0	88.0	1114.0
1965	114.0	185.0	208.0	99.0	32.0	15.0	29.0	39.0	121.0	61.0	78.0	160.0	1141.0
1966	84.0	155.0	117.0	69.7	91.8	14.9	11.8	9.0	62.2	126.5	62.0	99.8	903.7
1967	183.0	232.7	160.0	73.5	52.0	7.0	28.5	44.5	74.0	180.5	91.5	63.5	1190.7
1968	153.5	137.8	175.0	72.0	46.0	27.0	20.5	41.5	87.0	115.5	74.0	118.7	1068.5
1969	113.5	168.4	163.5	120.8	15.0	56.8	16.2	41.4	60.4	100.0	163.6	166.0	1185.6
1970	152.4	124.1	142.8	142.9	45.8	35.5	45.6	15.1	84.0	88.6	127.9	131.8	1136.5
1971	131.2	205.9	204.6	101.8	81.1	18.5	24.5	84.1	26.2	s/d	60.8	140.2	
1972	137.3	144.5	252.4	150.5	54.7	16.5	9.1	24.4	59.6	72.4	84.3	165.4	1171.1
1973	202.0	164.9	148.6	148.0	39.2	25.2	47.8	42.6	110.7	171.1	153.4	146.9	1400.4
1974	163.3	s/d	137.0	141.5	12.1	41.4	58.3	35.4	53.4	113.8	89.8	111.4	
1975	204.0	143.5	208.2	99.6	89.0	30.5	18.7	57.2	68.2	91.8	101.5	142.1	1254.3
1976	212.3	169.5	143.7	78.3	90.2	31.8	3.5	35.9	47.1	81.6	96.2	89.6	1079.7
N°AÑOS	13	12	13	13	13	13	13	13	13	12	14	14	11
MEDIA	150.8	161.9	174.4	108.5	59.1	24.8	25.7	38.5	70.7	110.1	102.7	126.5	1149.6
D. Est.	40.7	34.1	38.6	30.2	32.5	14.8	16.1	18.7	25.4	36.4	32.4	32.0	122.8
C. V.%	27.0	21.1	22.1	27.8	55.0	59.7	62.6	48.5	35.9	33.1	31.5	25.3	10.7
MAX.	212.3	232.7	252.4	150.5	119.0	56.8	58.3	84.1	121.0	180.5	163.6	166.0	1400.4
MIN.	84.0	112.0	117.0	69.7	12.1	2.0	3.5	9.0	26.2	61.0	60.8	63.5	903.7

Fuente:

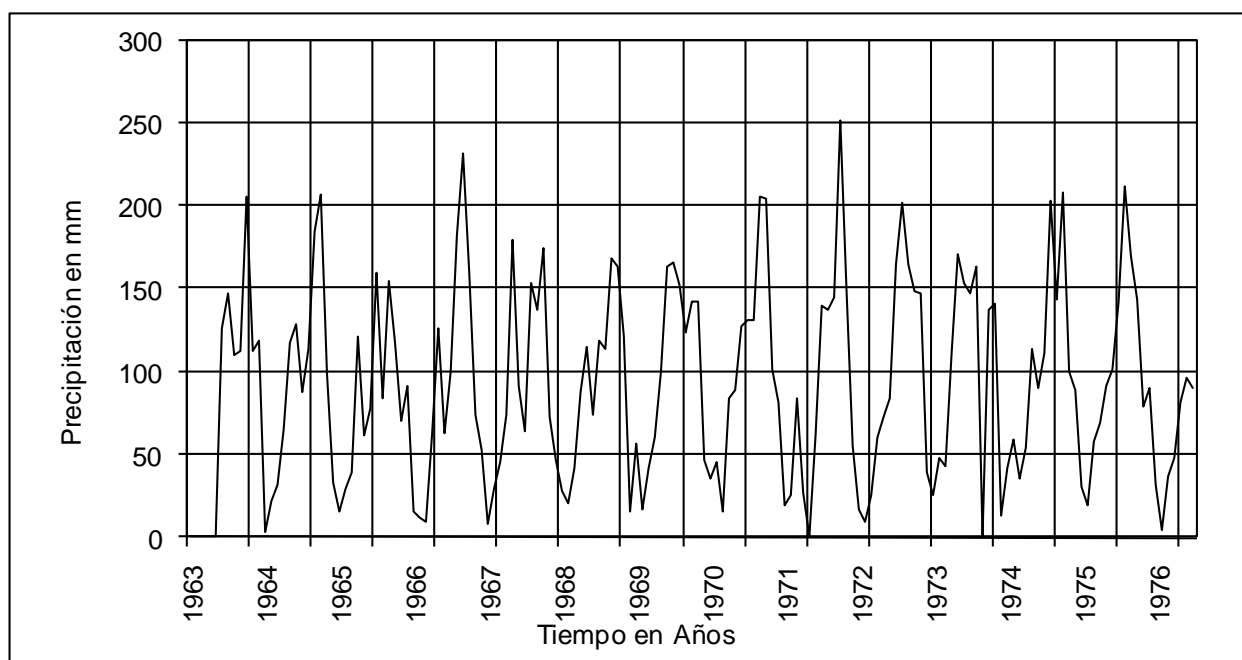


Figura 6: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Huallanca 1963/1976 – Serie Histórica (Fuente: SENAMHI)

Cuadro 7: Precipitación Total Mensual Estación Huaparasca 1982/1993 – Serie Histórica

Latitud: 09° 52' S
Longitud: 77° 11' W
Altitud: 5000 msnm

ESTACION OBSERVATORIO HUARAPASCA
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE HISTORICA - PERIODO 1982/1993

Dist. : Catac
Prov. : Recuay
Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1982	93.6	103.9	143.0	86.3	33.4	15.4	0.4	3.6	23.4	80.2	63.5	119.0	765.7
1983	56.7	64.0	101.0	161.0	8.3	43.0	8.0	5.4	51.4	35.2	43.4	102.3	679.7
1984	108.6	148.6	172.4	76.7	38.2	19.1	16.6	7.1	14.3	98.7	70.8	60.6	831.7
1985	60.7	88.3	87.0	63.0	35.8	25.6	15.1	36.4	55.9	26.4	76.3	100.2	670.7
1986	113.5	107.2	110.3	117.2	24.5	0.3	5.2	22.6	52.0	60.0	50.0	78.0	740.8
1987	166.3	114.4	110.1	23.2	8.2	0.0	0.0	13.2	45.7	91.0	73.5	85.4	731.0
1988	115.2	137.1	97.3	140.8	45.1	10.7	0.0	0.0	28.3	49.6	91.3	106.4	821.8
1989	114.5	136.1	89.1	153.4	58.3	0.2	0.0	13.3	41.3	63.1	15.3	27.4	712.0
1990	135.1	64.8	76.3	49.9	102.9	55.8	0.0	0.0	53.2	129.3	63.8	98.4	829.5
1991	99.7	121.6	243.3	219.6	39.8	0.0	0.0	0.0	32.2	62.7	154.6	129.4	1102.9
1992	105.4	161.5	80.5	45.4	26.4	0.0	0.0	0.0	18.7	77.5	43.5	36.0	594.9
1993	159.4	84.2	173.5	152.2	77.4	3.3	6.3	9.2	s/d	s/d	s/d	s/d	
N° AÑOS	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11
MEDIA	110.7	111.0	123.7	107.4	41.5	14.5	4.3	9.2	37.9	70.3	67.8	85.7	771.0
D. Est.	33.0	31.7	50.2	59.1	27.3	18.7	6.1	11.0	15.1	29.4	35.3	32.6	132.4
C. V.%	29.8	28.6	40.6	55.0	65.7	129.4	141.9	119.1	39.9	41.8	52.1	38.0	17.2
MAX.	166.3	161.5	243.3	219.6	102.9	55.8	16.6	36.4	55.9	129.3	154.6	129.4	1102.9
MIN.	56.7	64.0	76.3	23.2	8.2	0.0	0.0	0.0	14.3	26.4	15.3	27.4	594.9

Fuente:

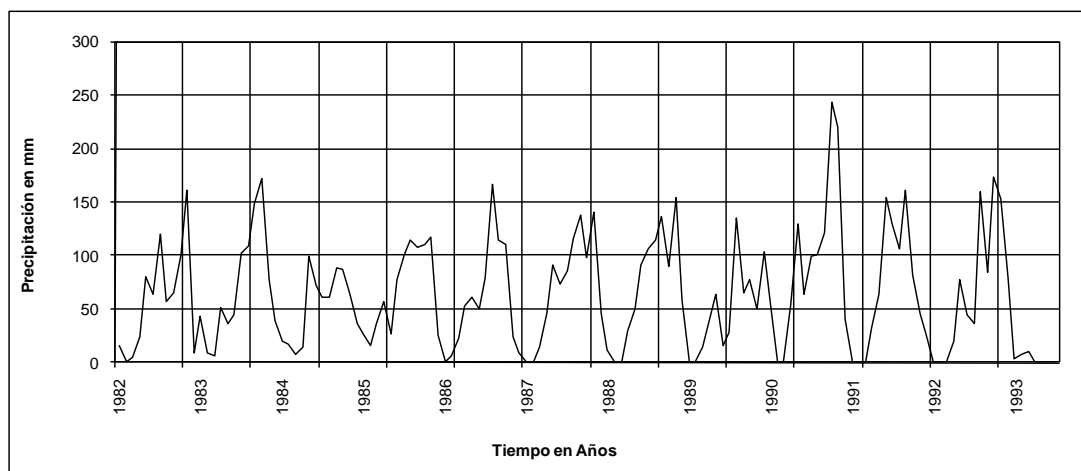


Figura 7: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Huaparasca 1982/1993 – Serie Histórica (Fuente: Electroperu S.A.)

Cuadro 8: Precipitación Total Mensual Estación Uruashraju 1982/1994 – Serie Histórica

Latitud: 09° 35' S
Longitud 77° 19' W
Altitud: 4692 msnm

ESTACION URUASHRAJU
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE HISTORICA - PER 1982/1994

Dist. : Olleros
Prov. : Recuay
Dpto. : Ancash

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1982	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	65.0	75.0	113.4	147.0	
1983	141.2	79.0	235.0	103.4	31.3	45.0	12.0	6.0	84.2	50.2	87.0	106.0	980.3
1984	226.1	290.0	301.3	106.0	53.0	27.0	33.4	2.0	41.0	137.2	86.0	152.0	1455.0
1985	111.0	173.0	228.0	63.1	42.1	21.2	12.4	29.1	121.0	36.2	152.1	203.0	1192.2
1986	191.0	174.2	170.0	145.0	23.3	0.0	11.2	40.1	13.1	76.0	129.1	126.2	1099.2
1987	236.4	200.0	139.4	137.0	85.0	8.0	34.2	9.8	79.1	62.1	172.1	175.1	1338.2
1988	287.0	187.1	114.0	175.2	57.0	3.6	0.0	0.0	42.0	153.0	105.4	120.5	1244.8
1989	308.7	262.9	207.0	169.1	39.1	14.2	0.0	29.3	35.4	136.2	56.9	2.2	1261.0
1990	213.7	118.0	134.6	89.4	67.8	39.4	0.2	2.4	38.2	213.0	161.2	132.5	1210.4
1991	193.0	119.1	196.3	140.5	43.6	0.0	0.0	0.0	78.0	86.3	137.3	129.4	1123.5
1992	73.3	136.6	96.5	62.8	54.8	43.3	0.0	40.9	85.0	105.0	96.4	47.2	841.8
1993	260.1	214.5	262.2	191.0	41.2	40.6	0.0	40.5	90.1	203.0	172.3	310.1	1825.6
1994	322.0	192.4	327.5	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
N°ANOS	12	12	12	11	11	11	11	11	12	12	12	12	11
MEDIA	213.6	178.9	201.0	125.7	48.9	22.0	9.4	18.2	64.3	111.1	122.4	137.6	1233.8
D. Est.	77.1	60.7	73.5	44.0	17.2	17.9	13.2	17.7	30.6	57.8	37.6	76.1	257.2
C. V. %	36.1	33.9	36.6	35.0	35.2	81.3	140.4	97.3	47.6	52.0	30.7	55.3	20.8
MAX.	322.0	290.0	327.5	191.0	85.0	45.0	34.2	40.9	121.0	213.0	172.3	310.1	1825.6
MIN.	73.3	79.0	96.5	62.8	23.3	0.0	0.0	0.0	13.1	36.2	56.9	2.2	841.8

Fuente:

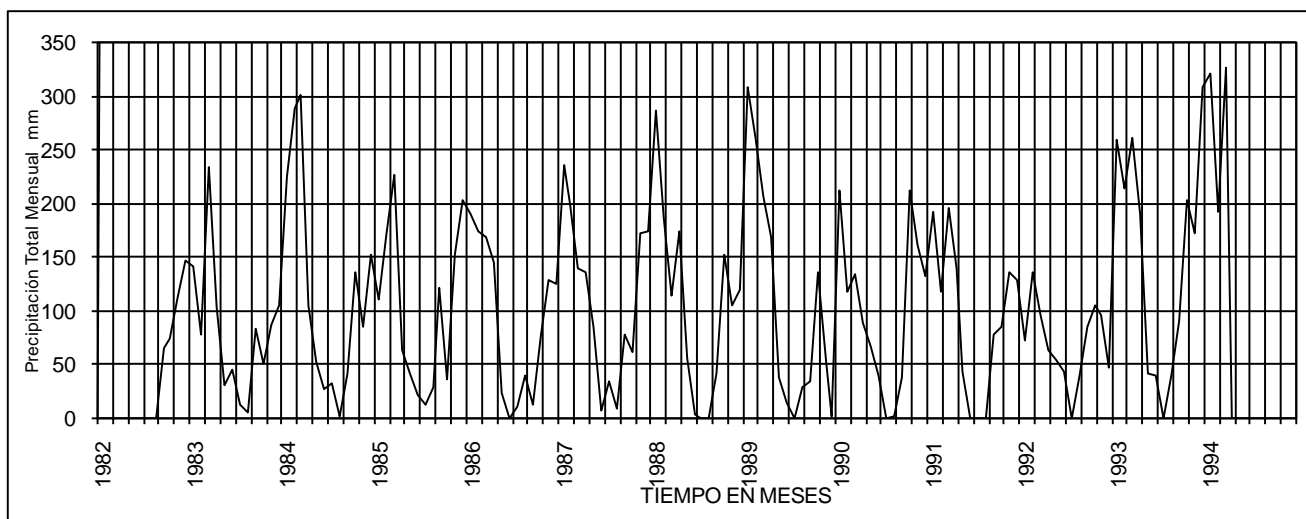


Figura 8: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Uruashraju 1982/1994 – Serie Histórica (Fuente: Electroperu S.A.)

Cuadro 9: Precipitación Total Mensual Estación Yanacocha 1953/1994 – Serie Histórica

Latitud: 10° 02' S
Longitud: 77° 13' W
Altitud: 4400 msnm

ESTACION YANACOCHA
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE HISTORICA – PERIODO 1953/1994

Dist. : Catac
Prov. : Recuay
Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	125.9	281.9	130.0	102.7	54.1	44.4	7.9	3.0	54.1	89.9	151.9	96.6	1142.4
1954	151.9	89.9	185.3	60.8	0.0	0.0	0.0	0.0	48.6	48.6	72.9	31.0	689.0
1955	117.3	274.0	264.9	82.6	48.6	0.0	0.0	0.0	25.5	56.5	23.7	100.9	994.0
1956	158.0	100.1	394.6	124.5	85.1	0.0	0.0	17.6	0.0	38.9	0.0	0.0	918.8
1957	136.1	30.4	120.9	157.7	17.1	0.0	0.0	0.0	30.4	36.4	18.2	30.4	577.6
1958	154.9	124.5	181.3	94.2	42.5	0.0	0.0	0.0	4.3	80.8	9.7	49.8	742.0
1959	40.1	215.7	284.3	130.6	121.5	6.1	0.0	0.0	0.0	80.8	0.0	241.2	1120.3
1960	171.3	181.0	144.0	167.7	40.1	0.0	0.0	0.0	24.3	77.8	102.1	48.6	956.9
1961	139.7	120.8	188.3	113.6	71.6	s/d	0.0	0.0	21.8	30.3	186.5	186.5	
1962	135.4	77.7	297.0	82.0	12.1	0.0	0.0	0.0	23.0	38.2	37.6	74.8	777.8
1963	141.5	162.8	319.5	223.5	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	18.2	102.0	216.8	1187.9
1964	26.7	224.7	192.5	154.9	39.4	16.4	0.0	12.7	6.6	30.3	113.0	18.8	836.0
1965	112.3	136.0	218.7	25.6	15.1	0.0	18.2	0.0	41.9	36.4	16.4	65.6	686.2
1966	26.7	127.5	111.1	28.5	89.2	0.0	0.0	0.0	55.2	134.8	37.6	55.3	665.9
1967	121.4	226.5	378.4	49.8	37.0	0.0	17.0	0.0	12.1	179.8	27.9	50.4	1100.3
1968	99.6	74.6	145.1	14.5	6.6	s/d	0.0	21.8	17.6	78.9	62.5	29.7	
1969	54.6	132.4	168.8	100.8	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	41.3	99.0	233.6	841.4
1970	230.8	118.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	75.3	0.0	0.0	431.8
1971	113.6	215.1	175.0	68.6	6.7	0.0	0.0	23.1	10.3	55.9	37.1	141.6	847.0
1972	156.8	114.2	370.6	107.5	3.0	0.0	0.0	0.0	4.3	15.2	31.6	89.3	892.5
1973	164.6	214.5	174.9	162.8	84.5	6.1	0.0	13.4	64.4	106.3	99.7	139.2	1230.4
1974	196.3	277.6	190.2	43.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.4	20.7	55.3	803.3
1975	149.4	120.3	227.4	71.7	77.2	0.0	0.0	50.4	66.2	41.9	54.7	58.3	917.5
1976	245.4	148.9	213.8	41.3	0.0	23.1	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	61.4	740.6
1977	156.1	336.0	62.0	68.7	44.4	49.8	0.0	9.7	17.0	28.0	148.2	79.6	999.5
1978	96.6	148.2	52.2	76.6	3.6	0.0	6.7	10.5	62.6	19.4	85.1	65.0	626.5
1979	60.1	161.4	290.0	21.3	23.1	0.0	0.0	0.0	129.1	0.0	19.4	149.2	853.6
1980	119.7	s/d	145.2	17.0	4.9	3.0	0.0	0.0	9.1	118.5	103.3	127.6	
1981	240.0	246.0	213.9	57.1	25.5	0.0	0.0	18.8	7.9	21.3	57.7	150.7	1038.9
1982	76.5	278.2	140.9	48.0	42.6	0.0	0.0	6.1	0.0	54.7	109.4	90.0	846.4
1983	150.7	159.2	0.0	255.1	66.9	0.0	9.1	0.0	7.9	34.0	31.4	104.5	818.8
1984	133.9	205.2	212.7	89.4	38.4	18.0	3.3	8.8	15.8	161.0	96.1	62.8	1045.4
1985	112.2	139.2	149.5	80.9	40.7	0.0	0.0	0.0	78.4	9.1	30.9	94.9	735.8
1986	204.7	172.6	71.0	161.1	0.0	0.0	1.2	0.0	20.1	0.0	62.6	74.2	767.5
1987	145.8	258.2	46.2	153.7	61.9	0.0	0.0	0.0	6.7	27.8	52.8	170.9	924.0
1988	142.3	233.3	80.2	184.8	76.0	12.8	0.0	0.0	0.0	49.8	21.9	74.8	875.9
1989	88.1	258.2	197.0	110.0	114.9	0.0	4.9	7.9	0.0	136.1	42.6	0.0	959.7
1990	187.8	66.2	77.2	65.1	0.0	17.6	0.0	0.0	20.1	141.7	173.8	63.8	813.3
1991	93.0	63.8	183.6	59.6	66.9	0.0	0.0	0.0	0.0	74.2	0.0	0.0	541.1
1992	142.7	s/d	83.3	27.3	s/d	s/d	s/d	s/d	0.0	20.7	111.8	6.1	
1993	96.6	233.0	211.5	138.2	88.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	208.3	0.0	976.0
1994	0.0	0.0	366.0	138.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	512.5
N°AÑOS	38	37	38	38	38	36	38	38	38	38	38	38	35
MEDIA	133.8	174.4	179.3	94.7	36.8	5.5	1.8	5.7	23.7	58.2	61.6	89.0	868.7
D. Est.	53.0	72.8	98.0	59.4	34.7	12.0	4.4	10.2	28.3	46.5	50.1	62.0	177.0
C. V.%	39.6	41.8	54.6	62.7	94.3	218.9	244.9	180.5	119.6	79.8	81.4	69.6	20.4
MAX.	245.4	336.0	394.6	255.1	121.5	49.8	18.2	50.4	129.1	179.8	186.5	241.2	1230.4
MIN.	26.7	30.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	431.8

Fuente:

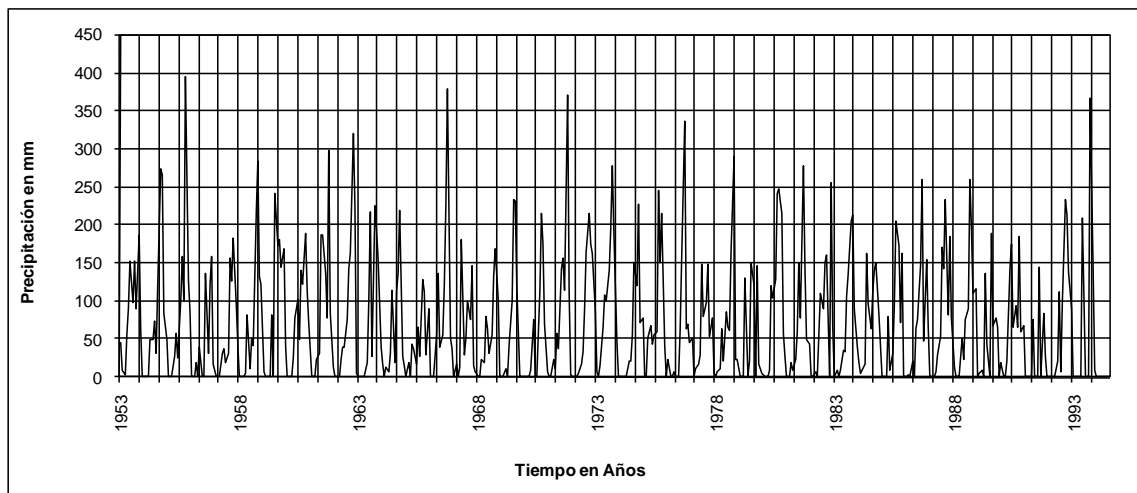


Figura 9: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Yanacocha 1953/1994 – Serie Histórica (Fuente: INRENA)

Cuadro 10: Precipitación Total Mensual Estación Cahuish 1954/1994 – Serie Histórica

Latitud: 3º 41' 50 S **ESTACION CAHUISH**
Longitud: 7º 15' 20 W **PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)**
Altitud: 4550 msnm **SERIE HISTORICA - PERIODO 1953/1999**
Dist. : Chavin de Huanta
Prov. : Huari
Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	139.1	228.6	104.0	149.7	42.2	10.1	8.4	17.8	46.1	137.2	262.0	56.4	1201.6
1954	210.9	43.4	68.3	190.1	139.6	0.0	0.0	0.0	0.0	65.3	71.9	142.6	932.1
1955	127.7	190.0	78.4	122.4	0.0	0.0	0.0	0.0	28.5	78.4	28.5	111.1	765.0
1956	121.8	178.2	71.3	77.0	104.9	0.0	0.0	11.3	15.4	9.5	10.7	35.0	635.1
1957	78.4	68.3	139.5	101.0	57.0	0.0	0.0	0.0	91.5	101.0	4.2	95.0	735.9
1958	59.4	142.6	83.2	136.7	35.6	0.0	0.0	0.0	25.5	121.8	14.9	75.5	695.2
1959	70.1	184.2	158.0	79.6	163.4	17.8	0.0	0.0	52.3	103.9	50.5	203.2	1083.0
1960	124.7	87.9	92.1	156.8	83.2	0.0	0.0	9.5	32.7	106.9	80.8	59.4	834.0
1961	213.9	115.2	188.3	173.5	62.9	3.0	0.0	0.0	38.6	19.0	155.1	135.5	1105.0
1962	154.5	168.7	181.2	128.3	41.0	0.0	0.0	0.0	16.6	66.0	56.4	40.0	852.7
1963	155.6	152.7	201.4	214.9	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	115.3	93.8	152.7	1100.0
1964	127.7	112.9	179.4	121.3	47.5	80.2	5.9	25.0	6.0	89.1	104.7	34.4	934.1
1965	123.0	132.4	183.6	42.7	47.5	0.0	16.6	0.0	58.8	126.0	81.4	175.2	987.2
1966	74.3	161.6	83.2	87.9	87.6	0.0	0.0	0.0	43.3	128.3	73.7	73.0	812.9
1967	104.0	209.7	213.2	93.3	21.4	7.1	14.9	15.4	30.9	154.3	72.4	62.4	999.0
1968	114.6	78.4	173.5	51.7	19.6	0.0	0.0	23.2	64.8	119.4	51.1	62.4	758.7
1969	99.3	112.3	108.7	136.7	3.6	0.0	0.0	19.6	19.0	65.4	134.9	219.8	919.3
1970	192.4	123.6	201.1	172.9	91.5	25.5	0.0	18.4	74.8	87.3	104.6	116.8	1208.9
1971	36.3	188.9	249.5	77.2	34.5	17.8	0.0	33.2	16.0	111.1	33.3	181.0	978.8
1972	121.8	77.2	323.8	114.0	54.6	0.0	12.5	3.0	37.4	77.2	63.0	101.6	986.1
1973	150.9	164.6	162.7	155.7	54.1	33.3	0.0	28.5	64.2	136.8	141.9	181.2	1273.9
1974	160.4	98.7	136.6	115.8	0.0	0.0	0.0	0.0	42.8	73.1	35.1	102.8	765.3
1975	216.2	172.3	306.5	79.6	61.1	0.0	0.0	43.4	35.1	124.8	63.5	114.3	1216.8
1976	244.1	145.5	90.3	93.5	0.0	73.7	17.8	0.0	25.5	20.2	0.0	0.0	710.6
1977	89.1	403.4	154.4	107.1	73.6	39.7	0.0	13.7	51.1	73.1	134.1	150.9	1290.2
1978	141.9	198.4	44.6	26.9	49.9	19.7	11.9	4.2	69.8	80.2	121.2	124.2	892.9
1979	52.3	51.5	241.6	73.7	33.3	0.0	12.5	0.0	61.8	31.5	54.7	101.0	713.9
1980	151.4	102.7	199.0	53.5	35.6	3.0	0.0	26.2	7.7	145.5	87.4	72.4	884.4
1981	197.2	242.4	152.4	42.4	0.0	4.8	0.0	64.1	43.3	91.5	156.3	171.6	1166.0
1982	67.1	228.7	175.2	118.7	55.3	6.6	12.5	4.2	0.0	58.2	241.8	127.7	1096.0
1983	46.9	117.6	213.8	104.5	41.6	0.0	0.0	6.5	75.4	25.5	54.7	244.1	930.6
1984	116.5	236.0	178.4	143.7	81.0	34.1	36.8	0.0	52.3	83.0	87.4	103.3	1152.5
1985	116.0	166.5	175.8	57.0	119.1	0.0	0.0	20.8	140.2	29.7	104.2	115.3	1044.6
1986	106.3	194.3	155.0	68.0	87.3	0.0	0.0	1.8	30.9	117.6	0.0	118.8	880.0
1987	193.1	244.1	161.6	33.9	81.4	5.4	10.7	2.4	0.0	110.5	109.9	29.1	982.1
1988	178.0	304.9	128.9	163.9	128.9	28.5	0.0	5.4	6.0	83.8	49.3	70.1	1147.7
1989	69.5	219.2	226.9	133.7	121.2	1.2	3.0	16.6	14.3	95.0	89.7	0.0	990.3
1990	175.2	84.9	119.4	58.2	11.9	93.3	0.0	0.0	60.0	158.0	92.7	148.5	1002.1
1991	92.7	87.0	307.1	207.0	162.8	27.3	17.2	1.2	30.3	71.3	0.0	65.4	1069.3
1992	77.2	87.3	66.0	76.6	3.6	66.6	4.8	23.2	35.1	81.4	77.8	27.4	627.0
1993	158.8	108.9	354.1	256.0	83.8	15.4	12.5	32.1	78.4	197.2	198.4	279.3	1774.9
1994	207.7	191.7	230.9	389.9	33.9	11.9	6.2	11.9	33.9	30.9	139.9	130.4	1419.2
1995	125.0	48.8	298.8	80.4	19.0	7.1	7.1	3.6	68.5	65.7	89.3	112.0	925.3
1996	163.7	225.0	192.2	119.0	37.5	13.1	s/d	4.8	10.7	34.5	28.0	287.3	
1997	81.0	107.2	76.8	54.8	42.3	10.7	0.0	44.1	100.0	38.7	104.1	104.1	763.8
1998	128.0	227.4	138.1	107.7	28.5	6.0	0.0	0.0	15.5	s/d	59.5	17.9	
1999	167.3	182.7	95.8	58.9	s/d	6.6	s/d	7.1	38.1	60.8	105.4	105.9	
N° AÑOS	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
MEDIA	129.5	161.4	160.7	106.8	57.5	13.3	4.3	10.9	38.9	90.0	83.5	108.1	964.9
D. Est.	52.6	73.0	63.3	46.4	41.6	23.5	7.9	14.5	29.6	39.1	58.0	58.6	174.8
C. V.%	40.6	45.2	39.4	43.5	72.3	176.9	183.6	133.0	76.1	43.4	69.5	54.2	18.1
MAX.	244.1	403.4	323.8	214.9	163.4	93.3	36.8	64.1	140.2	158.0	262.0	244.1	1290.2
MIN.	36.3	43.4	44.6	26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	0.0	635.1

Fuente:

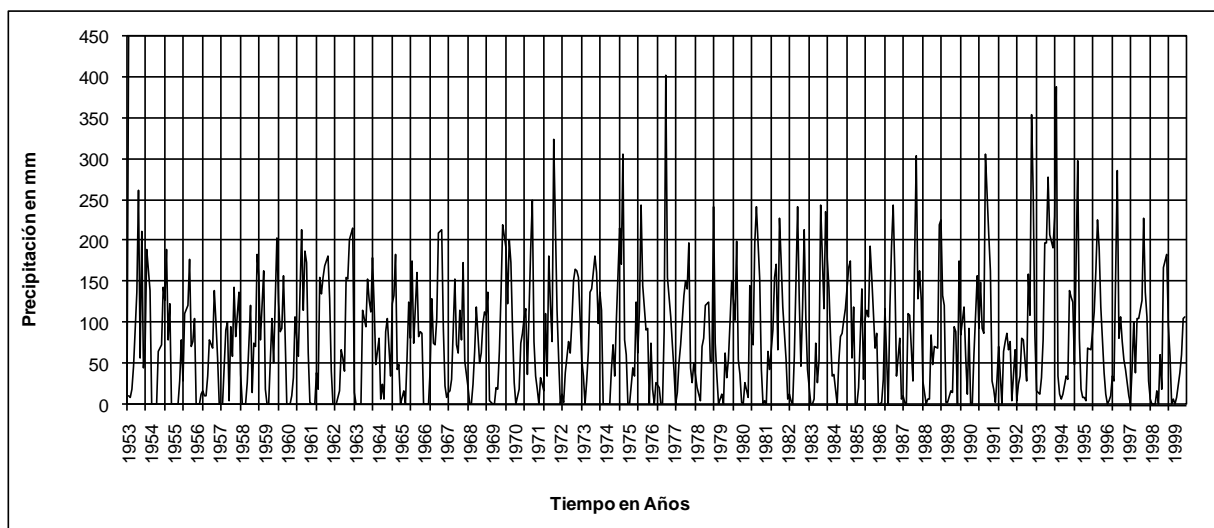


Figura 10: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Cahuish 1954/1994 – Serie Histórica (Fuente: INRENA)

Cuadro 11: Precipitación Total Mensual Estación Collota 1952/1970 – Serie Histórica

Latitud: 3° 57' 25 S
 Longitud: 7° 22' 5E W
 Altitud: 3800 msnm

ESTACION COLLOTA
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE HISTORICA - PERIODO 1952/1970

Dist. : Catac
 Prov. : Recuay
 Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1952	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	25.5	103.1	
1953	94.2	194.3	115.8	84.7	49.8	6.5	0.0	0.0	47.4	97.1	173.0	97.1	959.9
1954	148.7	62.2	65.2	20.7	17.2	0.0	0.0	0.0	17.8	20.1	39.7	34.4	426.0
1955	68.7	138.6	176.5	37.3	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	16.0	45.0	504.0
1956	81.2	105.4	113.1	96.0	0.0	0.0	0.0	8.9	10.1	6.5	0.0	0.0	421.2
1957	72.3	124.6	58.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	35.6	3.0	53.3	406.3
1958	71.1	79.3	133.3	91.8	5.9	0.0	0.0	0.0	3.0	41.5	8.9	25.5	460.3
1959	15.4	145.1	156.4	55.1	94.2	0.0	0.0	0.0	5.9	53.3	15.4	90.0	630.8
1960	61.0	53.3	123.2	66.9	26.1	0.0	0.0	1.8	11.8	26.7	62.2	0.0	433.0
1961	154.0	107.2	90.6	78.2	36.7	0.0	0.0	0.0	10.6	5.9	128.5	129.7	741.4
1962	117.3	39.7	146.2	60.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	20.1	13.0	409.1
1963	152.8	52.1	113.7	77.0	22.5	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	88.8	50.9	565.5
1964	10.0	96.5	103.0	12.2	23.7	0.0	0.0	0.0	0.0	33.7	13.0	20.7	312.8
1965	20.1	43.8	124.4	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.4	5.3	24.9	265.3
1966	94.8	46.8	71.6	33.1	2.9	0.0	0.0	0.0	13.6	114.9	40.8	28.4	446.9
1967	92.4	128.5	193.5	17.2	8.3	0.0	8.9	0.0	6.5	78.2	42.1	45.0	620.6
1968	30.8	47.9	69.2	0.0	29.9	0.0	0.0	14.8	2.3	38.5	38.5	24.2	296.1
1969	33.6	59.1	65.7	50.3	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	24.8	127.4	381.0
1970	114.3	48.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.3	24.8	0.0	0.0	230.4
N°ANOS	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	19	19	18
MEDIA	79.6	87.4	106.6	46.9	18.9	0.4	0.5	1.4	14.3	36.1	58.9	74.5	472.8
D. Est.	46.3	44.8	47.3	31.7	23.8	1.5	2.1	4.0	14.0	31.7	45.9	41.7	179.6
C. V.%	58.2	51.3	44.4	67.7	125.9	415.5	425.1	282.3	97.8	87.8	77.9	56.0	38.0
MAX.	154.0	194.3	193.5	96.0	94.2	6.5	8.9	14.8	47.4	114.9	173.0	129.7	959.9
MIN.	10.0	39.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	230.4

Fuente:

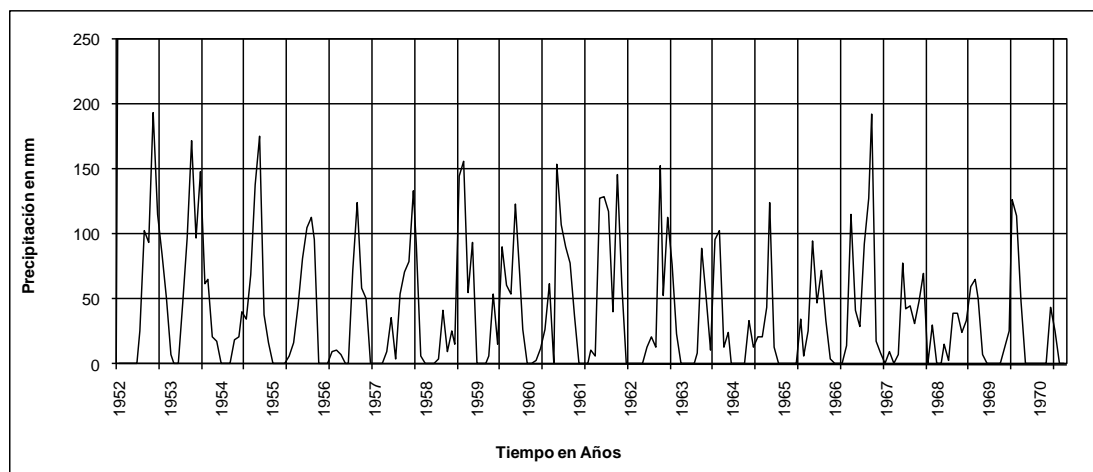


Figura 11: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Collota 1952/1970 – Serie Histórica (Fuente: SENAMHI)

Cuadro 12: Precipitación Total Mensual Estación Recreta 1953/1993 – Serie Histórica

Latitud: 10° 02' S
 Longitud: 77° 19' W
 Altitud: 4000 msnm

ESTACION RECRETA
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE HISTORICA – PERIODO 1953/1993

Dist. : Catac
 Prov. : Recuay
 Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	55.1	127.2	89.0	76.3	33.9	4.2	0.0	0.0	29.8	62.4	95.1	64.2	637.2
1954	105.4	72.7	44.8	15.1	13.4	0.0	0.0	0.0	23.0	36.5	33.4	29.8	374.1
1955	58.8	130.2	160.5	49.7	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	10.2	43.7	490.0
1956	72.7	70.3	110.3	97.0	0.0	0.0	0.0	6.1	3.6	20.6	0.0	0.0	380.6
1957	92.7	126.7	95.5	32.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	18.2	16.9	60.6	447.0
1958	49.1	90.9	227.0	57.6	9.1	0.0	0.0	0.0	1.2	20.6	0.0	15.1	470.6
1959	17.6	112.1	144.8	47.3	53.9	0.0	0.0	0.0	3.0	51.5	18.8	86.6	535.6
1960	80.6	60.0	112.6	71.5	6.7	0.0	0.0	0.0	2.4	27.3	24.8	0.0	385.9
1961	127.8	92.7	74.5	61.9	50.9	0.0	0.0	0.0	3.0	17.0	126.5	132.6	686.9
1962	132.7	109.1	180.6	86.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.6	23.0	552.0
1963	111.5	96.3	147.1	80.5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	82.0	49.1	582.7
1964	7.3	127.1	183.0	55.2	30.3	0.0	0.0	0.0	0.0	30.9	15.1	49.8	498.7
1965	40.0	50.3	158.6	15.8	12.1	0.0	0.0	0.0	1.8	23.1	7.9	36.3	345.9
1966	126.6	53.4	82.9	26.7	6.0	0.0	0.0	0.0	15.8	52.1	15.1	26.0	404.6
1967	82.3	169.5	98.6	10.9	6.6	0.0	15.8	0.0	3.6	66.7	13.0	27.1	494.1
1968	50.9	26.3	88.4	14.5	24.8	0.0	0.0	13.3	0.0	15.2	24.2	10.3	267.9
1969	19.2	91.5	105.9	66.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.6	47.2	167.7	521.7
1970	148.4	41.2	86.6	88.4	40.6	2.4	0.0	15.8	41.1	39.3	45.5	81.1	630.4
1971	50.3	121.7	170.8	19.9	0.0	3.0	0.0	18.2	5.5	43.6	21.2	77.0	531.2
1972	147.8	18.2	395.0	46.6	15.2	0.0	0.0	0.0	6.0	13.9	19.4	60.0	722.1
1973	133.3	84.8	120.5	127.8	8.4	1.8	0.0	0.3	31.5	70.2	58.1	90.3	727.0
1974	88.4	170.9	89.7	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	14.5	380.7
1975	92.1	82.4	82.4	62.4	12.7	0.0	0.0	9.7	21.8	13.9	7.3	22.4	407.1
1976	66.7	83.0	57.6	16.4	4.2	20.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	4.2	257.6
1977	62.1	97.2	86.0	21.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	92.7	30.9	394.9
1978	32.7	0.0	6.7	47.2	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8	5.5	12.1	33.9	162.9
1979	12.1	33.9	163.6	57.4	13.9	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	23.0	306.3
1980	72.2	4.8	31.8	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.7	34.5	22.5	223.8
1981	126.2	170.6	132.6	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	6.1	15.1	45.0	24.2	533.2
1982	87.4	182.0	61.8	43.5	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	14.8	50.3	147.7	592.1
1983	134.4	8.2	110.4	133.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	7.3	108.7	505.6
1984	24.8	325.0	155.6	43.0	43.6	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	23.0	44.3	661.1
1985	26.0	40.1	48.5	37.1	11.5	0.0	0.0	0.0	48.5	5.5	8.4	35.2	260.8
1986	102.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	7.9	12.8	0.0	23.0	67.8	216.9
1987	109.0	52.7	60.0	27.3	15.1	0.0	0.0	0.0	6.7	7.0	35.8	66.7	380.3
1988	86.7	133.8	60.6	92.0	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	36.3	47.9	491.2
1989	122.3	72.6	105.3	34.5	9.7	0.0	0.0	0.0	11.5	60.0	12.7	0.0	428.6
1990	54.5	29.1	63.6	9.1	9.1	8.5	0.0	0.0	4.8	78.8	73.9	15.1	346.5
1991	29.7	61.2	56.4	19.3	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	38.3	0.0	0.0	214.0
1992	29.0	41.5	94.7	19.1	2.1	6.1	0.0	1.3	0.0	15.1	7.9	0.0	216.8
1993	36.3	122.3	57.5	65.5	98.9	0.0	0.0	0.0	3.0	41.5	67.6	184.8	677.4
N° AÑOS	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
MEDIA	75.7	87.4	107.4	46.2	14.4	1.1	0.5	2.1	7.9	25.4	30.1	49.4	447.4
D. Est.	41.3	62.1	67.5	33.3	19.9	3.5	2.5	4.9	12.0	22.2	30.0	45.7	152.8
C. V. %	54.5	71.1	62.9	72.1	138.5	311.9	544.7	233.6	151.6	87.6	99.8	92.6	34.2
MAX.	148.4	325.0	395.0	133.6	98.9	20.0	15.8	18.2	48.5	78.8	126.5	184.8	727.0
MIN.	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.9

Fuente:

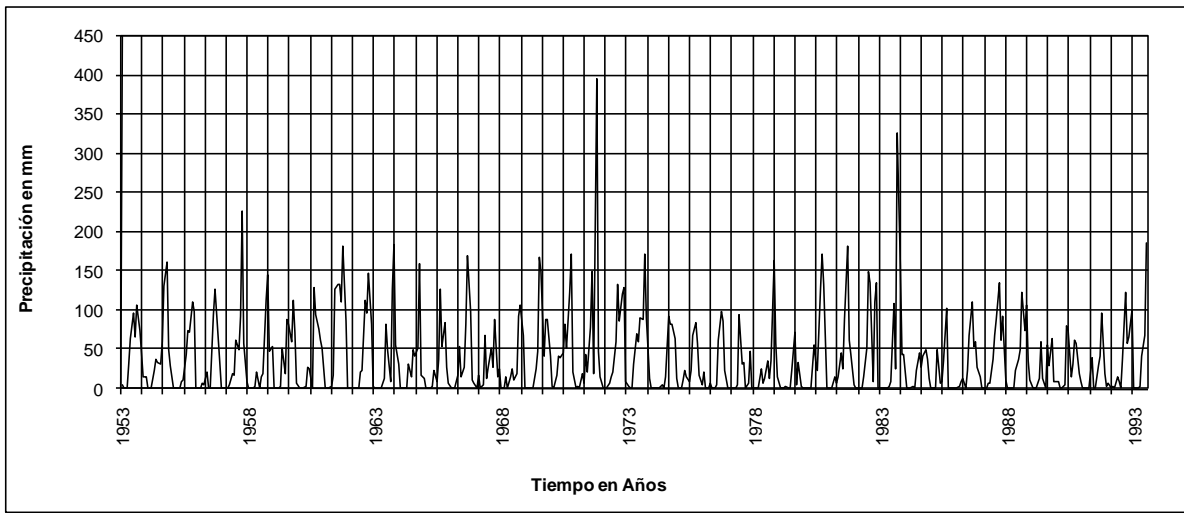


Figura 12: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Recreta 1953/1993 – Serie Histórica (Fuente: Consult Control S.A.)

Cuadro 13: Precipitación Total Mensual Estación Milpo 1981/2010 – Serie Histórica

Latitud: 09' 53' S	: MILPO /150902/DRE-04	Dist. : Ancash
Longitud: 77° 14' W	PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)	Prov. : Recuay
Altitud: 4400 msnm	SERIE HISTORICA – PERIODO 1981/2010	Dpto. : Catac

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1981	224.8	323.8	325.1	117.3	24.3	21.7	7.7	61.9	61.7	103.7	287.7	146.9	1706.6
1982	66.8	s/d	s/d	s/d	101.5	65.4	30.2	20.0	135.6	415.8	212.3	112.0	
1983	58.4	18.0	124.7	5.6	0.0	0.0	0.0	0.6	2.2	3.0	0.8	14.8	228.1
1984	77.3	27.0	71.2	63.3	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	34.4	81.4	60.5	428.5
1985	94.0	83.1	97.4	78.3	0.0	0.0	0.0	8.9	189.5	76.8	28.7	150.1	806.8
1986	45.5	64.5	100.0	128.6	70.6	1.1	0.0	12.3	75.1	35.7	57.5	177.3	768.2
1987	259.6	127.4	202.0	106.3	21.4	0.0	0.0	3.0	72.6	54.4	191.7	192.6	1231.0
1988	319.9	166.7	177.2	214.4	67.6	13.6	0.0	7.8	40.7	117.1	48.8	71.8	1245.6
1989	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
1990	33.2	91.5	80.2	21.4	5.5	4.6	0.4	9.5	5.6	46.6	72.4	23.7	394.6
1991	s/d	s/d	133.1	78.2	44.7	10.0	0.0	30.2	26.7	127.3	63.4	68.9	
1992	49.2	52.7	95.4	54.0	12.6	0.0	12.7	8.4	4.4	120.6	47.3	35.8	493.1
1993	156.9	143.8	181.2	195.0	37.6	18.2	11.8	4.6	106.5	144.5	112.3	208.2	1320.6
1994	280.9	250.9	221.0	109.7	57.6	11.3	6.4	12.7	53.6	81.3	75.9	111.0	1272.3
1995	131.8	99.0	174.4	54.6	52.1	5.8	10.0	21.2	33.8	70.4	115.3	184.9	953.3
1996	142.3	140.2	154.9	119.2	47.6	7.7	0.9	9.9	40.0	78.5	71.8	85.7	898.7
1997	142.5	159.0	45.3	45.6	28.9	1.8	18.6	21.0	47.4	66.3	87.7	234.1	898.2
1998	256.2	200.5	190.5	129.0	23.6	22.1	0.0	9.9	17.8	127.4	40.9	79.9	1097.8
1999	198.8	286.2	196.7	82.2	29.2	29.9	11.0	7.8	92.9	46.3	85.4	105.9	1172.3
2000	135.3	188.9	211.5	43.7	98.4	6.5	6.9	18.7	60.2	67.7	34.7	172.6	1045.1
2001	234.9	158.4	214.1	28.1	42.4	7.5	18.7	0.5	72.1	110.7	160.2	107.5	1155.1
2002	89.8	220.4	284.8	87.9	28.3	10.5	6.2	4.1	39.0	221.5	135.5	131.8	1259.8
2003	143.0	137.5	169.3	160.3	43.3	13.9	19.5	14.2	28.5	73.7	56.2	157.8	1017.2
2004	85.3	358.2	82.8	114.1	57.5	16.8	45.1	5.2	26.9	131.7	169.7	136.9	1230.2
2005	148.5	119.4	270.7	96.0	69.9	6.9	14.5	20.7	21.7	98.6	82.0	207.7	1156.6
2006	95.1	155.6	329.6	320.1	42.2	36.6	6.1	7.6	39.0	63.1	192.8	240.3	1528.1
2007	142.5	159.0	45.3	45.6	28.9	1.8	18.6	21.0	47.4	66.3	87.7	234.1	898.2
2008	256.2	200.5	190.5	129.0	23.6	22.1	0.0	9.9	17.8	127.4	40.9	79.9	1097.8
2009	308.2	220.4	156.8	238.4	13.8	6.5	9.7	10.2	8.3	159.3	119.6	109.5	1360.7
2010	68.4	45.0	156.2	11.5	22.2	8.0	1.3	2.3	32.4	68.0	221.3	301.9	938.5
N°ANOS	28	27	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	27
MEDIA	151.6	155.5	167.2	102.8	37.8	12.1	8.8	12.6	14.3	101.3	58.9	74.5	1022.3
D. Est.	85.5	85.7	76.5	72.2	26.6	13.9	10.6	12.1	41.6	75.2	68.1	71.1	344.2
C. V.%	56.4	55.1	45.8	70.3	70.4	115.1	119.9	96.4	290.5	74.2	115.6	95.5	33.7
MAX.	319.9	358.2	329.6	320.1	101.5	65.4	45.1	61.9	189.5	415.8	287.7	301.9	1706.6
MIN.	33.2	18.0	45.3	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	3.0	0.8	14.8	228.1

Fuente:

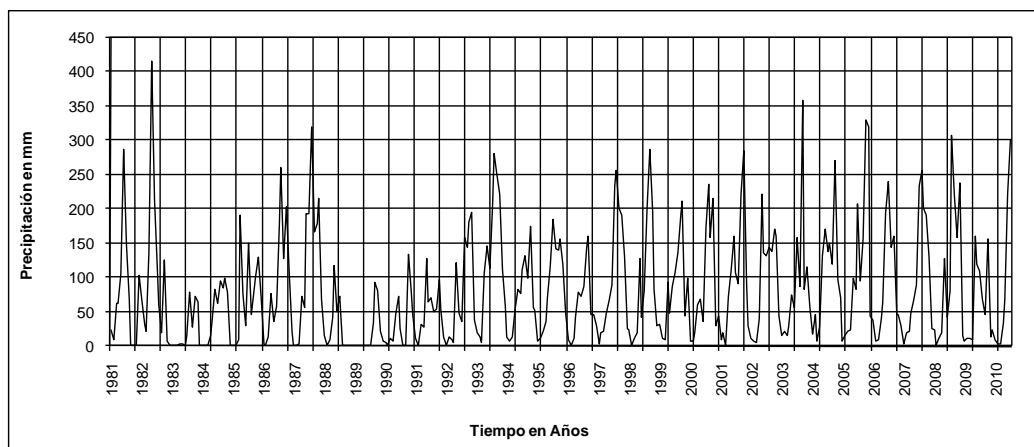


Figura 13: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Milpo 1981/2010 – Serie Histórica (Fuente: SENAMHI)

Cuadro 14: Precipitación Total Mensual Estación Recuay 1964/1970 – Serie Histórica

Latitud: 9° 43' S **ESTACION RECUAY/000441/DRE-04** **Dist. :** Recuay
Longitud: 77° 27' W **PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)** **Prov. :** Recuay
Altitud: 3394 msnm **SERIE HISTORICA – PERIODO 1964/70-1979/2010** **Dpto. :** Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1964	s/d	s/d	s/d	85.5	36.2	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
1965	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	87.2	40.6	122.3	
1966	85.5	95.5	47.6	42.7	24.7	0.0	0.0	0.0	12.3	107.4	52.2	70.1	538.0
1967	117.1	195.0	143.4	58.0	24.1	5.2	16.0	11.2	35.5	136.2	35.2	59.1	836.0
1968	73.7	83.1	110.6	21.9	46.6	0.0	0.0	21.8	25.2	89.8	33.8	14.8	521.3
1969	43.5	93.7	92.4	64.6	12.4	1.0	0.0	11.0	9.9	62.3	89.5	128.4	608.7
1970	126.9	57.1	86.9	132.5	42.9	s/d	0.0	14.3	94.9	172.5	200.5	96.8	
1971	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
1972	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
1973	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
1974	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
1975	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
1976	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
1977	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
1978	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
1979	37.0	117.4	169.7	95.4	22.0	3.0	0.0	9.1	23.8	12.2	45.8	31.0	566.4
1980	85.3	60.5	91.8	47.3	9.9	3.4	0.0	8.7	10.5	157.4	124.7	147.8	747.3
1981	139.9	176.0	187.2	52.0	3.2	0.0	0.0	16.4	9.7	44.2	141.6	81.8	852.0
1982	158.4	163.3	94.6	43.2	4.4	0.0	9.2	15.5	14.9	163.1	128.9	108.2	903.7
1983	124.4	39.7	113.4	74.5	10.0	15.2	2.1	0.0	9.9	71.0	93.4	59.7	613.3
1984	98.7	229.4	227.8	90.1	63.0	21.0	13.9	0.0	44.9	154.4	88.6	82.7	1114.5
1985	40.2	114.6	111.0	128.2	47.1	2.1	13.5	0.0	73.1	45.5	44.0	108.7	728.0
1986	219.5	136.9	73.8	s/d	3.5	0.0	0.0	2.0	41.6	50.1	74.4	128.3	
1987	175.3	125.1	76.1	74.6	7.0	0.0	0.0	6.2	57.9	56.2	112.2	183.3	873.9
1988	154.6	133.5	89.1	114.7	33.1	2.5	0.0	21.7	46.0	83.4	96.3	70.5	845.4
1989	177.4	140.3	137.5	82.3	33.2	7.1	0.0	22.9	38.3	137.8	40.6	9.4	826.8
1990	110.1	42.7	75.3	49.3	33.0	3.3	0.0	4.8	9.5	132.5	117.6	61.4	639.5
1991	57.6	72.0	s/d	9.4	42.1	0.0	4.7	0.0	0.0	61.5	76.0	32.9	
1992	2.3	71.0	112.7	49.8	29.9	18.2	0.0	13.1	49.2	77.0	44.5	46.7	514.4
1993	150.6	132.0	247.0	155.6	28.5	0.0	5.4	0.0	47.4	152.0	128.3	181.8	1228.6
1994	135.5	144.6	253.9	112.9	40.1	3.8	0.6	4.8	36.9	52.0	56.4	82.5	924.0
1995	46.4	98.4	144.3	128.9	39.0	0.6	0.0	4.5	18.4	75.2	79.8	124.8	760.3
1996	135.2	161.0	208.8	62.1	28.2	0.0	0.0	6.8	17.8	92.0	43.2	76.9	832.0
1997	106.5	142.5	44.2	49.9	16.2	0.0	0.0	1.7	23.6	49.3	77.7	200.5	712.1
1998	246.2	203.4	173.3	138.4	30.6	15.6	0.0	5.8	38.8	150.4	26.6	39.4	1068.5
1999	132.2	213.5	129.1	104.3	62.2	9.3	0.0	0.7	62.5	47.9	96.4	111.7	969.8
2000	59.5	189.5	124.5	90.6	48.8	0.0	0.0	29.2	31.7	42.5	39.0	164.8	820.1
2001	220.7	123.2	259.1	48.2	30.6	13.9	0.0	0.1	84.4	66.8	172.4	56.0	1075.4
2002	87.3	99.1	175.3	58.8	24.7	7.7	0.0	0.0	22.0	s/d	155.3	157.0	
2003	116.2	109.0	163.5	66.2	27.1	8.9	6.4	0.0	2.9	57.4	39.8	92.9	690.3
2004	47.0	126.6	119.4	84.6	24.6	4.5	0.8	0.0	59.6	105.2	110.0	s/d	
2005	95.7	73.7	200.8	69.9	25.6	0.0	0.0	9.5	18.1	45.7	s/d	120.0	
2006	171.9	87.1	224.6	173.3	33.0	8.3	0.0	2.3	4.0	80.4	113.2	47.6	945.7
2007	118.4	124.9	151.7	88.8	27.9	6.3	2.1	7.5	33.4	84.1	89.1	99.5	833.7
2008	111.6	116.0	121.9	75.0	7.9	5.6	13.6	11.4	13.8	144.2	30.8	54.2	706.0
2009	232.7	120.2	327.5	121.2	68.5	4.0	0.0	16.4	14.6	147.2	132.1	163.6	1348.0
2010	104.4	92.8	s/d	85.4	25.3	8.7	1.3	6.3	37.9	49.7	92.0	167.9	
N°AÑOS	28	28	27	28	29	27	28	28	28	29	29	29	25
MEDIA	116.4	127.0	134.3	78.8	29.4	4.6	2.3	8.3	34.6	90.7	82.8	92.5	804.8
D. Est.	60.2	52.1	62.1	37.4	16.5	6.4	4.8	8.3	24.1	45.4	44.3	51.0	193.2
C. V.%	51.7	41.0	46.3	47.5	56.1	138.0	205.5	100.0	69.7	50.1	53.5	55.1	24.0
MAX.	246.2	229.4	259.1	155.6	63.0	21.0	16.0	29.2	94.9	172.5	200.5	200.5	1228.6
MIN.	2.3	39.7	44.2	9.4	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2	26.6	9.4	514.4

Fuente:

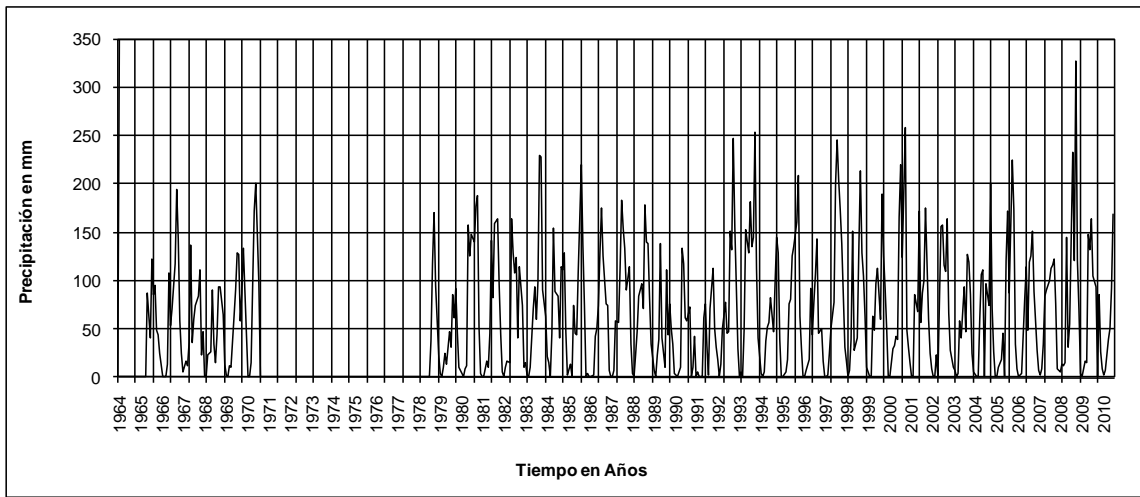


Figura 14: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Recuay 1964/1970 – Serie Histórica (Fuente: SENAMHI)

Cuadro 15: Precipitación Total Mensual Estación Yanamarey 1981/1988 – Serie Histórica

Latitud: 09° 39.5 S
 Longitud: 77° 16.4 W
 Altitud: 4764 msnm

ESTACION YANAMAREY
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE HISTORICA – PERIODO 1981/1988

Dist. : Catac
 Prov. : Recuay
 Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1981	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	18.3	67.0	60.4	186.3	270.2	227.0	
1982	238.0	247.0	231.3	193.0	26.0	24.0	20.0	17.0	82.2	245.0	275.0	278.0	1876.5
1983	263.0	153.0	310.0	175.0	85.3	41.0	47.0	53.0	65.0	124.2	118.0	98.0	1532.5
1984	144.0	296.3	322.0	181.3	101.0	40.3	34.0	28.0	60.1	184.2	158.1	136.0	1685.3
1985	17.3	289.0	236.0	94.0	148.0	6.3	0.0	65.1	212.3	58.0	212.0	206.0	1544.0
1986	254.0	250.1	189.2	216.0	31.1	0.0	19.0	66.0	100.0	67.1	140.0	175.1	1507.6
1987	313.2	261.0	193.3	160.4	62.0	8.0	28.3	24.2	79.0	63.0	171.2	241.2	1604.8
1988	199.0	286.0	163.3	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
N°AÑOS	7	7	7	6	6	6	7	7	7	7	7	7	6
MEDIA	204.1	254.6	235.0	170.0	75.6	19.9	23.8	45.8	94.1	132.5	192.1	194.5	1625.1
D. Est.	97.9	48.9	60.8	41.6	46.1	17.9	14.7	22.0	54.0	74.1	62.1	62.5	138.7
C. V.%	48.0	19.2	25.9	24.5	61.0	89.8	61.8	48.1	57.4	55.9	32.3	32.1	8.5
MAX.	313.2	296.3	322.0	216.0	148.0	41.0	47.0	67.0	212.3	245.0	275.0	278.0	1876.5
MIN.	17.3	153.0	163.3	94.0	26.0	0.0	0.0	17.0	60.1	58.0	118.0	98.0	1507.6

Fuente:

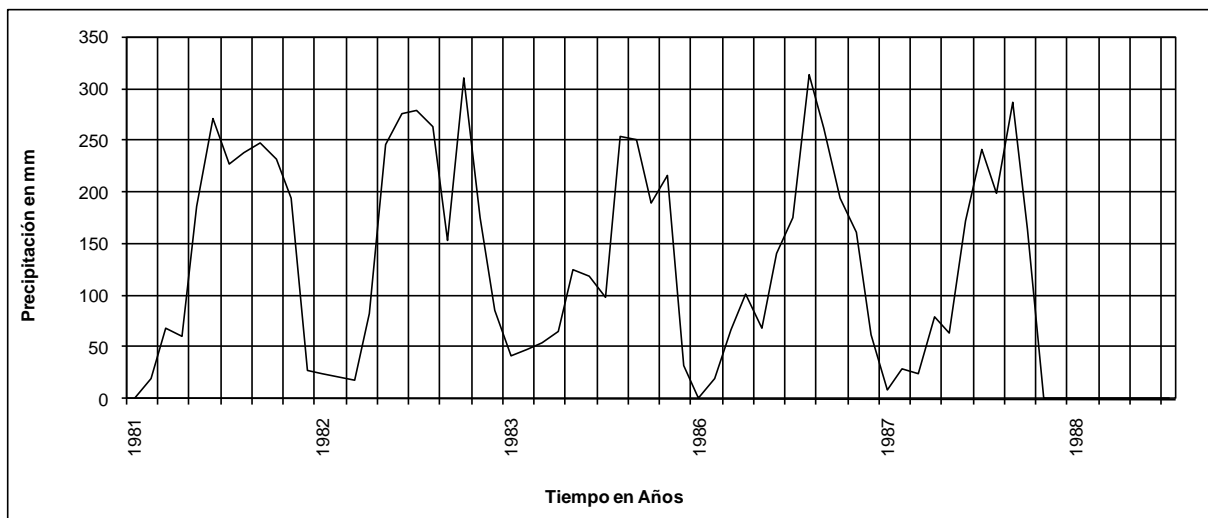


Figura 15: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Yanamarey 1981/1988 – Serie Histórica (Fuente: Electroperu S.A.)

Cuadro 16: Precipitación Total Mensual Estación Yanamanca 1997/2010 – Serie Histórica

Latitud: 09° 32' S
Longitud: 77° 04' W
Altitud: 4270 msnm

ESTACION YANACANCHA
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE HISTORICA – PERIODO 1997/2010

Dist. : San Marcos
Prov. : Huari
Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1997	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	3.7	40.5	84.2	127.4	178.1	241.6	
1998	208.8	287.7	209.3	123.4	23.9	27.1	4.2	22.0	35.0	199.7	146.6	132.2	1419.8
1999	247.9	341.9	207.8	152.1	52.4	46.1	10.4	15.6	168.6	84.3	143.6	122.8	1593.5
2000	143.5	230.4	206.0	199.0	54.0	18.0	18.3	29.5	29.7	56.6	61.6	140.6	1187.2
2001	182.4	151.6	219.8	67.5	95.2	19.3	19.2	10.3	44.3	143.2	152.5	206.4	1311.7
2002	86.6	184.1	194.1	138.7	44.8	6.6	49.0	18.4	53.1	142.4	195.2	142.0	1255.1
2003	115.1	129.7	148.9	91.5	69.8	19.6	9.5	47.4	60.8	79.5	172.4	223.4	1167.6
2004	66.8	135.8	110.4	62.2	71.9	23.8	38.3	24.5	68.1	140.2	124.6	181.6	1048.2
2005	182.8	115.7	191.0	78.0	17.8	0.8	8.0	17.8	26.6	138.8	78.4	148.6	1004.3
2006	147.4	120.7	110.0	133.8	17.6	40.5	10.4	17.4	60.4	154.0	145.8	164.4	1122.4
2007	132.9	77.4	235.6	125.5	39.6	9.4	40.6	11.6	41.0	132.2	101.3	117.9	1065.0
2008	191.1	142.6	146.3	91.0	39.0	15.6	6.4	18.8	62.2	117.9	120.1	166.7	1117.7
2009	185.2	181.6	215.7	138.0	76.2	35.1	44.5	46.3	29.7	145.9	127.1	170.4	1395.7
2010	145.8	170.3	158.2	98.8	35.0	8.4	13.7	8.4	s/d	s/d	s/d	s/d	
N°AÑOS	13	13	13	13	13	13	14	14	13	13	13	13	12
MEDIA	156.6	174.6	181.0	115.3	49.0	20.8	19.7	23.5	58.7	127.9	134.4	166.0	1224.0
D. Est.	50.0	73.6	41.7	38.6	23.9	13.6	16.1	12.8	37.3	36.9	38.3	38.5	176.7
C. V.%	31.9	42.2	23.0	33.5	48.8	65.4	81.6	54.6	63.5	28.9	28.5	23.2	14.4
MAX.	247.9	341.9	235.6	199.0	95.2	46.1	49.0	47.4	168.6	199.7	195.2	241.6	1593.5
MIN.	66.8	77.4	110.0	62.2	17.6	0.8	3.7	8.4	26.6	56.6	61.6	117.9	1004.3

Fuente:

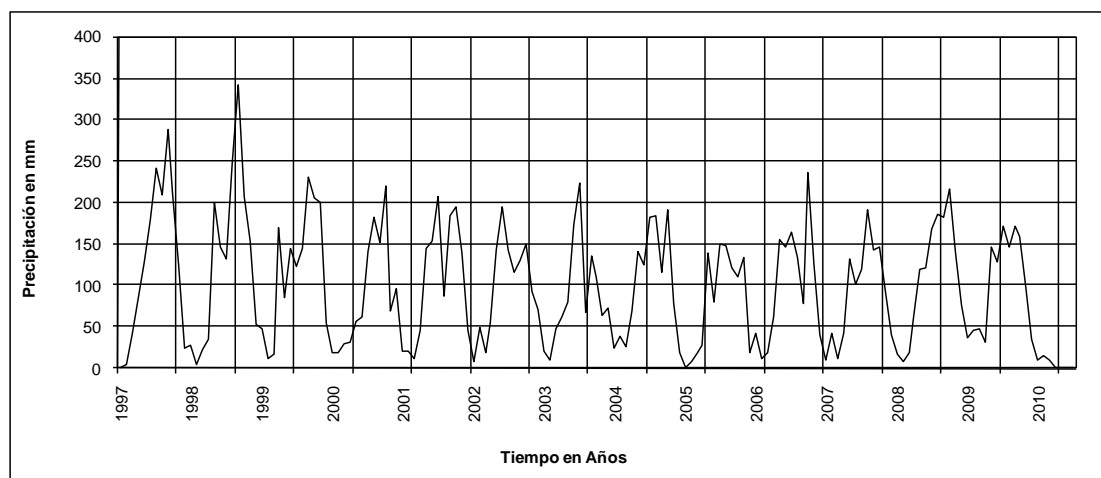


Figura 16: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Yanamanca 1997/2010 – Serie Histórica (Fuente: Antamina)

Cuadro 17: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Km 97 - 2005/2007 – Serie Histórica

Latitud: 09° 41´ S
 Longitud 77° 3.5´ W
 Altitud: 4300 msnm

ESTACION KM97
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE HISTORICA - PER 2005/2007

Dist. : San Marcos
 Prov. : Huari
 Dpto. : Ancash

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2005	167.7	151.2	224.2	123.6	63.5	6.4	0.0	0.0	0.0	140.6	100.5	173.7	1151.4
2006	281.1	165.4	212.7	142.1	13.4	57.3	11.2	4.2	85.5	128.6	157.2	191.7	1450.4
2007	192.4	149.0	150.5	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	
N°ANOS	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
MEDIA	213.7	155.2	195.8	132.9	38.5	31.9	5.6	2.1	42.8	134.6	128.9	182.7	1300.9
D. Est.	59.6	8.9	39.7	13.1	35.4	36.0	7.9	3.0	60.5	8.5	40.1	12.7	211.4
C. V.%	27.9	5.7	20.3	9.9	92.1	113.0	141.1	142.9	141.5	6.3	31.1	7.0	16.3
MAX.	281.1	165.4	224.2	142.1	63.5	57.3	11.2	4.2	85.5	140.6	157.2	191.7	1450.4
MIN.	167.7	149.0	150.5	123.6	13.4	6.4	0.0	0.0	0.0	128.6	100.5	173.7	1151.4

Fuente:

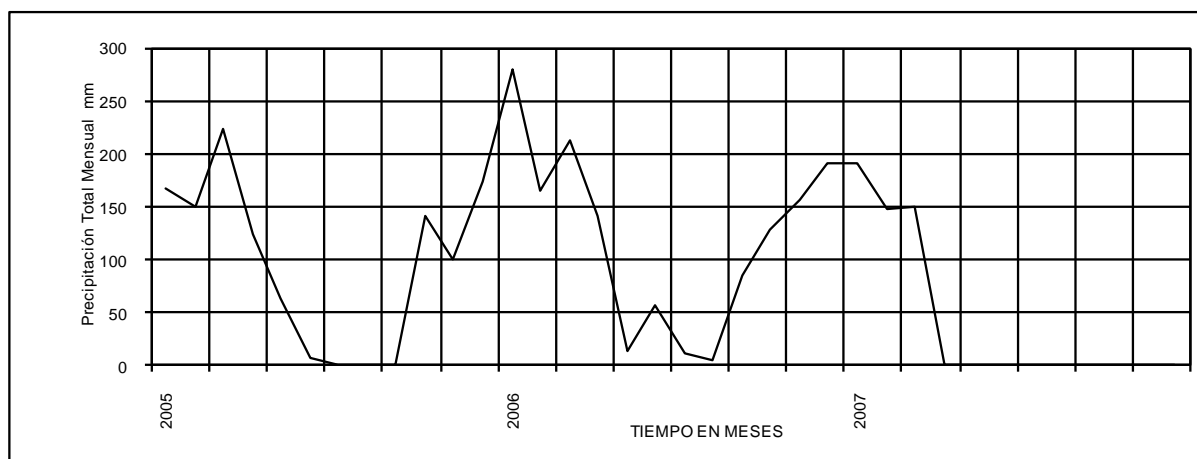


Figura 17: Variación de la Precipitación Total Mensual Estación Km 97 - 2005/2007 – Serie Histórica (Fuente: Antamina)

Análisis de Doble Masa

Se completó la información de datos mensuales faltantes con el promedio mensual, para obtener un registro concurrente. Para ello, se agrupó estaciones meteorológicas con periodos comunes como se resume a continuación:

Tabla 1: Análisis De Doble Masa - Grupo 1 (Precipitación En mm)

Año	Precipitación Total Anual			Precipitación Total Anual Acumulada			Estación Promedio	
	Chiquián	Recuay	Milpo	Chiquián	Recuay	Milpo	Promedio	Acumulado
1981	1551.2	852.0	1706.6	1551	852	1707	1370	1370
1982	421.3	903.7	1585.0	1973	1756	3292	970	2340
1983	279.8	613.3	228.1	2252	2369	3520	374	2714
1984	1582.3	1114.5	428.5	3835	3484	3948	1042	3755
1985	513.5	728.0	806.8	4348	4212	4755	683	4438
1986	697.1	812.0	768.2	5045	5023	5523	759	5197
1987	520.0	873.9	1231.0	5565	5897	6754	875	6072
1988	640.4	845.4	1245.6	6206	6743	8000	910	6983
1989	583.3	826.8	897.3	6789	7570	8897	769	7752
1990	496.8	639.5	394.6	7286	8209	9292	510	8262
1991	649.0	502.1	889.6	7935	8711	10181	680	8942
1992	296.0	514.4	493.1	8231	9226	10674	435	9377
1993	1133.3	1228.6	1320.6	9364	10454	11995	1228	10604
1994	817.3	924.0	1272.3	10181	11378	13267	1005	11609
1995	628.5	760.3	953.3	10810	12138	14221	781	12390
1996	703.8	832.0	898.7	11514	12970	15119	812	13201
1997	644.0	712.1	898.2	12158	13683	16018	751	13953
1998	820.4	1068.5	1097.8	12978	14751	17115	996	14948
1999	787.4	969.8	1172.3	13765	15721	18288	977	15925
2000	801.6	820.1	1045.1	14567	16541	19333	889	16814
2001	1017.2	1075.4	1155.1	15584	17616	20488	1083	17896
2002	864.1	877.5	1259.8	16448	18494	21748	1000	18897
2003	553.4	690.3	1017.2	17002	19184	22765	754	19650
2004	543.3	779.0	1230.2	17545	19963	23995	851	20501
2005	534.5	744.5	1156.6	18080	20708	25152	812	21313
2006	783.6	945.7	1528.1	18863	21653	26680	1086	22399
2007	569.7	833.7	898.2	19433	22487	27578	767	23166
2008	644.6	706.0	1097.8	20077	23193	28676	816	23982
2009	733.0	1348.0	1360.7	20810	24541	30036	1147	25129
2010	546.4	817.4	938.5	21357	25359	30975	767	25897

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 18: Diagrama de Doble Masa Grupo1 -1981/2010 - Precipitación en mm (Elaboración propia)

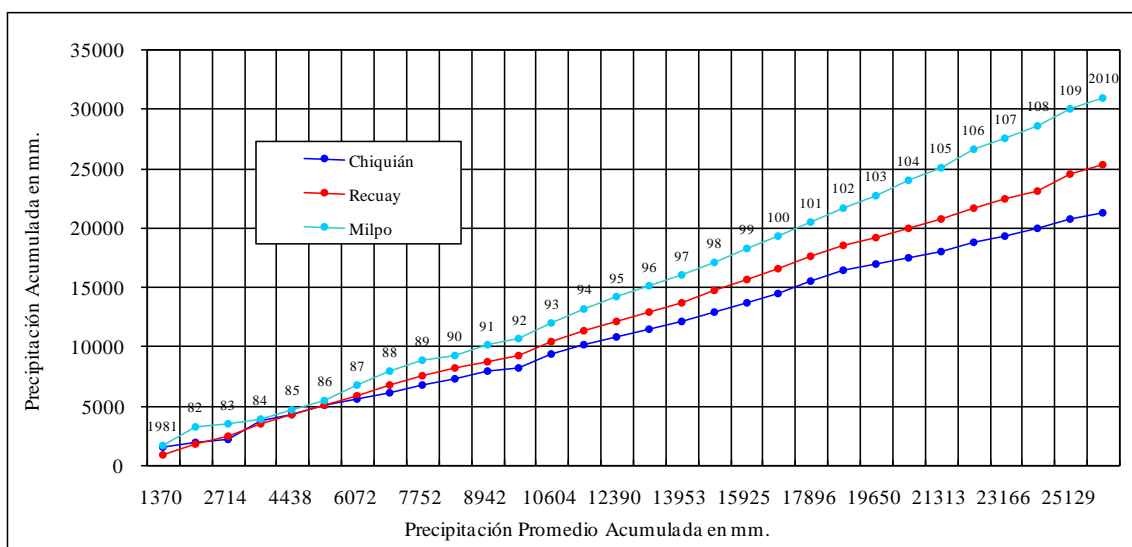


Tabla 2: Análisis de Doble Masa – Grupo 2 (Precipitación en mm)

Año	Precipitación Total Anual			Precipitación Total Anual Acumulada			Estación Promedio	
	Yanacocha	Cahuish	Recreta	Yanacocha	Cahuish	Recreta	Promedio	Acumulado
1953	1142.4	1201.6	637.2	1142	1202	637	994	994
1954	689.0	932.1	374.1	1831	2134	1011	665	1659
1955	994.0	765.0	490.0	2825	2899	1501	750	2408
1956	918.8	635.1	380.6	3744	3534	1882	645	3053
1957	577.6	735.9	447.0	4322	4270	2329	587	3640
1958	742.0	695.2	470.6	5064	4965	2800	636	4276
1959	1120.3	1083.0	535.6	6184	6048	3335	913	5189
1960	956.9	834.0	385.9	7141	6882	3721	726	5915
1961	1064.6	1105.0	686.9	8206	7987	4408	952	6867
1962	777.8	852.7	552.0	8983	8840	4960	728	7594
1963	1187.9	1100.0	582.7	10171	9940	5543	957	8551
1964	836.0	934.1	498.7	11007	10874	6041	756	9307
1965	686.2	987.2	345.9	11693	11861	6387	673	9981
1966	665.9	812.9	404.6	12359	12674	6792	628	10608
1967	1100.3	999.0	494.1	13460	13673	7286	864	11473
1968	556.4	758.7	267.9	14016	14432	7554	528	12000
1969	841.4	919.3	521.7	14857	15351	8076	761	12761
1970	431.8	1208.9	630.4	15289	16560	8706	757	13518
1971	847.0	978.8	531.2	16136	17539	9237	786	14304
1972	892.5	986.1	722.1	17029	18525	9959	867	15171
1973	1230.4	1273.9	727.0	18259	19799	10686	1077	16248
1974	803.3	765.3	380.7	19062	20564	11067	650	16898
1975	917.5	1216.8	407.1	19980	21781	11474	847	17745
1976	740.6	710.6	257.6	20721	22491	11732	570	18314
1977	999.5	1290.2	394.9	21720	23781	12127	895	19209
1978	626.5	892.9	162.9	22347	24674	12289	561	19770
1979	853.6	713.9	306.3	23200	25388	12596	625	20395
1980	822.7	884.4	223.8	24023	26273	12820	644	21038
1981	1038.9	1166.0	533.2	25062	27439	13353	913	21951
1982	846.4	1096.0	592.1	25908	28535	13945	845	22796
1983	818.8	930.6	505.6	26727	29465	14450	752	23548
1984	1045.4	1152.5	661.1	27772	30618	15112	953	24501
1985	735.8	1044.6	260.8	28508	31662	15372	680	25181
1986	767.5	880.0	216.9	29276	32542	15589	621	25802
1987	924.0	982.1	380.3	30200	33524	15970	762	26565
1988	875.9	1147.7	491.2	31076	34672	16461	838	27403
1989	959.7	990.3	428.6	32035	35662	16889	793	28196
1990	813.3	1002.1	346.5	32849	36665	17236	721	28916
1991	541.1	1069.3	214.0	33390	37734	17450	608	29524
1992	616.0	627.0	216.8	34006	38361	17667	487	30011
1993	976.0	1774.9	677.4	34982	40136	18344	1143	31154

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 19: Diagrama de Doble Masa Grupo2 -1953/1993 - Precipitación en mm (Elaboración propia)

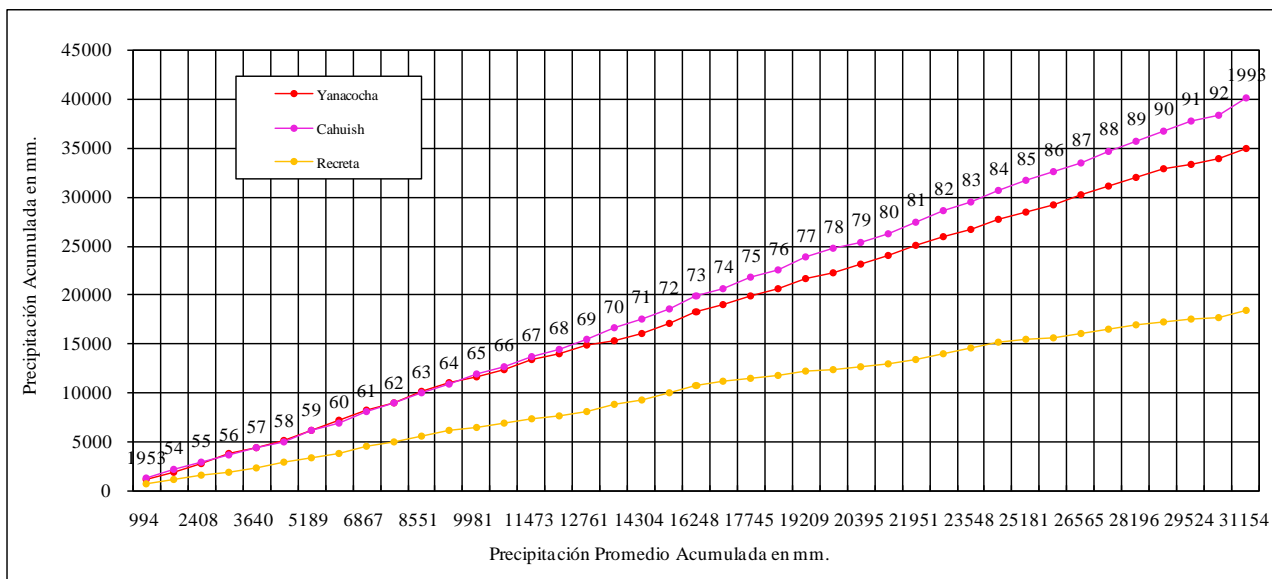


Tabla 3: Análisis de Doble Masa – Grupo 3 (Precipitación en mm)

Año	Precipitación Total Anual		Precipitación Total Anual Acumulada		Estación Promedio	
	Recreta	Collota	Punta Mojón	Collota	Promedio	Acumulado
1953	637.2	959.9	637	960	637	637
1954	374.1	426.0	1011	1386	374	1011
1955	490.0	504.0	1501	1890	490	1501
1956	380.6	421.2	1882	2311	381	1882
1957	447.0	406.3	2329	2717	447	2329
1958	470.6	460.3	2800	3178	471	2800
1959	535.6	630.8	3335	3809	536	3335
1960	385.9	433.0	3721	4242	386	3721
1961	686.9	741.4	4408	4983	687	4408
1962	552.0	409.1	4960	5392	552	4960
1963	582.7	565.5	5543	5958	583	5543
1964	498.7	312.8	6041	6270	499	6041
1965	345.9	265.3	6387	6536	346	6387
1966	404.6	446.9	6792	6983	405	6792
1967	494.1	620.6	7286	7603	494	7286
1968	267.9	296.1	7554	7899	268	7554
1969	521.7	381.0	8076	8280	522	8076

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 20: Diagrama de Doble Mapa Grupo3 – 1953/1969 - Precipitación en mm (Elaboración propia)

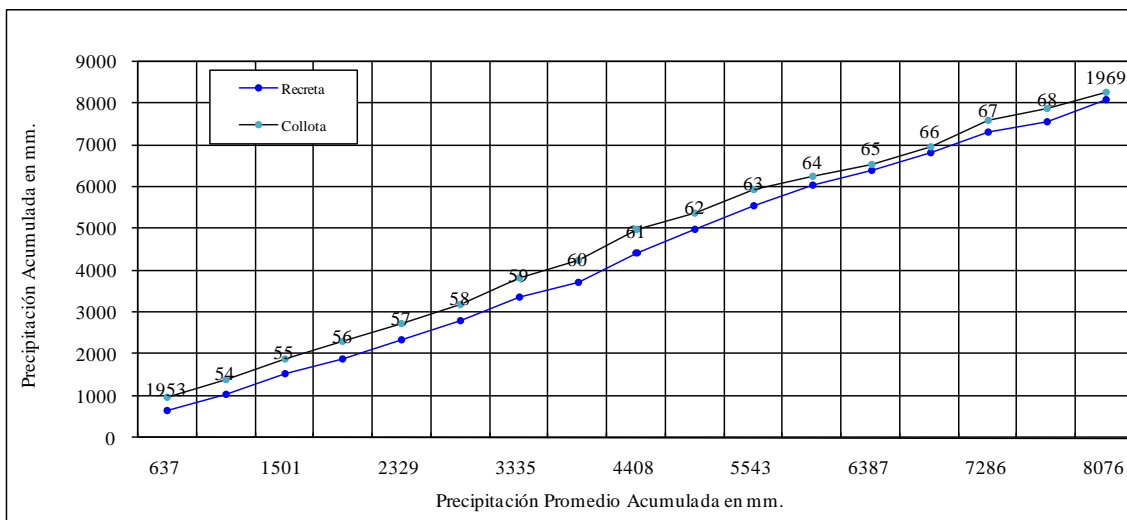


Tabla 4: Análisis de Doble Masa – Grupo 4 (Precipitación en mm)

Año	Precipitación Total Anual			Precipitación Total Anual Acumulada			Estación Promedio	
	Llata	Huallanca	Chiquian	Llata	Huallanca	Chiquian	Promedio	Acumulado
1964	1973.0	1114.0	646.8	1973	1114	647	1245	1245
1965	623.6	1141.0	623.9	2597	2255	1271	796	2041
1966	565.6	903.7	538.1	3162	3159	1809	669	2710
1967	750.9	1190.7	803.5	3913	4349	2612	915	3625
1968	494.6	1068.5	474.7	4408	5418	3087	679	4304
1969	558.8	1185.6	682.9	4967	6604	3770	809	5113
1970	662.7	1136.5	843.9	5629	7740	4614	881	5994
1971	796.4	1189.0	711.8	6426	8929	5326	899	6893
1972	629.7	1171.1	697.1	7055	10100	6023	833	7726
1973	987.0	1400.4	1135.3	8042	11500	7158	1174	8900
1974	971.1	1119.3	572.0	9013	12620	7730	887	9788
1975	999.5	1254.3	753.7	10013	13874	8484	1003	10790
1976	576.3	1079.7	636.0	10589	14954	9120	764	11554

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 21: Diagrama de Doble Masa Grupo 4 – 1964/1976- Precipitación en mm (Elaboración propia)

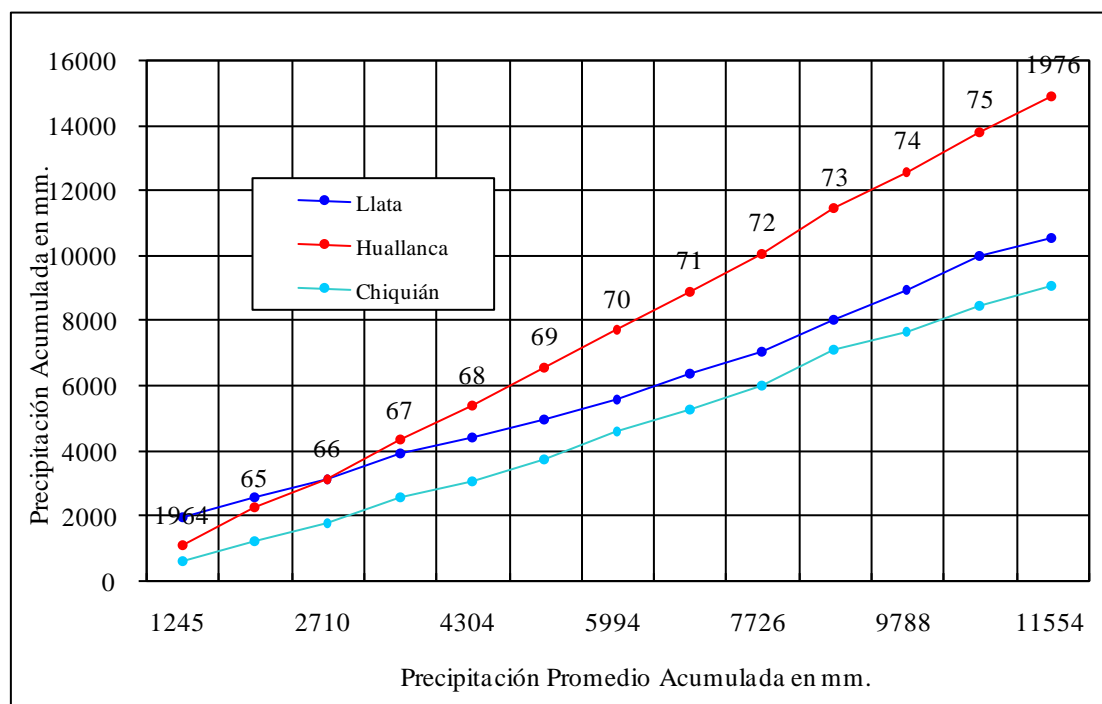


Tabla 5: Análisis de doble Masa – Grupo 5 (Precipitación en mm)

Año	Precipitación Total Anual				Precipitación Total Anual Acumulada				Estación Promedio	
	Chavín	Chiquián	Recuay	Milpo	Chavín	Chiquián	Recuay	Milpo	Promedio	Acumulado
1987	640.9	520.0	873.9	1231.0	641	520	874	1231	816	816
1988	734.0	640.4	845.4	1245.6	1375	1160	1719	2477	866	1683
1989	657.8	583.3	826.8	897.3	2033	1744	2546	3374	741	2424
1990	805.4	496.8	639.5	394.6	2838	2240	3186	3769	584	3008
1991	693.4	649.0	502.1	889.6	3531	2889	3688	4658	684	3692
1992	494.2	296.0	514.4	493.1	4026	3185	4202	5151	449	4141
1993	1116.5	1133.3	1228.6	1320.6	5142	4319	5431	6472	1200	5341
1994	865.2	817.3	924.0	1272.3	6007	5136	6355	7744	970	6311
1995	855.4	628.5	760.3	953.3	6863	5765	7115	8697	799	7110
1996	751.3	703.8	832.0	898.7	7614	6468	7947	9596	796	7906
1997	632.7	644.0	712.1	898.2	8247	7112	8659	10494	722	8628
1998	677.0	820.4	1068.5	1097.8	8924	7933	9728	11592	916	9544
1999	934.5	787.4	969.8	1172.3	9858	8720	10697	12764	966	10510
2000	663.1	801.6	820.1	1045.1	10521	9522	11517	13809	832	11343
2001	715.7	1017.2	1075.4	1155.1	11237	10539	12593	14965	991	12333
2002	678.0	864.1	877.5	1259.8	11915	11403	13470	16224	920	13253
2003	564.0	553.4	690.3	1017.2	12479	11956	14161	17242	706	13959
2004	548.7	543.3	779.0	1230.2	13028	12500	14940	18472	775	14735
2005	508.2	534.5	744.5	1156.6	13536	13034	15684	19628	736	15471
2006	806.6	783.6	945.7	1528.1	14343	13818	16630	21156	1016	16487
2007	621.0	569.7	833.7	898.2	14964	14388	17464	22055	731	17217
2008	731.9	644.6	706.0	1097.8	15695	15032	18170	23152	795	18012
2009	895.1	733.0	1348.0	1360.7	16591	15765	19518	24513	1084	19097
2010	676.8	546.4	817.4	938.5	17267	16312	20335	25452	745	19841

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 22: Diagrama de Doble Masa Grupo 5 -1987/2010 - Precipitación en mm (Elaboración propia)

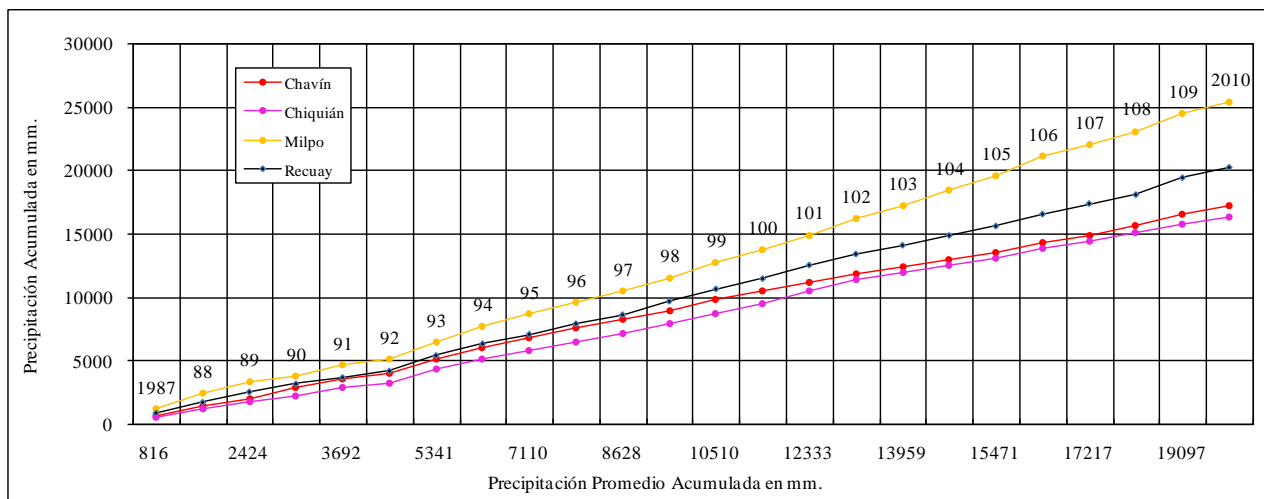


Tabla 6: Análisis de Doble Masa – Grupo 6 (Precipitación en mm)

Año	Precipitación Total Anual			Precipitación Total Anual Acumulada			Estación Promedio	
	Huarapasca	Uruashraju	Milpo	Huarapasca	Uruashraju	Milpo	Promedio	Acumulado
1982	765.7	1218.1	592.1	766	1218	592	859	859
1983	679.7	980.3	505.6	1445	2198	1098	722	1581
1984	831.7	1455.0	661.1	2277	3653	1759	983	2563
1985	670.7	1192.2	260.8	2948	4846	2020	708	3271
1986	740.8	1099.2	216.9	3689	5945	2237	686	3957
1987	731.0	1338.2	380.3	4420	7283	2617	817	4773
1988	821.8	1244.8	491.2	5241	8528	3108	853	5626
1989	712.0	1261.0	428.6	5953	9789	3537	801	6426
1990	829.5	1210.4	346.5	6783	10999	3883	795	7222
1991	1102.9	1123.5	214.0	7886	12123	4097	813	8035
1992	594.9	841.8	216.8	8481	12965	4314	551	8586
1993	927.2	1825.6	677.4	9408	14790	4991	1143	9730

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 23: Diagrama de Doble Masa Grupo 6 – 1982/ 1993 - Precipitación en mm (Elaboración Propia)

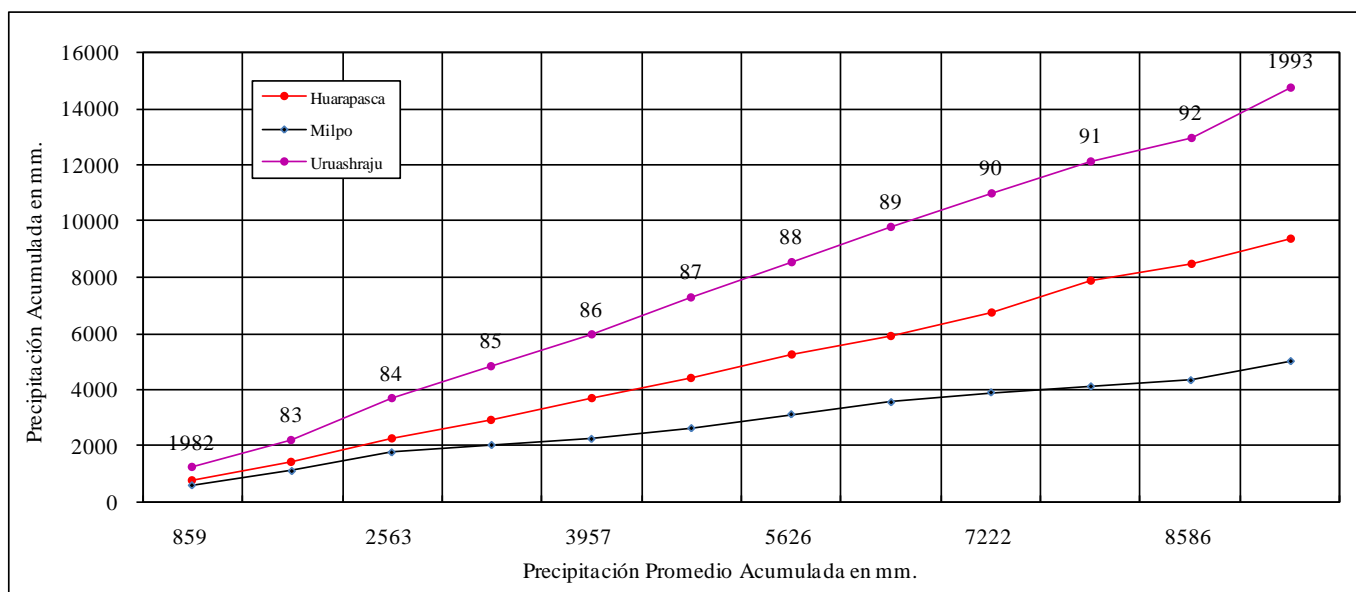


Tabla 7: Análisis de doble Masa – Grupo 7 (Precipitación en mm)

Año	Precipitación Total Anual			Precipitación Total Anual Acumulada			Estación Promedio	
	Dos De Mayo	Chavín	Yanacancha	Dos De Mayo	Chavín	Yanacancha	Promedio	Acumulado
2001	1220.4	715.7	1312	1220	716	1312	1083	1083
2002	941.4	678.0	1255	2162	1394	2567	958	2041
2003	796.3	564.0	1168	2958	1958	3734	843	2883
2004	877.6	548.7	1048	3836	2506	4783	825	3708
2005	877.6	508.2	1004	4713	3015	5787	797	4505
2006	884.0	806.6	1122	5597	3821	6909	938	5443
2007	716.4	621.0	1065	6314	4442	7974	801	6243
2008	686.5	731.9	1118	7000	5174	9092	845	7089
2009	941.0	895.1	1396	7941	6069	10488	1077	8166
2010	835.0	676.8	1126	8776	6746	11613	879	9045

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 24: Diagrama de Doble Masa Grupo 7 – 2001/2010 - Precipitación en mm (Elaboración propia)

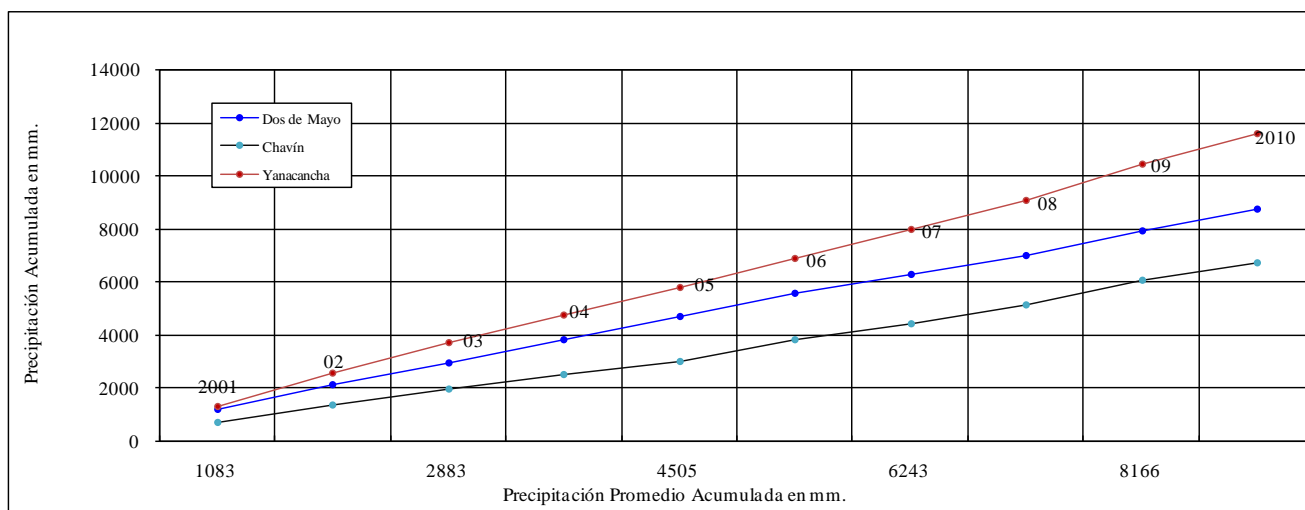
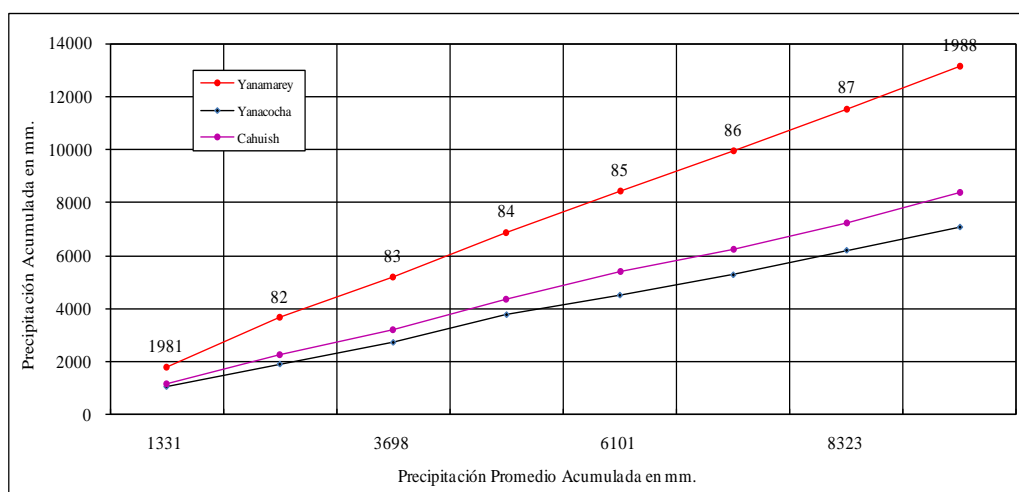


Tabla 8: Análisis de Doble Masa – Grupo 8 (Precipitación en mm)

Año	Precipitación Total Anual			Precipitación Total Anual Acumulada			Estación Promedio	
	Yanamarey	Yanacocha	Cahuish	Yanamarey	Yanacocha	Cahuish	Promedio	Acumulado
1981	1788.4	1038.9	1166.0	1788	1039	1166	1331	1331
1982	1876.5	846.4	1096.0	3665	1885	2262	1273	2604
1983	1532.5	818.8	930.6	5197	2704	3193	1094	3698
1984	1685.3	1045.4	1152.5	6883	3750	4345	1294	4992
1985	1544.0	735.8	1044.6	8427	4485	5390	1108	6101
1986	1507.6	767.5	880.0	9934	5253	6270	1052	7152
1987	1604.8	924.0	982.1	11539	6177	7252	1170	8323
1988	1596.5	875.9	1147.7	13136	7053	8400	1207	9529

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 25: Diagrama de Doble Masa Grupo 8 – 1981/1988 - Precipitación en mm (Elaboración propia)



Estación Recreta – Precipitación Total Mensual (mm) (Serie Histórica)

ESTACION RECRETA
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)
(Serie Histórica)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1954	105.4	72.7	44.8	15.1	13.4	0.0	0.0	0.0	23.0	36.5	33.4	29.8	374.1
1955	58.8	130.2	160.5	49.7	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	10.2	43.7	490.0
1956	72.7	70.3	110.3	97.0	0.0	0.0	0.0	6.1	3.6	20.6	0.0	0.0	380.6
1957	92.7	126.7	95.5	32.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	18.2	16.9	60.6	447.0
1958	49.1	90.9	227.0	57.6	9.1	0.0	0.0	0.0	1.2	20.6	0.0	15.1	470.6
1959	17.6	112.1	144.8	47.3	53.9	0.0	0.0	0.0	3.0	51.5	18.8	86.6	535.6
1960	80.6	60.0	112.6	71.5	6.7	0.0	0.0	0.0	2.4	27.3	24.8	0.0	385.9
1961	127.8	92.7	74.5	61.9	50.9	0.0	0.0	0.0	3.0	17.0	126.5	132.6	686.9
1962	132.7	109.1	180.6	86.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.6	23.0	552.0
1963	111.5	96.3	147.1	80.5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	82.0	49.1	582.7
1964	7.3	127.1	183.0	55.2	30.3	0.0	0.0	0.0	0.0	30.9	15.1	49.8	498.7
1965	40.0	50.3	158.6	15.8	12.1	0.0	0.0	0.0	1.8	23.1	7.9	36.3	345.9
1966	126.6	53.4	82.9	26.7	6.0	0.0	0.0	0.0	15.8	52.1	15.1	26.0	404.6
1967	82.3	169.5	98.6	10.9	6.6	0.0	15.8	0.0	3.6	66.7	13.0	27.1	494.1
1968	50.9	26.3	88.4	14.5	24.8	0.0	0.0	13.3	0.0	15.2	24.2	10.3	267.9
1969	19.2	91.5	105.9	66.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.6	47.2	167.7	521.7
1970	148.4	41.2	86.6	88.4	40.6	2.4	0.0	15.8	41.1	39.3	45.5	81.1	630.4
1971	50.3	121.7	170.8	19.9	0.0	3.0	0.0	18.2	5.5	43.6	21.2	77.0	531.2
1972	147.8	18.2	395.0	46.6	15.2	0.0	0.0	0.0	6.0	13.9	19.4	60.0	722.1
1973	133.3	84.8	120.5	127.8	8.4	1.8	0.0	0.3	31.5	70.2	58.1	90.3	727.0
1974	88.4	170.9	89.7	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	14.5	380.7
1975	92.1	82.4	82.4	62.4	12.7	0.0	0.0	9.7	21.8	13.9	7.3	22.4	407.1
1976	66.7	83.0	57.6	16.4	4.2	20.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	4.2	257.6
1977	62.1	97.2	86.0	21.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	92.7	30.9	394.9
1978	32.7	0.0	6.7	47.2	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8	5.5	12.1	33.9	162.9
1979	12.1	33.9	163.6	57.4	13.9	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	23.0	306.3
1980	72.2	4.8	31.8	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.7	34.5	22.5	223.8
1981	126.2	170.6	132.6	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	6.1	15.1	45.0	24.2	533.2
1982	87.4	182.0	61.8	43.5	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	14.8	50.3	147.7	592.1
1983	134.4	8.2	110.4	133.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	7.3	108.7	505.6
1984	24.8	325.0	155.6	43.0	43.6	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	23.0	44.3	661.1
1985	26.0	40.1	48.5	37.1	11.5	0.0	0.0	0.0	48.5	5.5	8.4	35.2	260.8
1986	102.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	7.9	12.8	0.0	23.0	67.8	216.9
1987	109.0	52.7	60.0	27.3	15.1	0.0	0.0	0.0	6.7	7.0	35.8	66.7	380.3
1988	86.7	133.8	60.6	92.0	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	36.3	47.9	491.2
1989	122.3	72.6	105.3	34.5	9.7	0.0	0.0	0.0	11.5	60.0	12.7	0.0	428.6
1990	54.5	29.1	63.6	9.1	9.1	8.5	0.0	0.0	4.8	78.8	73.9	15.1	346.5
1991	29.7	61.2	56.4	19.3	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	38.3	0.0	0.0	214.0
1992	29.0	41.5	94.7	19.1	2.1	6.1	0.0	1.3	0.0	15.1	7.9	0.0	216.8
1993	36.3	122.3	57.5	65.5	98.9	0.0	0.0	0.0	3.0	41.5	67.6	184.8	677.4
MEDIA	76.3	86.4	107.8	45.4	13.9	1.0	0.5	2.2	7.4	24.4	28.4	49.0	442.7
D.STAN.	41.7	62.5	68.3	33.4	19.9	3.5	2.5	4.9	11.7	21.6	28.5	46.2	151.6
C. VAR.	54.7	72.3	63.3	73.5	143.4	337.0	538.5	229.3	158.4	88.5	100.1	94.4	34.3
MAXIMO	148.4	325.0	395.0	133.6	98.9	20.0	15.8	18.2	48.5	78.8	126.5	184.8	727.0
MINIMO	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.9
Nº AÑOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Recreta(Histórico)

PERIODO 1 PERIODO 2

1965/1974 1975/2008

MEDIA	40.878	35.559
D.ESTAND.	49.416	49.958
VARIANZA	2441.893	2495.775
N	120	360
N-1	119	359
S PONDERA	49.823	
T CALCUL.	1.013	
F CALCUL.	1.022	
G.L para T (N1+N2-2)	478	
T TABULAR	1.971	U1 = U2
G.L para F (N1 y N2)	119	359
F TABULAR	1.263	VAR1 = VAR2

HOMOGENEO

SI

Estación Llata – Precipitación Total Mensual (mm) (Serie Histórica)

ESTACION LLATA
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)
(Serie Histórica)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1963	s/d	111.5	117.0	100.0	15.0	3.0	3.0	s/d	s/d	s/d	378.4	435.0	
1964	s/d	441.9	516.7	345.6	319.1	10.8	20.2	11.7	22.4	83.0	98.3	34.5	
1965	36.8	59.2	121.8	95.3	13.1	9.8	5.8	3.5	51.7	31.9	79.4	115.3	623.6
1966	27.9	74.1	110.6	12.8	18.4	6.0	0.0	8.9	23.4	87.2	94.2	102.1	565.6
1967	69.2	184.2	121.4	27.4	34.8	6.4	17.4	13.4	36.2	74.7	59.1	106.7	750.9
1968	49.6	89.4	87.9	31.2	8.3	0.0	7.8	15.1	41.3	60.3	51.1	52.6	494.6
1969	36.6	74.0	75.1	75.4	9.2	1.5	12.0	6.2	38.1	48.2	106.1	76.4	558.8
1970	79.8	69.7	91.4	87.0	14.2	20.5	19.5	3.2	31.8	25.6	109.2	110.8	662.7
1971	171.3	85.6	175.8	26.2	31.4	10.8	7.8	12.3	39.1	44.5	54.5	137.1	796.4
1972	51.8	77.3	196.2	46.5	49.6	1.9	3.2	26.5	19.3	23.8	84.4	49.2	629.7
1973	69.4	172.1	77.5	112.0	23.7	20.3	39.0	45.7	55.6	95.4	133.2	143.1	987.0
1974	141.6	164.8	255.2	124.3	0.0	62.6	11.8	25.6	18.7	71.7	61.5	33.3	971.1
1975	98.1	101.8	161.4	35.0	111.6	73.1	12.7	37.6	59.8	59.3	100.1	149.0	999.5
1976	113.5	150.1	131.1	26.2	26.7	3.5	1.6	9.0	6.5	26.5	48.3	33.3	576.3
1977	63.4	99.5	14.3	67.2	41.6	8.6	2.5	0.2	50.2	s/d	s/d	s/d	
1978	16.4	16.0	24.4	14.4	11.0	0.4	3.2	3.7	7.0	20.0	15.0	16.3	147.8
1979	7.1	8.9	17.2	14.5	1.8	0.0	11.0	3.4	11.6	21.0	20.5	10.4	127.4
MEDIA	68.8	116.5	135.0	73.0	42.9	14.1	10.5	14.1	32.0	51.5	93.3	100.3	752.2
D.STAN.	46.1	97.3	117.1	79.4	75.8	21.3	9.7	13.2	17.2	26.3	82.7	100.6	268.7
C. VAR.	67.0	83.6	86.7	108.7	176.6	151.1	92.1	93.4	53.7	51.1	88.6	100.3	35.7
MAXIMO	171.3	441.9	516.7	345.6	319.1	73.1	39.0	45.7	59.8	95.4	378.4	435.0	999.5
MINIMO	7.1	8.9	14.3	12.8	0.0	0.0	0.0	0.2	6.5	20.0	15.0	10.4	127.4
NºAÑOS	15	17	17	17	17	17	17	16	16	15	16	16	14

Llata(Histórico)

PERIODO 1 PERIODO 2

1965/1972 1973/1985

MEDIA 73.882 53.169

D.ESTAND. 98.582 54.008

VARIANZA 9718.461 2916.876

N 91 105

N-1 90 104

S PONDERA 77.925

T CALCUL. 1.856

F CALCUL. 3.332

G.L para T (N1+N2-2) 194

T TABULAR 1.965 U1 = U2

HOMOGENEO

G.L para F (N1 y N2) 90 104

NO

F TABULAR 1.484 VAR1 <=> VAR2

Análisis Estadístico

Análisis de homogeneidad

Este análisis se aplicó con la finalidad de verificar la homogeneidad de los valores históricos de precipitación en cuyas estaciones se detectaron quiebres significativos al realizar el análisis de doble masa. En el siguiente cuadro se presentan los periodos homogéneos y los periodos dudosos de las estaciones Recreta y Llata.

Tabla 9: *Periodos Homogéneos y Dudosos*

ESTACIONES	PERIODO HOMOGENEO	PERIODO DUDOSO
Recreta	1976/193	1954/1975
Llata	1971/1979	1963/1970

Fuente: Elaboración Propia.

Se utilizó pruebas estadísticas como la prueba de “T” que evalúa las medias y la prueba “F” que evalúa la desviación estándar. Los resultados en ambas pruebas fueron de un nivel de confiabilidad del 95%.

Los valores históricos de la estación Recreta, son homogéneos pero los valores de la estación Llata no son consistentes en sus periodos analizados, por ello, se procedió a homogenizar los valores de dicha estación aplicando lo siguiente:

Tabla 10: *Análisis Estadístico de la Serie Homogenizada ($\alpha = 95\%$)*

ESTACIONES	U(1)	U(2)	DEST(1)	DEST(2)	VAR(1)	VAR(2)	N(1)	N(2)	TC	FC	TTAB	FTAB	HOMOGENEO
Recreta(Histórico)	40.88	35.56	49.42	49.96	2441.89	2495.78	120	360	1.0128	1.0221	1.9715	1.2632	SI
Llata(Histórico)	73.88	53.17	98.58	54.01	9718.46	2916.88	91	105	1.8560	3.3318	1.9649	1.4836	NO
Llata (Homogenizado)	53.17	53.17	54.01	54.01	2916.88	2916.88	91	105	0.0000	1.0000	1.9649	1.4836	SI

Fuente: Elaboración Propia.

$$A) \quad X't1 = \frac{Xt - X1}{S1} * S2 + X2$$

$$B) \quad X2't2 = \frac{Xt - X2}{S2} * S1 + X1$$

Dónde:

$X't1$ y $X't2$ = Valor homogenizado

Xt = Valor que se va a corregir

$X1$, $S1$ = Media y desviación estándar del primer período

$X2$, $S2$ = Media y desviación estándar del segundo período

Estación Llata – Precipitación Total Mensual (mm) (Serie Homogenizada)

ESTACION LLATA
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)
(Serie Homogenizada)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1963		73.8	76.8	67.5	20.9	14.3	14.3				220.0	251.0	
1964		254.8	295.8	202.0	187.5	18.6	23.8	19.1	25.0	58.2	66.5	31.6	
1965	32.9	45.1	79.4	64.9	19.9	18.1	15.9	14.6	41.0	30.2	56.2	75.9	493.9
1966	28.0	53.3	73.3	19.7	22.8	16.0	12.7	17.6	25.5	60.5	64.3	68.6	462.2
1967	50.6	113.6	79.2	27.7	31.8	16.2	22.2	20.0	32.5	53.6	45.1	71.1	563.7
1968	39.9	61.7	60.8	29.8	17.2	12.7	17.0	21.0	35.3	45.7	40.7	41.5	423.3
1969	32.7	53.2	53.8	54.0	17.7	13.5	19.3	16.1	33.6	39.1	70.8	54.5	458.4
1970	56.4	50.9	62.8	60.4	20.5	23.9	23.4	14.4	30.1	26.7	72.5	73.4	515.4
1971	171.3	85.6	175.8	26.2	31.4	10.8	7.8	12.3	39.1	44.5	54.5	137.1	796.4
1972	51.8	77.3	196.2	46.5	49.6	1.9	3.2	26.5	19.3	23.8	84.4	49.2	629.7
1973	69.4	172.1	77.5	112.0	23.7	20.3	39.0	45.7	55.6	95.4	133.2	143.1	987.0
1974	141.6	164.8	255.2	124.3	0.0	62.6	11.8	25.6	18.7	71.7	61.5	33.3	971.1
1975	98.1	101.8	161.4	35.0	111.6	73.1	12.7	37.6	59.8	59.3	100.1	149.0	999.5
1976	113.5	150.1	131.1	26.2	26.7	3.5	1.6	9.0	6.5	26.5	48.3	33.3	576.3
1977	63.4	99.5	14.3	67.2	41.6	8.6	2.5	0.2	50.2				
1978	16.4	16.0	24.4	14.4	11.0	0.4	3.2	3.7	7.0	20.0	15.0	16.3	147.8
1979	7.1	8.9	17.2	14.5	1.8	0.0	11.0	3.4	11.6	21.0	20.5	10.4	127.4
MEDIA	64.9	93.1	107.9	58.4	37.4	18.5	14.2	17.9	30.7	45.1	72.1	77.5	637.6
D.STAN.	47.0	62.9	82.4	48.7	46.0	20.0	9.7	12.0	16.1	21.6	48.7	63.3	277.4
C. VAR.	72.4	67.6	76.3	83.4	122.9	107.9	68.0	67.1	52.6	47.9	67.5	81.7	43.5
MAXIMO	171.3	254.8	295.8	202.0	187.5	73.1	39.0	45.7	59.8	95.4	220.0	251.0	999.5
MINIMO	7.1	8.9	14.3	14.4	0.0	0.0	1.6	0.2	6.5	20.0	15.0	10.4	127.4
NºAÑOS	15	17	17	17	17	17	17	16	16	15	16	16	14

Llata (Homogenizado)

	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 1 CORREGIDO
	1965/1972	1973/1985	
MEDIA	53.169	53.169	
D.ESTAND.	54.008	54.008	
VARIANZA	2916.876	2916.876	
N	91	105	
N-1	90	104	
S PONDERA	54.008		
T CALCUL.	0.000		
F CALCUL.	1.000		
G.L para T (N1+N2-2)	194		
T TABULAR	1.965	U1 = U2	HOMOGENEO
G.L para F (N1 y N2)	90	104	SI
F TABULAR	1.484	VAR1 = VAR2	

Completación y extensión de la información

Se realizó la completación de datos faltantes y la extensión de las mismas para los datos históricos homogéneos y consistentes de precipitación mensual. para ello, se utilizó el modelo HEC4, la cual consideró un período de 58 años entre los años 1953 - 2010.

Para este proceso se agrupó a las estaciones meteorológicas en cuatro (04) grupos:

- Grupo 1: Yanacocha, Cahuish, Chavín, Chiquián, Recuay, Milpo, Recreta y Collota
- Grupo 2: Chiquián Chavín, Dos de mayo, Llata y Huallanca
- Grupo 3: Chiquián, Yanacocha, Milpo y Huarapasca
- Grupo 4: Cahuish, Yanamarey, Uruahraju, Chavín y Yanacancha.

El programa aplicó n correlaciones entre dichas estaciones meteorológicas del mes en curso y el mes que precede, eligiendo el mayor coeficiente de regresión múltiple.

Estación Chavín – Precipitación Total Mensual (mm)

Latitud: 09° 35.2S
Longitud: 77° 10.5W
Altitud: 3210 msnm

ESTACION CHAVIN/000445/DRE-04
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)
SERIE COMPLETADA Y EXTENDIDA 1953/2010

Dist. : Chavín de Huantar
Prov. : Huari
Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	138.6	104.2	69.7	72.9	32.1	24.1	22.0	9.3	47.1	78.9	166.8	61.7	827.4
1954	137.8	117.2	78.4	31.9	37.7	9.4	5.2	5.1	56.2	48.2	78.6	80.4	686.0
1955	123.1	32.3	76.3	25.9	23.1	4.7	0.2	0.6	22.3	35.4	79.4	82.7	505.8
1956	82.5	244.2	163.2	140.0	2.4	7.8	1.7	4.3	49.9	50.0	30.1	172.7	948.8
1957	105.4	265.3	107.5	55.5	21.4	7.2	0.3	1.4	43.9	77.0	37.0	56.1	777.9
1958	108.8	60.1	69.7	108.7	19.1	7.6	0.7	1.9	27.1	90.0	51.8	73.9	619.5
1959	87.1	170.7	217.8	31.9	22.8	7.6	0.2	0.4	34.8	126.3	60.7	41.6	801.9
1960	85.2	49.9	73.9	70.2	33.5	13.0	0.0	1.1	47.3	31.5	86.7	205.2	697.6
1961	156.3	211.4	171.2	90.9	32.3	10.8	0.9	3.2	27.3	37.8	125.1	37.1	904.3
1962	122.8	112.5	67.4	84.1	10.3	3.4	15.0	11.2	15.6	43.7	65.7	95.0	646.8
1963	107.5	125.7	111.6	46.9	37.7	25.8	0.1	26.2	20.8	56.3	116.9	66.1	741.5
1964	67.3	74.0	50.3	60.0	35.2	0.9	6.4	19.2	11.8	84.7	57.4	70.9	538.1
1965	78.5	84.9	101.0	15.1	19.4	8.9	0.9	0.5	12.7	60.8	42.4	82.5	507.8
1966	64.9	49.2	59.1	28.2	21.5	15.9	0.8	0.3	39.7	92.5	88.4	75.0	535.4
1967	118.0	236.9	171.2	30.2	24.8	5.8	26.0	3.0	32.2	114.3	82.3	56.4	901.0
1968	75.2	86.9	78.8	20.9	36.1	20.6	6.5	5.8	34.6	62.6	97.6	66.0	591.4
1969	90.4	112.4	104.0	50.1	37.6	12.6	4.4	4.3	17.3	64.5	61.1	26.5	585.1
1970	82.2	86.0	71.9	43.6	34.1	13.2	15.0	11.4	50.1	47.7	29.8	229.1	714.1
1971	52.2	78.6	122.2	13.9	24.4	23.7	4.3	24.2	31.8	101.3	48.1	33.5	558.2
1972	147.4	43.8	255.0	75.9	37.7	8.9	6.3	0.0	51.6	56.9	38.8	41.4	763.5
1973	145.2	123.8	198.1	431.0	32.2	15.7	3.7	17.2	39.9	104.6	58.5	47.2	1217.1
1974	83.3	143.2	81.9	25.7	35.1	12.4	0.8	0.1	26.0	61.1	75.7	30.6	575.8
1975	150.4	99.0	205.1	84.3	27.2	10.4	1.3	18.1	50.6	28.5	65.2	80.7	820.8
1976	113.6	124.7	138.6	16.7	29.1	11.3	26.8	14.6	28.9	2.3	35.5	47.8	589.7
1977	63.4	83.1	91.9	19.2	0.1	1.4	16.1	44.5	21.0	17.0	73.9	109.6	541.1
1978	95.0	112.2	102.3	67.5	18.5	4.7	9.0	0.3	43.3	73.4	54.4	40.7	621.4
1979	45.1	106.7	160.9	49.9	34.4	20.8	3.5	4.6	29.5	19.9	40.9	20.9	537.2
1980	64.0	31.6	101.1	8.5	13.3	2.2	0.0	8.5	11.1	124.0	78.2	185.2	627.7
1981	143.0	278.3	193.0	20.2	0.0	11.4	6.2	0.0	53.4	88.6	106.9	70.4	971.2
1982	86.4	43.0	90.6	10.1	6.9	9.9	28.2	2.7	18.2	37.7	203.4	36.9	573.9
1983	50.1	77.0	83.8	236.1	21.0	14.5	0.9	36.3	10.7	61.9	81.4	75.0	748.7
1984	377.4	215.9	191.4	95.9	29.1	0.3	14.1	31.0	29.4	46.1	103.1	148.0	1281.5
1985	97.7	174.8	109.0	30.3	27.2	10.8	0.6	0.7	52.9	36.0	51.0	78.4	669.4
1986	108.8	131.4	107.9	55.6	15.9	0.9	0.9	37.2	39.0	7.7	52.7	59.1	616.9
1987	178.1	68.7	63.0	56.3	9.8	10.8	17.0	16.2	45.0	38.7	94.5	85.9	683.9
1988	164.3	93.4	98.3	134.5	24.4	0.0	0.0	0.0	44.9	66.5	43.9	63.8	734.0
1989	79.4	103.5	118.6	66.1	18.8	20.3	3.7	18.3	55.8	96.2	48.4	28.7	657.8
1990	85.5	95.4	102.3	42.8	28.6	34.2	8.7	0.0	51.9	145.4	115.8	94.8	805.4
1991	107.5	88.3	188.2	44.8	23.3	4.1	2.8	0.0	31.9	75.5	83.0	44.0	693.4
1992	52.5	66.5	98.8	27.7	0.0	5.5	3.4	36.4	23.5	63.2	76.1	40.6	494.2
1993	120.9	128.1	188.6	124.9	21.1	7.9	11.0	13.9	69.5	86.6	160.9	183.1	1116.5
1994	167.1	175.8	157.9	89.5	22.7	13.4	0.0	0.0	48.2	57.6	52.9	80.1	865.2
1995	112.2	98.5	152.0	75.5	53.1	22.0	1.0	0.0	35.7	87.7	75.5	142.2	855.4
1996	107.9	141.8	147.1	139.6	34.0	2.6	0.0	19.5	22.9	41.7	33.9	60.3	751.3
1997	85.9	125.7	61.3	20.9	12.0	5.9	1.4	13.4	41.3	52.2	101.3	111.4	632.7
1998	160.9	127.4	151.8	41.2	12.2	4.6	0.0	4.2	10.9	58.2	66.7	38.9	677.0
1999	118.3	239.2	113.8	98.3	34.8	13.7	5.7	3.6	70.1	51.0	92.5	93.5	934.5
2000	75.4	124.1	112.7	100.3	34.8	11.3	6.3	34.4	24.1	13.4	40.8	85.5	663.1
2001	124.6	63.6	133.4	37.1	38.3	5.5	5.1	6.9	35.1	76.6	99.1	90.4	715.7
2002	56.7	82.5	132.4	69.6	17.1	1.8	27.7	2.6	18.5	87.3	96.8	85.0	678.0
2003	44.5	63.0	104.6	51.8	25.8	7.1	1.9	15.3	15.2	29.9	57.9	147.0	564.0
2004	33.3	80.7	53.8	22.5	12.2	12.2	21.2	5.0	38.2	89.4	87.0	93.2	548.7
2005	57.8	69.3	84.0	37.4	21.6	1.9	0.8	4.1	15.4	80.6	39.8	95.5	508.2
2006	77.9	95.5	147.3	83.5	9.3	48.1	6.8	7.1	40.6	67.4	104.0	119.1	806.6
2007	85.7	30.0	132.1	103.8	22.2	0.9	6.0	6.9	13.1	27.7	108.5	84.1	621.0
2008	100.7	96.2	105.7	86.8	28.8	16.9	2.3	13.1	27.7	108.5	84.1	61.1	731.9
2009	170.9	100.1	196.3	91.6	47.3	18.6	14.3	9.8	6.7	93.7	40.9	104.9	895.1
2010	103.7	102.6	125	34.2	26.6	2.9	12	2.5	30.1	57.4	83.7	96.1	676.8
N°ANOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	105.6	112.9	121.5	67.7	24.3	10.9	6.7	10.0	33.5	64.2	76.1	83.0	716.5
D. Est.	50.9	58.8	47.3	63.9	11.5	8.9	7.9	11.4	15.4	30.8	34.5	45.5	169.7
C. V.%	48.2	52.1	38.9	94.3	47.2	81.9	118.1	113.6	45.9	48.0	45.3	54.8	23.7
MAX.	377.4	278.3	255.0	431.0	53.1	48.1	28.2	44.5	70.1	145.4	203.4	229.1	1281.5
MIN.	33.3	30.0	50.3	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	2.3	29.8	20.9	494.2

Estación Dos De Mayo - Precipitación Total Mensual (mm)

Latitud: 09° 42.7' S
Longitud: 76° 46.8' W
Altitud: 3360 msnm

ESTACION DOS DE MAYO
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)
SERIE COMPLETADA Y EXTENDIDA 1953/2010

Dist. : Pachas
Prov. : Dos de Mayo
Dpto. : Huánuco

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	198.3	232.3	223.1	50.6	42.7	5.0	2.9	13.0	70.9	108.0	109.8	115.4	1171.9
1954	41.5	56.9	224.7	80.0	20.0	5.9	0.4	2.1	53.2	85.1	158.3	153.6	881.8
1955	51.4	125.2	732.9	51.2	20.7	1.9	0.9	2.5	7.9	40.7	65.2	114.4	1215.1
1956	2.9	49.9	70.5	127.6	6.1	2.6	0.0	11.5	31.7	88.3	139.4	157.1	687.5
1957	191.6	329.2	273.7	50.1	14.8	0.0	0.5	11.9	26.7	70.7	74.1	75.6	1118.8
1958	103.4	89.8	72.5	51.6	32.3	6.4	2.1	5.3	44.2	101.1	122.2	171.7	802.4
1959	110.3	110.6	141.2	58.9	28.5	0.3	0.3	4.2	40.0	96.3	52.5	79.6	722.7
1960	19.1	71.8	142.3	66.5	40.7	0.5	4.0	0.6	77.5	102.7	82.7	101.7	710.0
1961	125.2	90.6	52.2	105.1	21.0	2.4	3.2	12.4	31.7	60.8	82.0	93.2	679.8
1962	58.6	86.6	97.2	74.1	21.2	0.6	14.7	0.7	21.9	68.9	166.7	123.8	734.8
1963	66.5	229.0	254.3	35.9	26.3	5.6	9.8	3.2	28.7	80.4	58.7	132.6	931.1
1964	34.5	54.6	46.5	100.5	39.3	3.7	7.1	12.1	24.9	81.1	87.2	141.9	633.2
1965	23.2	103.6	165.4	74.6	8.2	3.2	5.8	13.5	47.7	91.3	114.8	108.3	759.6
1966	133.5	150.8	127.7	48.5	34.1	1.0	0.7	4.5	29.8	97.4	115.3	160.5	903.7
1967	69.1	182.8	94.9	71.8	30.3	27.4	10.6	1.2	23.7	82.0	113.8	175.6	883.3
1968	222.5	110.6	109.0	95.2	35.4	0.1	7.9	4.5	31.0	93.3	110.4	111.3	931.2
1969	77.2	190.0	168.2	46.0	11.8	0.0	1.3	7.6	23.7	23.9	127.0	105.1	781.7
1970	211.8	94.8	243.7	80.9	26.0	1.1	15.8	0.5	38.9	80.9	96.9	71.9	963.0
1971	24.0	115.5	174.3	30.1	56.4	1.6	3.8	16.7	17.1	66.6	117.0	149.0	772.1
1972	50.3	90.1	101.4	70.7	18.8	0.5	0.1	10.2	31.5	53.8	76.1	96.8	600.3
1973	273.1	169.9	317.4	38.9	18.3	18.4	14.1	19.5	58.3	74.5	60.0	81.3	1143.7
1974	59.0	290.4	35.0	86.7	8.2	10.8	14.6	12.2	33.2	96.2	106.8	130.1	883.0
1975	148.4	98.2	142.3	43.5	51.5	280.5	0.2	51.0	37.1	79.6	68.9	88.6	1089.9
1976	136.1	104.1	153.8	64.0	22.0	0.0	4.3	3.2	25.1	67.1	89.1	127.8	796.5
1977	68.8	138.1	249.9	24.6	65.1	0.4	0.0	3.0	21.5	45.6	137.1	173.1	927.0
1978	146.5	150.0	383.1	45.0	29.0	0.0	1.6	14.6	12.3	33.3	152.7	133.7	1101.9
1979	95.0	181.7	534.5	28.1	12.3	0.0	9.8	3.4	23.1	56.3	118.2	169.9	1232.1
1980	77.4	45.1	130.3	47.4	12.5	0.5	2.1	3.5	10.3	85.2	85.3	88.8	588.3
1981	74.5	429.5	231.5	48.7	7.4	0.0	11.5	5.4	41.2	61.3	82.2	52.9	1046.0
1982	48.8	134.1	69.7	48.1	7.7	1.6	5.1	15.1	23.8	49.5	167.6	134.8	705.9
1983	75.0	77.5	89.0	46.8	6.6	220.4	0.7	9.2	10.5	35.8	103.0	142.3	816.7
1984	356.3	41.1	244.1	60.5	5.6	0.0	5.2	7.5	18.8	45.2	133.1	113.2	1030.5
1985	126.0	108.1	99.5	71.6	6.1	0.3	7.0	3.8	31.0	49.6	100.1	101.4	704.4
1986	142.4	77.7	116.1	60.5	11.5	0.0	1.2	2.9	49.2	81.0	66.2	94.6	703.4
1987	128.8	126.2	85.1	80.9	5.7	7.2	0.0	28.9	34.6	61.4	69.4	90.7	718.8
1988	131.8	65.8	97.3	66.5	12.6	0.4	2.5	0.7	14.2	61.3	79.5	141.2	673.8
1989	180.3	168.9	144.1	38.5	15.0	13.8	0.8	2.9	29.2	48.9	63.1	117.1	822.6
1990	186.3	220.5	155.6	30.3	52.9	1.5	10.2	6.5	92.0	111.0	66.1	70.4	1003.4
1991	74.2	61.4	72.4	60.3	21.5	8.0	4.2	4.4	34.8	71.4	123.0	159.4	695.1
1992	40.0	89.2	103.6	35.7	6.4	0.1	1.0	16.5	17.2	47.5	77.1	143.2	577.4
1993	135.6	122.0	291.3	76.1	12.6	0.5	1.8	61.7	55.8	99.5	72.1	65.8	994.8
1994	123.4	79.4	196.6	63.0	45.9	14.8	0.9	5.1	61.4	69.9	98.3	100.8	859.5
1995	40.1	77.8	140.9	75.2	97.3	1.8	2.1	1.5	29.3	90.4	64.8	95.2	716.4
1996	100.3	200.4	74.5	61.2	31.7	0.4	0.1	7.3	14.8	56.4	57.1	76.7	680.9
1997	63.4	80.9	246.6	53.5	17.9	1.3	3.2	17.6	31.3	78.4	81.3	121.7	796.9
1998	139.5	82.4	32.4	63.0	21.2	1.1	5.4	0.6	41.8	91.5	122.5	113.0	714.4
1999	143.3	127.1	121.2	61.1	41.6	1.6	2.6	4.8	89.5	74.0	59.0	81.1	806.6
2000	42.4	349.1	238.7	26.1	69.2	8.0	10.0	4.8	12.5	14.1	94.6	118.7	988.1
2001	233.8	259.3	262.8	66.3	49.0	0.0	14.4	12.0	53.6	57.0	94.7	117.5	1220.4
2002	34.3	161.1	250.1	76.9	30.1	0.0	27.4	2.1	21.9	88.3	119.3	129.9	941.4
2003	115.8	83.1	170.7	39.3	50.0	0.0	12.1	25.7	21.0	24.3	84.0	162.4	788.4
2004	55.0	97.7	190.2	57.5	7.5	12.8	7.5	8.7	27.1	89.2	96.9	90.3	740.3
2005	20.7	58.3	129.9	55.0	20.1	3.9	9.0	4.6	19.9	63.5	129.7	131.1	645.6
2006	152.8	128.0	138.9	112.9	9.2	31.1	7.1	13.2	58.2	104.4	90.8	69.1	915.7
2007	90.9	66.9	183.4	83.1	19.6	1.2	7.6	4.9	17.6	64.5	92.9	83.8	716.4
2008	105.7	108.8	92.2	39.7	16.2	14.0	0.6	1.7	33.2	97.1	54.4	122.9	686.5
2009	167.6	134.1	150.4	76.4	43.0	8.5	12.7	23.9	37.9	68.8	111.6	106.1	941.0
2010	99.4	115.6	145.7	66.5	13.7	8.4	6.7	5.2	14	79.4	151.9	128.5	835.0
N° AÑOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	107.7	132.3	172.9	61.2	26.0	12.8	5.5	9.6	33.8	71.5	98.2	115.7	847.1
D. Est.	69.0	78.8	117.6	21.7	18.8	46.1	5.5	11.1	18.8	22.6	30.0	30.8	171.8
C. V.%	64.1	59.6	68.0	35.5	72.3	359.7	100.0	115.6	55.6	31.6	30.6	26.6	20.3
MAX.	356.3	429.5	732.9	127.6	97.3	280.5	27.4	61.7	92.0	111.0	167.6	175.6	1232.1
MIN.	2.9	41.1	32.4	24.6	5.6	0.0	0.0	0.5	7.9	14.1	52.5	52.9	577.4

Estación Llanta – Precipitación Total Mensual (mm)

Latitud: 09° 33' S
Longitud: 76° 47' W
Altitud: 3429 msnm

ESTACION LLATA/000461/DRE-10
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)
SERIE COMPLETADA Y EXTENDIDA 1953/2010

Dist. : Llanta
Prov. : Huamalíes
Dpto. : Huánuco

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	42.0	71.0	35.2	62.3	71.7	13.8	10.3	14.6	39.3	46.7	69.0	37.8	513.5
1954	107.1	100.1	212.0	57.1	30.7	30.5	12.7	6.6	23.6	49.6	58.8	96.5	785.3
1955	8.2	40.0	46.0	22.1	7.9	7.0	26.9	17.1	19.9	28.9	150.3	169.9	544.1
1956	71.4	139.4	428.5	86.0	8.4	3.2	7.5	23.7	24.3	62.2	23.5	48.8	926.8
1957	51.3	54.8	44.3	82.3	2.8	1.5	4.3	24.1	27.2	29.2	89.0	36.2	446.8
1958	62.6	134.5	68.2	65.9	69.6	35.2	13.5	6.6	44.8	73.6	69.8	157.2	801.4
1959	31.6	72.4	71.8	43.7	10.2	0.1	8.2	20.0	49.7	31.1	136.1	142.1	616.9
1960	64.2	106.5	129.9	111.4	57.1	6.9	67.9	5.4	46.3	58.4	108.0	99.0	861.1
1961	92.6	208.7	260.0	133.8	37.7	13.7	8.5	13.1	13.5	28.7	187.6	95.7	1093.6
1962	77.7	118.6	120.2	81.0	78.6	1.7	56.5	14.1	37.8	69.0	12.4	18.4	685.9
1963	53.6	73.8	76.8	67.5	20.9	14.3	14.3	1.1	12.8	41.4	220.0	251.0	847.5
1964	50.5	254.8	295.8	202.0	187.5	18.6	23.8	19.1	25.0	58.2	66.6	31.6	1233.3
1965	32.9	45.1	79.4	64.9	19.9	18.1	15.9	14.6	41.0	30.2	56.2	75.9	493.9
1966	28.0	53.3	73.3	19.7	22.8	16.0	12.7	17.6	25.5	60.5	64.3	68.6	462.2
1967	50.6	113.6	79.2	27.7	31.8	16.2	22.2	20.0	32.5	53.6	45.1	71.2	563.7
1968	39.9	61.7	60.9	29.8	17.2	12.7	17.0	21.0	35.3	45.7	40.7	41.5	423.3
1969	32.7	53.2	53.8	54.0	17.7	13.5	19.3	16.1	33.6	39.1	70.8	54.6	458.5
1970	56.4	50.9	62.8	60.4	20.5	23.9	23.4	14.5	30.1	26.7	72.5	73.4	515.4
1971	171.3	85.6	175.8	26.2	31.4	10.8	7.8	12.3	39.1	44.5	54.5	137.1	796.4
1972	51.8	77.3	196.2	46.5	49.6	1.9	3.2	26.5	19.3	23.8	84.4	49.2	629.7
1973	69.4	172.1	77.5	112.0	23.7	20.3	39.0	45.7	55.6	95.4	133.2	143.1	987.0
1974	141.6	164.8	255.2	124.3	0.0	62.6	11.8	25.6	18.7	71.7	61.5	33.3	971.1
1975	98.1	101.8	161.4	35.0	111.6	73.1	12.7	37.6	59.8	59.3	100.1	149.0	999.5
1976	113.5	150.1	131.1	26.2	26.7	3.5	1.6	9.0	6.5	26.5	48.3	33.3	576.3
1977	63.4	99.5	14.3	67.2	41.6	8.6	2.5	0.2	50.2	46.7	35.7	71.6	501.4
1978	16.4	16.0	24.4	14.4	11.0	0.4	3.2	3.7	7.0	20.0	15.0	16.3	147.8
1979	7.1	8.9	17.2	14.5	1.8	0.0	11.0	3.4	11.6	21.0	20.5	10.4	127.4
1980	29.7	80.1	89.4	15.6	43.6	2.8	21.7	26.5	19.0	66.2	238.0	190.0	822.7
1981	97.4	102.2	160.8	101.8	12.5	0.5	42.7	31.6	19.8	32.0	242.4	152.3	995.8
1982	127.0	132.1	27.5	33.8	16.3	14.5	4.6	18.3	38.3	97.2	23.5	23.1	556.2
1983	49.1	59.4	62.9	38.2	49.8	58.1	16.5	21.7	24.5	30.3	56.1	76.2	542.8
1984	333.9	3.7	94.9	46.1	0.0	4.9	18.7	8.4	9.1	25.7	44.4	33.0	622.9
1985	62.7	102.4	79.1	34.7	10.5	0.7	13.2	12.3	4.8	27.1	35.3	53.8	436.4
1986	179.3	93.0	94.6	42.5	1.7	0.9	24.3	9.4	24.5	31.1	120.0	138.7	760.0
1987	35.6	102.1	96.2	34.3	38.0	14.8	1.3	14.3	37.2	29.1	122.9	194.9	720.7
1988	55.8	85.0	50.4	54.0	20.3	4.9	42.2	6.4	9.7	36.9	73.4	68.1	507.2
1989	111.3	64.1	20.0	21.0	19.1	22.9	9.8	0.0	13.5	35.3	70.6	40.2	427.6
1990	26.7	39.4	35.5	27.1	3.7	1.6	10.6	8.6	43.6	93.4	146.6	138.8	575.6
1991	78.5	104.1	147.1	39.6	51.2	11.7	21.4	32.8	14.0	30.3	38.8	48.4	617.8
1992	14.8	184.7	102.5	24.7	1.0	9.1	7.1	19.1	26.6	18.5	61.4	70.8	540.3
1993	23.9	86.3	113.7	204.9	5.5	5.6	4.4	32.0	21.4	60.7	307.6	163.7	1029.6
1994	134.6	21.2	28.3	32.4	106.1	25.3	21.6	33.6	48.7	27.5	61.0	46.5	586.6
1995	14.7	82.9	94.5	71.4	83.6	3.5	19.7	10.4	18.2	29.5	156.1	200.4	784.9
1996	31.2	60.9	97.9	112.5	56.4	5.7	26.9	17.3	14.3	49.6	111.0	95.9	679.5
1997	125.3	66.8	36.5	24.9	7.7	12.2	19.3	34.2	37.5	46.9	113.7	203.5	728.5
1998	314.9	84.1	217.1	47.7	40.1	3.1	37.2	8.7	23.1	68.1	40.5	33.4	917.9
1999	38.5	68.8	94.7	116.7	47.6	9.1	6.4	3.7	42.7	25.4	98.3	99.1	650.9
2000	118.3	53.6	32.0	54.4	93.5	9.9	26.1	4.4	24.9	18.1	45.2	95.4	575.7
2001	76.0	100.2	245.0	40.0	52.3	0.3	15.5	8.9	59.6	45.7	163.5	92.3	899.3
2002	44.3	68.6	67.0	65.0	9.1	2.2	44.9	10.4	12.1	43.0	61.2	71.4	499.1
2003	81.2	42.8	14.2	21.6	11.5	0.4	31.4	33.9	34.8	23.0	49.8	84.4	429.0
2004	23.4	29.8	50.4	33.9	11.8	25.1	4.1	1.5	5.6	30.3	68.0	50.4	334.1
2005	132.1	200.4	137.9	98.2	57.9	2.9	40.1	27.1	34.3	49.4	19.8	18.6	818.8
2006	44.7	34.4	22.8	60.5	9.1	43.9	13.6	27.9	60.1	53.5	121.3	195.4	687.3
2007	110.4	168.2	72.1	343.7	67.2	8.2	12.8	8.0	16.8	38.0	66.9	48.1	960.5
2008	65.9	144.8	74.6	40.2	44.1	6.5	14.5	3.1	13.3	63.1	129.7	164.8	764.6
2009	10.5	56.0	23.7	93.3	45.8	19.7	18.7	33.8	25.1	28.6	35.3	37.9	428.3
2010	43.84	39.73	29.86	28.27	36.47	33.61	5.49	5.76	6.66	31.6	20.97	33	315.3
N° AÑOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	74.5	89.5	99.4	64.5	35.6	13.7	18.2	16.3	27.8	43.6	86.8	89.2	659.1
D. Est.	62.9	51.8	81.1	55.5	34.2	15.6	13.9	11.0	15.0	19.4	61.9	59.3	229.4
C. V.%	84.4	57.9	81.6	86.1	96.1	114.1	76.5	67.4	53.9	44.5	71.3	66.5	34.8
MAX.	333.9	254.8	428.5	343.7	187.5	73.1	67.9	45.7	60.1	97.2	307.6	251.0	1233.3
MIN.	7.1	3.7	14.2	14.4	0.0	0.0	1.3	0.0	4.8	18.1	12.4	10.4	127.4

Estación Huallanca – Precipitación Total Mensual (mm)

Latitud: 09 53 S
Longitud: 76° 57' W
Altitud: 3260 msnm

ESTACION HUALLANCA/000460/DKE-10
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)
SERIE COMPLETADA Y EXTENDIDA 1953/2010

Dist. : Huallanca
Prov. : Dos de Mayo
Dpto. : Huánuco

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	154.1	240.3	123.3	135.5	98.8	12.9	33.5	21.8	89.0	89.0	173.1	152.9	1324.2
1954	188.5	164.2	176.8	125.3	62.0	40.9	28.5	27.8	72.4	80.8	71.8	111.6	1150.7
1955	95.5	165.1	162.9	69.5	51.0	26.9	44.3	22.5	46.2	66.5	186.1	199.3	1135.8
1956	96.4	99.9	167.2	110.1	16.8	44.5	25.1	41.4	72.8	123.2	65.7	83.6	946.5
1957	134.5	301.4	233.8	153.2	47.9	32.4	7.0	34.5	68.3	56.9	149.8	140.7	1360.4
1958	126.4	148.4	131.0	99.5	70.4	24.4	29.5	20.8	98.8	135.3	70.2	108.0	1062.5
1959	124.2	146.7	172.2	64.3	56.4	31.4	18.9	44.4	93.0	79.7	149.6	188.7	1169.4
1960	101.7	131.2	117.3	202.7	71.6	17.3	59.3	44.7	104.7	111.2	117.9	132.9	1212.6
1961	147.4	148.9	242.4	205.6	35.0	15.9	11.5	37.0	70.3	114.1	115.3	172.2	1315.7
1962	119.8	126.7	173.0	197.4	83.5	6.4	56.7	19.9	51.6	132.4	72.9	131.1	1171.5
1963	167.5	181.4	216.9	198.7	60.4	3.1	30.8	26.4	88.4	120.8	126.0	147.5	1367.8
1964	110.0	112.0	206.0	113.0	119.0	2.0	21.0	31.0	65.0	118.0	129.0	88.0	1114.0
1965	114.0	185.0	208.0	99.0	32.0	15.0	29.0	39.0	121.0	61.0	78.0	160.0	1141.0
1966	84.0	155.0	117.0	69.7	91.8	14.9	11.8	9.0	62.2	126.5	62.0	99.8	903.7
1967	183.0	232.7	160.0	73.5	52.0	7.0	28.5	44.5	74.0	180.5	91.5	63.5	1190.7
1968	153.5	137.8	175.0	72.0	46.0	27.0	20.5	41.5	87.0	115.5	74.0	118.7	1068.5
1969	113.5	168.4	163.5	120.8	15.0	56.8	16.2	41.4	60.4	100.0	163.6	166.0	1185.6
1970	152.4	124.1	142.8	142.9	45.8	35.5	45.6	15.1	84.0	88.6	127.9	131.8	1136.5
1971	131.2	205.9	204.6	101.8	81.1	18.5	24.5	84.1	26.2	77.9	60.8	140.2	1156.8
1972	137.3	144.5	252.4	150.5	54.7	16.5	9.1	24.4	59.6	72.4	84.3	165.4	1171.1
1973	202.0	164.9	148.6	148.0	39.2	25.2	47.8	42.6	110.7	171.1	153.4	146.9	1400.4
1974	163.3	178.3	137.0	141.5	12.1	41.4	58.3	35.4	53.4	113.8	89.8	111.4	1135.7
1975	204.0	143.5	208.2	99.6	89.0	30.5	18.7	57.2	68.2	91.8	101.5	142.1	1254.3
1976	212.3	169.5	143.7	78.3	90.2	31.8	3.5	35.9	47.1	81.6	96.2	89.6	1079.7
1977	179.0	216.4	240.8	94.4	71.4	8.5	16.1	45.7	95.3	102.4	69.7	114.0	1253.7
1978	90.9	196.8	114.5	67.9	61.9	24.9	11.2	60.3	51.4	54.6	46.5	122.6	903.3
1979	78.5	160.7	226.1	61.2	59.2	37.8	37.7	17.5	61.1	65.9	48.5	104.4	958.5
1980	90.9	91.5	173.9	46.0	54.3	5.6	22.2	27.2	54.1	101.8	184.1	131.9	983.3
1981	170.9	277.9	327.8	163.9	78.3	10.5	49.4	44.9	55.7	110.4	364.9	149.2	1803.8
1982	148.0	176.4	127.6	45.0	50.4	25.9	25.5	35.4	159.3	56.4	130.8		1006.2
1983	114.4	111.6	123.9	46.8	43.3	25.8	13.3	34.4	58.8	74.3	89.8	110.1	846.5
1984	302.5	159.1	249.6	117.2	3.6	51.0	29.0	25.6	53.8	72.0	85.6	157.5	1306.3
1985	113.7	139.1	95.4	85.3	55.2	14.6	44.4	12.2	56.2	85.6	86.6	169.8	958.1
1986	195.6	131.6	136.6	152.6	29.0	31.7	29.2	19.1	93.9	92.0	128.7	118.8	1158.7
1987	172.9	143.6	107.3	81.0	41.9	17.8	1.0	29.9	58.1	81.0	108.3	146.7	989.6
1988	181.8	129.0	89.0	252.0	22.9	12.7	57.8	12.3	64.9	108.0	90.3	68.4	1089.1
1989	208.3	179.0	121.3	70.2	53.4	31.7	27.3	50.0	37.0	96.5	109.6	80.1	1064.3
1990	145.2	173.6	155.8	100.9	42.2	25.8	17.8	14.9	115.7	128.8	131.8	179.4	1231.8
1991	139.4	113.5	104.5	131.4	36.0	18.5	24.3	9.8	65.4	84.1	73.6	90.4	890.9
1992	91.1	122.5	133.7	95.8	18.5	47.7	18.7	63.1	30.7	73.0	83.9	67.8	846.6
1993	127.7	161.5	210.7	318.2	12.6	32.7	11.1	48.7	75.0	105.7	320.7	165.8	1590.5
1994	170.0	145.1	132.3	88.7	111.9	12.3	36.6	26.1	84.5	72.8	102.2	141.7	1124.2
1995	99.1	127.8	188.0	118.1	100.6	17.5	20.0	5.2	93.9	96.3	126.8	149.2	1142.4
1996	125.1	201.3	187.0	123.7	61.0	21.8	26.0	36.6	51.3	106.7	131.2	162.9	1234.6
1997	133.6	126.1	133.3	78.8	64.5	30.7	26.2	49.8	62.1	108.1	120.2	146.7	1080.2
1998	216.0	165.2	204.4	94.5	87.9	20.9	65.0	24.7	94.3	111.3	80.8	119.2	1284.1
1999	122.8	159.8	288.1	97.6	79.1	17.9	17.4	31.6	108.4	73.6	99.0	178.8	1274.0
2000	136.1	213.2	191.2	78.3	105.0	14.4	24.0	51.8	32.0	68.8	83.6	167.4	1165.7
2001	186.7	175.4	321.8	70.9	97.2	9.7	47.8	30.7	108.2	145.3	300.9	127.1	1621.7
2002	132.1	153.1	151.4	125.3	39.3	28.8	77.8	27.9	39.5	92.5	90.3	154.1	1112.1
2003	122.5	152.3	88.8	91.2	74.4	19.6	61.6	50.5	73.6	79.2	84.8	128.8	1027.3
2004	106.6	145.3	109.9	106.8	29.4	24.4	11.8	22.2	67.1	79.8	118.9	149.3	971.4
2005	145.3	147.5	179.8	109.4	61.7	10.8	44.8	34.0	63.4	105.8	62.8	147.2	1112.4
2006	152.4	196.1	143.6	132.2	33.4	38.8	19.0	48.0	59.6	101.6	107.1	164.5	1196.3
2007	189.0	131.0	175.1	272.4	54.7	9.3	29.4	24.6	37.8	76.3	85.0	123.7	1208.2
2008	174.0	158.7	110.9	100.7	44.8	17.2	21.7	50.3	78.1	151.4	108.9	113.9	1130.4
2009	147.3	155.1	164.3	136.1	61.7	22.2	22.9	49.8	84.3	71.7	102.0	127.0	1144.3
2010	122.94	144.09	109.84	75.42	51.46	27.11	26.44	24.9	38.97	91.29	77.88	141.6	931.9
N° AÑOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	145.7	161.3	169.0	117.3	57.1	23.2	29.2	34.0	69.2	98.9	113.3	133.5	1151.7
D. Est.	41.4	39.4	54.6	54.7	26.6	12.2	16.7	15.2	23.0	27.9	60.6	31.1	180.7
C. V. %	28.4	24.4	32.3	46.6	46.6	52.6	57.2	44.7	33.2	28.2	53.5	23.3	15.7
MAX.	302.5	301.4	327.8	318.2	119.0	56.8	77.8	84.1	121.0	180.5	364.9	199.3	1803.8
MIN.	78.5	91.5	88.8	45.0	3.6	2.0	1.0	5.2	26.2	54.6	46.5	63.5	846.5

Estación Observatorio Huarapasca – Precipitación Total Mensual (mm)

Latitud: 09° 52' S
Longitud: 77° 11' W
Altitud: 5000 msnm

ESTACION OBSERVATORIO HUARAPASCA
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE COMPLETADA Y EXTENDIDA 1953/2010

Dist. : Catac
Prov. : Recuay
Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	143.7	103.6	118.9	139.8	31.6	367.7	129.5	24.3	50.2	71.7	66.5	109.0	1356.5
1954	118.7	132.4	157.3	191.6	71.8	1.3	0.4	2.2	64.3	98.1	39.0	51.5	928.6
1955	136.1	145.7	117.0	170.0	37.2	0.0	0.1	0.0	30.9	68.4	88.0	128.9	922.2
1956	36.8	144.9	185.5	65.4	12.3	8.9	1.6	17.1	41.1	96.0	104.7	98.1	812.3
1957	100.6	88.7	125.2	108.6	35.8	22.6	0.1	0.4	45.7	70.0	56.4	86.5	740.5
1958	125.1	94.8	132.3	141.1	47.1	0.0	1.7	2.3	28.6	112.8	75.1	85.8	846.6
1959	102.8	65.6	142.1	141.3	79.9	16.2	84.5	4.8	35.4	77.6	96.0	101.8	948.0
1960	73.8	89.3	101.1	42.3	36.5	1.3	2.3	23.0	60.9	63.3	56.0	64.9	614.5
1961	148.0	98.7	80.5	71.3	30.6	0.1	0.0	6.4	55.7	84.6	72.8	132.9	781.6
1962	42.2	128.7	106.8	123.3	81.7	0.1	0.0	2.9	33.1	78.7	63.0	97.5	758.0
1963	78.8	137.6	91.1	202.8	33.6	7.9	0.8	0.4	41.1	55.6	77.7	133.2	860.5
1964	77.2	103.3	106.8	246.3	92.8	39.1	68.7	2.3	35.7	36.2	81.5	111.0	1000.9
1965	75.1	106.5	82.9	121.3	70.8	105.6	69.3	107.2	81.2	91.8	109.4	134.2	1155.3
1966	108.2	63.0	115.9	56.6	32.3	0.2	0.0	0.0	31.0	101.3	74.3	105.8	688.7
1967	102.2	138.9	184.4	64.0	15.5	0.0	0.0	2.2	57.6	128.5	22.6	22.3	738.3
1968	178.5	99.6	84.6	25.5	53.2	13.7	0.2	0.0	35.4	123.1	71.6	69.5	754.8
1969	148.0	115.3	109.0	79.4	71.0	15.6	0.5	0.5	36.6	89.9	77.2	99.5	842.6
1970	102.3	115.5	208.0	76.0	100.6	3.5	0.0	4.6	37.9	128.2	118.9	67.8	963.3
1971	88.6	93.2	105.9	51.7	53.4	1.6	0.1	3.0	53.8	88.5	60.9	51.0	651.6
1972	134.0	58.7	87.4	111.8	33.5	11.6	0.0	5.4	49.0	41.2	101.5	147.2	781.2
1973	111.3	165.7	525.2	209.9	12.9	0.6	0.0	0.0	43.0	84.7	44.5	69.2	1267.0
1974	115.6	136.2	92.6	58.9	41.4	6.4	2.5	9.5	27.4	46.8	99.5	149.8	786.5
1975	59.0	96.9	106.3	25.0	44.4	0.4	0.1	89.0	61.1	79.5	64.4	96.1	722.2
1976	137.9	123.7	109.8	49.5	42.7	7.5	0.0	1.3	39.5	34.1	79.3	128.9	754.3
1977	97.7	112.7	77.8	24.7	88.5	11.3	0.2	7.5	74.3	74.5	74.4	109.7	753.3
1978	48.5	94.6	70.8	99.5	43.6	0.5	0.1	1.0	38.4	64.4	29.3	69.9	560.6
1979	100.1	67.3	127.9	38.9	15.4	34.1	0.9	29.2	55.7	42.7	21.0	91.8	625.0
1980	123.5	92.0	85.3	25.2	21.7	1.2	0.2	1.8	32.3	83.7	116.2	136.4	719.6
1981	85.5	215.4	521.2	58.3	7.9	0.0	1.8	0.0	15.5	155.8	178.2	145.5	1385.2
1982	93.6	103.9	143.0	86.3	33.4	15.4	0.4	3.6	23.4	80.2	63.5	119.0	765.7
1983	56.7	64.0	101.0	161.0	8.3	43.0	8.0	5.4	51.4	35.2	43.4	102.3	679.7
1984	108.6	148.6	172.4	76.7	38.2	19.1	16.6	7.1	14.3	98.7	70.8	60.6	831.7
1985	60.7	88.3	87.0	63.0	35.8	25.6	15.1	36.4	55.9	26.4	76.3	100.2	670.7
1986	113.5	107.2	110.3	117.2	24.5	0.3	5.2	22.6	52.0	60.0	50.0	78.0	740.8
1987	166.3	114.4	110.1	23.2	8.2	0.0	0.0	13.2	45.7	91.0	73.5	85.4	731.0
1988	115.2	137.1	97.3	140.8	45.1	10.7	0.0	0.0	28.3	49.6	91.3	106.4	821.8
1989	114.5	136.1	89.1	153.4	58.3	0.2	0.0	13.3	41.3	63.1	15.3	27.4	712.0
1990	135.1	64.8	76.3	49.9	102.9	55.8	0.0	0.0	53.2	129.3	63.8	98.4	829.5
1991	99.7	121.6	243.3	219.6	39.8	0.0	0.0	0.0	32.2	62.7	154.6	129.4	1102.9
1992	105.4	161.5	80.5	45.4	26.4	0.0	0.0	0.0	18.7	77.5	43.5	36.0	594.9
1993	159.4	84.2	173.5	152.2	77.4	3.3	6.3	9.2	38.5	75.2	120.8	99.3	999.3
1994	152.7	89.2	200.6	62.7	80.6	0.0	0.0	0.0	16.3	44.6	108.0	135.4	890.0
1995	72.0	124.8	150.0	21.1	53.1	10.5	1.5	1.7	10.1	44.8	77.7	71.2	638.2
1996	91.9	138.4	173.5	129.9	67.9	1.4	0.7	16.3	58.2	82.3	60.7	85.3	906.5
1997	127.5	81.2	99.8	63.4	57.1	3.1	0.6	6.4	42.0	68.5	115.1	45.0	709.7
1998	148.9	106.4	121.5	75.0	42.9	1.4	3.1	13.6	56.0	86.2	62.5	98.2	815.7
1999	161.9	166.6	135.5	101.4	16.7	0.0	0.0	0.9	29.2	50.6	55.5	46.1	764.4
2000	111.5	110.8	166.6	198.1	73.5	15.7	0.0	0.0	23.6	63.6	75.7	74.0	913.1
2001	101.8	89.0	373.9	89.0	7.9	0.0	0.0	3.3	53.8	59.3	168.8	149.5	1096.3
2002	127.6	121.3	114.1	164.9	126.0	0.5	0.3	5.3	14.7	132.8	73.0	103.7	984.1
2003	77.7	122.7	163.2	104.4	19.9	0.9	0.0	0.6	31.9	83.2	22.2	21.6	648.1
2004	129.8	129.2	81.7	192.1	6.7	1.0	3.1	3.9	43.3	60.9	75.1	88.8	815.5
2005	133.7	80.8	105.9	83.8	61.7	0.1	0.0	0.3	31.9	48.4	36.6	69.1	652.1
2006	187.7	99.9	180.2	38.5	56.4	110.1	48.9	10.9	31.2	51.4	85.2	42.9	943.3
2007	135.3	171.8	82.0	75.0	55.5	3.9	0.7	19.2	55.7	86.0	39.9	86.5	811.5
2008	115.1	196.5	110.1	190.8	16.8	3.3	3.2	0.6	44.2	96.4	22.8	37.6	837.2
2009	88.1	109.2	79.8	185.8	47.2	1.8	0.0	26.7	40.6	74.0	98.6	88.2	840.0
2010	81.86	63.41	117.07	141.02	5.88	3.1	68.94	0.68	20.81	90.62	45.14	23.58	662.1
N° AÑOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	109.9	113.1	139.6	103.9	45.4	17.4	9.4	9.8	40.5	76.6	74.3	89.7	829.8
D. Est.	33.5	33.2	88.9	59.3	27.7	51.6	25.2	19.0	15.2	27.5	34.2	34.7	175.7
C. V. %	30.5	29.3	63.7	57.1	61.0	296.6	266.7	193.5	37.5	35.9	46.0	38.7	21.2
MAX.	187.7	215.4	525.2	246.3	126.0	367.7	129.5	107.2	81.2	155.8	178.2	149.8	1385.2
MIN.	36.8	58.7	70.8	21.1	5.9	0.0	0.0	0.0	10.1	26.4	15.3	21.6	560.6

Estación Uruashraju – Precipitación Total Mensual (mm)

Latitud: 09° 35´ S
Longitud: 77° 19´ W
Altitud: 4692 msnm

ESTACION URUASHRAJU
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE COMPLETADA Y EXTENDIDA 1953/2010

Dist. : Olleros
Prov. : Recuay
Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	230.8	196.9	147.3	120.5	60.2	74.5	0.6	11.5	98.1	132.1	112.7	126.2	1311.2
1954	268.3	152.7	144.7	180.6	33.6	5.1	1.1	0.0	33.2	95.2	123.6	141.7	1179.8
1955	129.8	191.4	129.7	92.4	44.3	0.1	17.4	1.4	72.5	100.8	205.8	224.0	1209.4
1956	230.5	283.4	122.2	172.8	45.5	8.0	0.3	21.8	27.0	43.2	67.1	207.7	1229.4
1957	229.4	286.0	114.0	176.0	25.5	2.8	0.2	2.6	97.2	77.4	122.4	97.8	1231.2
1958	64.1	252.3	106.9	195.2	38.6	1.6	0.2	1.1	93.2	137.0	147.9	151.1	1189.3
1959	93.7	197.6	168.9	121.1	26.2	21.2	0.6	0.1	101.6	120.2	94.1	212.3	1157.5
1960	171.8	201.3	123.6	113.2	43.5	5.8	316.9	5.3	64.7	82.7	157.2	222.6	1508.6
1961	286.3	228.6	227.9	186.4	32.2	5.8	0.3	0.0	52.6	40.8	153.8	66.3	1281.0
1962	207.7	157.0	124.7	127.2	74.7	0.0	0.6	8.5	117.1	86.2	74.9	72.3	1050.9
1963	147.6	104.2	157.0	126.9	23.2	3.0	3.1	5.1	48.4	143.1	128.6	175.7	1065.9
1964	260.7	164.6	143.3	105.2	51.6	92.0	1.2	23.0	42.2	91.9	102.9	38.2	1116.8
1965	151.7	113.1	213.7	37.2	53.6	34.6	2.1	0.3	76.2	126.8	58.9	118.5	986.5
1966	220.6	225.7	173.1	71.9	40.2	8.2	9.4	0.0	73.1	279.4	79.4	121.3	1302.3
1967	189.9	184.7	168.1	144.4	56.9	25.0	3.8	48.5	85.4	129.1	114.9	94.6	1245.2
1968	243.1	131.3	202.2	62.1	62.6	0.0	4.5	41.5	98.4	79.5	173.5	166.2	1265.0
1969	257.3	228.0	134.9	159.8	49.8	0.0	2.3	11.0	77.3	61.5	104.9	206.1	1292.9
1970	170.5	108.5	214.8	71.7	62.0	42.9	0.1	53.5	56.9	59.9	61.0	209.5	1111.2
1971	267.4	208.8	208.1	79.8	46.2	99.4	1.0	52.6	68.5	124.5	108.3	108.2	1372.8
1972	132.8	152.3	346.7	117.8	26.2	0.0	0.0	4.7	44.9	79.6	85.9	11.1	1002.1
1973	94.4	59.3	280.7	153.2	33.4	116.4	0.0	30.5	27.7	173.4	82.1	175.8	1226.8
1974	150.2	127.7	155.2	71.2	35.3	0.4	0.6	0.0	123.1	127.1	114.6	69.0	974.2
1975	75.8	96.5	425.4	63.0	59.5	22.5	3.3	47.6	40.1	150.3	110.2	196.8	1291.0
1976	168.9	131.8	214.8	139.0	44.4	67.7	107.6	9.6	90.3	41.3	101.5	57.4	1174.2
1977	161.9	192.4	105.4	118.8	42.1	28.0	2.5	39.9	61.8	73.8	90.7	142.5	1059.9
1978	202.4	182.4	76.0	128.5	44.7	4.6	69.3	11.0	47.3	160.6	99.7	152.0	1178.3
1979	138.3	174.1	154.1	119.0	40.5	1.3	1.0	1.7	98.8	75.7	168.3	43.0	1015.9
1980	59.2	176.2	179.1	78.2	73.0	10.7	323.6	3.8	35.9	156.3	87.0	217.3	1400.3
1981	285.0	193.2	211.2	89.7	47.8	6.0	0.5	14.3	9.6	128.3	82.9	173.4	1241.9
1982	267.5	261.7	89.0	105.3	52.9	23.1	0.0	9.4	65.0	75.0	113.4	147.0	1209.2
1983	141.2	79.0	235.0	103.4	31.3	45.0	12.0	6.0	84.2	50.2	87.0	106.0	980.3
1984	226.1	290.0	301.3	106.0	53.0	27.0	33.4	2.0	41.0	137.2	86.0	152.0	1455.0
1985	111.0	173.0	228.0	63.1	42.1	21.2	12.4	29.1	121.0	36.2	152.1	203.0	1192.2
1986	191.0	174.2	170.0	145.0	23.3	0.0	11.2	40.1	13.1	76.0	129.1	126.2	1099.2
1987	236.4	200.0	139.4	137.0	85.0	8.0	34.2	9.8	79.1	62.1	172.1	175.1	1338.2
1988	287.0	187.1	114.0	175.2	57.0	3.6	0.0	0.0	42.0	153.0	105.4	120.5	1244.8
1989	308.7	262.9	207.0	169.1	39.1	14.2	0.0	29.3	35.4	136.2	56.9	2.2	1261.0
1990	213.7	118.0	134.6	89.4	67.8	39.4	0.2	2.4	38.2	213.0	161.2	132.5	1210.4
1991	193.0	119.1	196.3	140.5	43.6	0.0	0.0	0.0	78.0	86.3	137.3	129.4	1123.5
1992	73.3	136.6	96.5	62.8	54.8	43.3	0.0	40.9	85.0	105.0	96.4	47.2	841.8
1993	260.1	214.5	262.2	191.0	41.2	40.6	0.0	40.5	90.1	203.0	172.3	310.1	1825.6
1994	322.0	192.4	327.5	144.3	102.4	11.6	2.0	1.8	56.2	51.4	69.4	178.4	1459.4
1995	224.1	208.4	224.8	76.3	37.2	44.0	12.2	11.8	62.6	63.2	105.6	194.7	1264.8
1996	286.8	109.4	195.5	107.7	62.0	69.4	8.5	6.5	77.6	48.7	121.4	198.2	1291.7
1997	145.2	144.3	104.5	71.4	70.7	10.9	0.3	31.6	46.6	58.2	133.5	225.8	1043.0
1998	299.6	172.2	197.0	129.5	28.9	26.7	0.1	0.0	101.9	63.6	147.8	5.0	1172.1
1999	119.7	68.6	220.4	116.8	68.0	2.7	0.3	12.4	26.3	116.1	165.6	185.0	1101.8
2000	260.6	152.4	162.2	177.1	49.3	48.0	1.1	41.8	78.2	78.9	100.4	152.1	1302.1
2001	198.6	125.8	133.1	61.2	38.0	14.6	0.4	2.2	87.6	92.8	177.6	223.8	1155.7
2002	303.2	161.6	154.1	158.2	48.6	1.5	1.6	5.2	63.2	83.5	148.2	181.2	1310.0
2003	158.7	113.8	168.1	101.6	54.4	15.2	0.1	17.2	58.8	185.0	98.9	230.3	1202.2
2004	222.4	174.0	153.9	77.7	71.3	59.0	0.0	6.9	74.6	165.3	114.1	160.6	1279.7
2005	202.5	238.5	140.9	118.2	29.9	31.9	0.6	1.4	119.4	31.0	150.5	197.2	1262.0
2006	95.8	221.1	225.4	152.7	19.4	46.4	0.1	31.6	17.0	139.7	146.2	227.7	1323.0
2007	124.1	213.1	107.5	172.6	52.2	0.2	0.0	5.1	80.0	89.5	111.6	31.2	987.0
2008	112.9	146.9	149.9	96.2	36.0	2.2	7.5	41.1	38.7	384.4	95.6	45.9	1157.2
2009	168.2	139.7	233.8	116.3	53.2	23.9	0.2	17.0	103.6	167.4	38.7	116.2	1178.2
2010	193.68	191.21	260.4	135.05	42.96	0	14.85	8.45	73.64	65.34	109.57	223.66	1318.8
N°AÑOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	193.7	174.0	181.1	119.4	47.8	23.5	17.7	15.6	67.3	110.3	115.8	145.3	1211.4
D. Est.	69.6	53.8	67.3	39.6	16.2	27.4	60.3	16.6	28.5	62.0	35.6	68.2	154.6
C. V.%	35.9	30.9	37.2	33.2	33.9	116.8	340.4	106.7	42.4	56.2	30.7	46.9	12.8
MAX.	322.0	290.0	425.4	195.2	102.4	116.4	323.6	53.5	123.1	384.4	205.8	310.1	1825.6
MIN.	59.2	59.3	76.0	37.2	19.4	0.0	0.0	0.0	9.6	31.0	38.7	2.2	841.8

Estación Cahuish – Precipitación Total Mensual (mm)

Latitud: 3º 41' 50 S
Longitud: 7º 15' 20 W
Altitud: 4550 msnm

ESTACION CAHUISH
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE COMPLETADA Y EXTENDIDA 1953/2010

Dist. : Chavin de Huanta
Prov. : Huari
Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	139.1	228.6	104.0	149.7	42.2	10.1	8.4	17.8	46.1	137.2	262.0	56.4	1201.6
1954	210.9	43.4	68.3	190.1	139.6	0.0	0.0	0.0	0.0	65.3	71.9	142.6	932.1
1955	127.7	190.0	78.4	122.4	0.0	0.0	0.0	0.0	28.5	78.4	28.5	111.1	765.0
1956	121.8	178.2	71.3	77.0	104.9	0.0	0.0	11.3	15.4	9.5	10.7	35.0	635.1
1957	78.4	68.3	139.5	101.0	57.0	0.0	0.0	0.0	91.5	101.0	4.2	95.0	735.9
1958	59.4	142.6	83.2	136.7	35.6	0.0	0.0	0.0	25.5	121.8	14.9	75.5	695.2
1959	70.1	184.2	158.0	79.6	163.4	17.8	0.0	0.0	52.3	103.9	50.5	203.2	1083.0
1960	124.7	87.9	92.1	156.8	83.2	0.0	0.0	9.5	32.7	106.9	80.8	59.4	834.0
1961	213.9	115.2	188.3	173.5	62.9	3.0	0.0	0.0	38.6	19.0	155.1	135.5	1105.0
1962	154.5	168.7	181.2	128.3	41.0	0.0	0.0	0.0	16.6	66.0	56.4	40.0	852.7
1963	155.6	152.7	201.4	214.9	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	115.3	93.8	152.7	1100.0
1964	127.7	112.9	179.4	121.3	47.5	80.2	5.9	25.0	6.0	89.1	104.7	34.4	934.1
1965	123.0	132.4	183.6	42.7	47.5	0.0	16.6	0.0	58.8	126.0	81.4	175.2	987.2
1966	74.3	161.6	83.2	87.9	87.6	0.0	0.0	0.0	43.3	128.3	73.7	73.0	812.9
1967	104.0	209.7	213.2	93.3	21.4	7.1	14.9	15.4	30.9	154.3	72.4	62.4	999.0
1968	114.6	78.4	173.5	51.7	19.6	0.0	0.0	23.2	64.8	119.4	51.1	62.4	758.7
1969	99.3	112.3	108.7	136.7	3.6	0.0	0.0	19.6	19.0	65.4	134.9	219.8	919.3
1970	192.4	123.6	201.1	172.9	91.5	25.5	0.0	18.4	74.8	87.3	104.6	116.8	1208.9
1971	36.3	188.9	249.5	77.2	34.5	17.8	0.0	33.2	16.0	111.1	33.3	181.0	978.8
1972	121.8	77.2	323.8	114.0	54.6	0.0	12.5	3.0	37.4	77.2	63.0	101.6	986.1
1973	150.9	164.6	162.7	155.7	54.1	33.3	0.0	28.5	64.2	136.8	141.9	181.2	1273.9
1974	160.4	98.7	136.6	115.8	0.0	0.0	0.0	0.0	42.8	73.1	35.1	102.8	765.3
1975	216.2	172.3	306.5	79.6	61.1	0.0	0.0	43.4	35.1	124.8	63.5	114.3	1216.8
1976	244.1	145.5	90.3	93.5	0.0	73.7	17.8	0.0	25.5	20.2	0.0	0.0	710.6
1977	89.1	403.4	154.4	107.1	73.6	39.7	0.0	13.7	51.1	73.1	134.1	150.9	1290.2
1978	141.9	198.4	44.6	26.9	49.9	19.7	11.9	4.2	69.8	80.2	121.2	124.2	892.9
1979	52.3	51.5	241.6	73.7	33.3	0.0	12.5	0.0	61.8	31.5	54.7	101.0	713.9
1980	151.4	102.7	199.0	53.5	35.6	3.0	0.0	26.2	7.7	145.5	87.4	72.4	884.4
1981	197.2	242.4	152.4	42.4	0.0	4.8	0.0	64.1	43.3	91.5	156.3	171.6	1166.0
1982	67.1	228.7	175.2	118.7	55.3	6.6	12.5	4.2	0.0	58.2	241.8	127.7	1096.0
1983	46.9	117.6	213.8	104.5	41.6	0.0	0.0	6.5	75.4	25.5	54.7	244.1	930.6
1984	116.5	236.0	178.4	143.7	81.0	34.1	36.8	0.0	52.3	83.0	87.4	103.3	1152.5
1985	116.0	166.5	175.8	57.0	119.1	0.0	0.0	20.8	140.2	29.7	104.2	115.3	1044.6
1986	106.3	194.3	155.0	68.0	87.3	0.0	0.0	1.8	30.9	117.6	0.0	118.8	880.0
1987	193.1	244.1	161.6	33.9	81.4	5.4	10.7	2.4	0.0	110.5	109.9	29.1	982.1
1988	178.0	304.9	128.9	163.9	128.9	28.5	0.0	5.4	6.0	83.8	49.3	70.1	1147.7
1989	69.5	219.2	226.9	133.7	121.2	1.2	3.0	16.6	14.3	95.0	89.7	0.0	990.3
1990	175.2	84.9	119.4	58.2	11.9	93.3	0.0	0.0	60.0	158.0	92.7	148.5	1002.1
1991	92.7	87.0	307.1	207.0	162.8	27.3	17.2	1.2	30.3	71.3	0.0	65.4	1069.3
1992	77.2	87.3	66.0	76.6	3.6	66.6	4.8	23.2	35.1	81.4	77.8	27.4	627.0
1993	158.8	108.9	354.1	256.0	83.8	15.4	12.5	32.1	78.4	197.2	198.4	279.3	1774.9
1994	207.7	191.7	230.9	389.9	33.9	11.9	6.2	11.9	33.9	30.9	139.9	130.4	1419.2
1995	125.0	48.8	298.8	80.4	19.0	7.1	7.1	3.6	68.5	65.7	89.3	112.0	925.3
1996	163.7	225.0	192.2	119.0	37.5	13.1	0.0	4.8	10.7	34.5	28.0	287.3	1115.8
1997	81.0	107.2	76.8	54.8	42.3	10.7	0.0	44.1	100.0	38.7	104.1	104.1	763.8
1998	128.0	227.4	138.1	107.7	28.5	6.0	0.0	0.0	15.5	101.7	59.5	17.9	830.3
1999	167.3	182.7	95.8	58.9	60.3	6.6	0.0	7.1	38.1	60.8	105.4	105.9	889.0
2000	100.2	151.9	166.6	104.6	19.9	34.6	0.0	34.9	81.7	59.5	40.3	71.6	865.8
2001	160.0	215.4	75.0	93.7	111.5	0.1	0.7	0.0	103.4	108.2	147.5	185.8	1201.3
2002	49.4	110.6	153.5	110.3	26.9	0.2	21.6	0.0	3.3	60.4	182.1	183.2	901.4
2003	89.7	209.9	128.7	129.9	122.9	0.8	2.0	17.6	55.0	117.8	102.6	146.1	1122.9
2004	85.6	132.9	54.6	81.3	41.6	8.1	0.2	0.0	60.2	121.4	79.2	57.2	722.3
2005	89.3	60.3	144.2	130.4	43.1	183.1	0.2	0.2	29.4	35.7	8.5	139.0	863.5
2006	103.4	85.9	102.0	300.9	58.0	0.0	0.0	8.0	7.1	88.6	105.0	110.4	969.4
2007	84.0	72.2	145.6	121.4	152.8	1.1	1.0	0.6	26.5	77.1	10.9	1.9	695.0
2008	181.7	155.8	123.8	126.9	10.2	0.7	0.1	21.9	30.4	164.4	115.1	44.8	975.6
2009	188.1	241.9	281.3	126.1	169.4	0.7	5.7	58.1	18.3	124.0	91.5	180.7	1485.6
2010	95.08	121.27	229.88	228.86	78.93	0.53	0.3	0	5.62	31.77	171.04	106.36	1069.6
N°AÑOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	126.7	154.4	163.3	120.0	60.2	15.5	4.2	11.8	39.8	87.8	86.7	111.5	981.9
D. Est.	49.8	69.3	72.2	65.5	45.2	30.8	7.3	15.3	29.8	41.0	57.5	65.4	218.0
C. V.%	39.3	44.9	44.2	54.6	75.0	198.6	174.1	129.8	74.8	46.7	66.3	58.7	22.2
MAX.	244.1	403.4	354.1	389.9	169.4	183.1	36.8	64.1	140.2	197.2	262.0	287.3	1774.9
MIN.	36.3	43.4	44.6	26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	627.0

Milpo – Precipitación Total Mensual (mm)

Latitud: 09° 53' S
Longitud: 77° 14' W
Altitud: 4400 msnm

MILPO /150902/DRE-04
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)
SERIE COMPLETADA Y EXTENDIDA 1953/2010

Dist. : Ancash
Prov. : Recuay
Dpto. : Catac

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	282.4	124.7	149.5	236.4	45.8	4.6	7.3	3.6	124.7	115.7	169.9	250.4	1515.1
1954	271.1	142.1	138.1	73.1	3.9	0.3	1.1	4.1	37.1	43.3	162.6	100.2	976.9
1955	150.9	391.6	420.3	96.3	66.6	7.1	4.0	1.4	82.5	183.0	26.6	84.3	1514.4
1956	166.1	281.0	175.5	175.5	8.8	4.6	0.0	26.4	4.8	43.2	2.0	0.2	887.9
1957	158.4	134.5	103.7	135.1	81.2	1.3	0.0	7.8	12.6	51.6	31.1	177.7	895.1
1958	102.5	99.7	194.6	129.5	42.2	29.3	0.0	22.7	41.1	93.6	69.1	125.5	949.6
1959	57.6	204.8	393.0	98.1	13.6	7.2	0.0	13.0	22.9	79.5	71.9	193.5	1155.0
1960	60.4	67.9	170.3	86.5	0.0	0.1	22.0	23.8	58.2	46.9	141.9	34.6	712.6
1961	243.8	144.0	139.8	97.0	14.9	12.3	48.2	2.5	63.9	41.5	167.2	158.5	1133.5
1962	146.9	24.4	253.6	256.8	62.1	0.0	0.0	1.6	27.7	42.2	48.7	132.5	996.4
1963	272.2	218.9	167.0	120.4	53.6	8.2	0.7	10.1	53.3	106.9	136.4	155.7	1303.3
1964	29.0	165.9	143.5	36.2	83.5	10.6	0.3	0.3	9.0	18.2	107.6	121.6	725.5
1965	86.5	216.3	188.1	107.7	85.7	15.1	7.5	29.0	20.2	81.6	21.2	54.7	913.4
1966	153.6	252.4	131.2	30.3	6.1	4.8	2.7	20.6	48.1	111.5	135.9	74.5	971.7
1967	98.9	170.1	445.1	108.3	37.2	18.9	0.5	3.9	26.0	55.5	159.8	67.9	1191.9
1968	104.7	239.5	117.0	5.0	35.8	1.8	0.5	39.1	78.0	116.0	88.0	15.3	840.6
1969	133.3	112.9	129.4	57.5	48.9	8.2	4.4	20.1	18.3	38.2	69.1	191.9	832.1
1970	158.6	233.9	30.7	29.1	96.7	6.3	12.7	11.0	284.0	178.6	8.0	46.7	1096.3
1971	143.5	224.5	279.4	20.3	96.8	76.6	9.7	18.5	53.6	129.0	3.3	73.2	1128.4
1972	103.4	250.0	330.1	110.2	61.0	11.8	4.4	23.1	13.2	94.2	73.7	93.0	1168.2
1973	160.1	98.2	224.7	377.5	0.0	3.0	0.0	22.3	44.6	126.4	142.5	162.0	1361.2
1974	144.3	235.3	199.2	9.5	66.4	9.0	0.4	6.3	6.0	135.4	73.7	143.4	1028.9
1975	96.0	185.0	186.9	18.4	77.9	2.9	1.3	31.5	90.6	161.9	32.0	40.0	924.3
1976	116.7	110.3	178.9	142.7	33.7	0.7	0.6	2.1	20.8	126.1	3.8	88.2	824.5
1977	96.0	160.8	212.7	16.4	80.3	22.0	17.5	3.5	44.9	86.4	58.7	70.8	870.1
1978	137.8	184.6	73.8	20.3	25.3	4.0	1.8	22.7	47.5	59.8	116.2	184.9	878.6
1979	63.8	197.2	197.5	86.1	7.4	23.7	51.4	1.1	66.7	48.7	3.3	47.5	794.6
1980	54.6	108.9	99.5	29.9	56.3	19.2	3.2	0.9	3.2	126.1	155.3	135.6	792.6
1981	224.8	323.8	325.1	117.3	24.3	21.7	7.7	61.9	61.7	103.7	287.7	146.9	1706.6
1982	66.8	66.0	260.1	24.8	101.5	65.4	30.2	20.0	135.6	415.8	212.3	112.0	1510.4
1983	58.4	18.0	124.7	5.6	0.0	0.0	0.0	0.6	2.2	3.0	0.8	14.8	228.1
1984	77.3	27.0	71.2	63.3	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	34.4	81.4	60.5	428.5
1985	94.0	83.1	97.4	78.3	0.0	0.0	0.0	8.9	189.5	76.8	28.7	150.1	806.8
1986	45.5	64.5	100.0	128.6	70.6	1.1	0.0	12.3	75.1	35.7	57.5	177.3	768.2
1987	259.6	127.4	202.0	106.3	21.4	0.0	0.0	3.0	72.6	54.4	191.7	192.6	1231.0
1988	319.9	166.7	177.2	214.4	67.6	13.6	0.0	7.8	40.7	117.1	48.8	71.8	1245.6
1989	115.8	57.1	82.2	113.5	37.0	10.3	9.5	8.6	24.0	60.6	27.4	29.1	575.1
1990	33.2	91.5	80.2	21.4	5.5	4.6	0.4	9.5	5.6	46.6	72.4	23.7	394.6
1991	155.9	85.5	133.1	78.2	44.7	10.0	0.0	30.2	26.7	127.3	63.4	68.9	823.9
1992	49.2	52.7	95.4	54.0	12.6	0.0	12.7	8.4	4.4	120.6	47.3	35.8	493.1
1993	156.9	143.8	181.2	195.0	37.6	18.2	11.8	4.6	106.5	144.5	112.3	208.2	1320.6
1994	280.9	250.9	221.0	109.7	57.6	11.3	6.4	12.7	53.6	81.3	75.9	111.0	1272.3
1995	131.8	99.0	174.4	54.6	52.1	5.8	10.0	21.2	33.8	70.4	115.3	184.9	953.3
1996	142.3	140.2	154.9	119.2	47.6	7.7	0.9	9.9	40.0	78.5	71.8	85.7	898.7
1997	142.5	159.0	45.3	45.6	28.9	1.8	18.6	21.0	47.4	66.3	87.7	234.1	898.2
1998	256.2	200.5	190.5	129.0	23.6	22.1	0.0	9.9	17.8	127.4	40.9	79.9	1097.8
1999	198.8	286.2	196.7	82.2	29.2	29.9	11.0	7.8	92.9	46.3	85.4	105.9	1172.3
2000	135.3	188.9	211.5	43.7	98.4	6.5	6.9	18.7	60.2	67.7	34.7	172.6	1045.1
2001	234.9	158.4	214.1	28.1	42.4	7.5	18.7	0.5	72.1	110.7	160.2	107.5	1155.1
2002	89.8	220.4	284.8	87.9	28.3	10.5	6.2	4.1	39.0	221.5	135.5	131.8	1259.8
2003	143.0	137.5	169.3	160.3	43.3	13.9	19.5	14.2	28.5	73.7	56.2	157.8	1017.2
2004	85.3	358.2	82.8	114.1	57.5	16.8	45.1	5.2	26.9	131.7	169.7	136.9	1230.2
2005	148.5	119.4	270.7	96.0	69.9	6.9	14.5	20.7	21.7	98.6	82.0	207.7	1156.6
2006	95.1	155.6	329.6	320.1	42.2	36.6	6.1	7.6	39.0	63.1	192.8	240.3	1528.1
2007	142.5	159.0	45.3	45.6	28.9	1.8	18.6	21.0	47.4	66.3	87.7	234.1	898.2
2008	256.2	200.5	190.5	129.0	23.6	22.1	0.0	9.9	17.8	127.4	40.9	79.9	1097.8
2009	308.2	220.4	156.8	238.4	13.8	6.5	9.7	10.2	8.3	159.3	119.6	109.5	1360.7
2010	68.4	45	156.2	11.5	22.2	8	1.3	2.3	32.4	68	221.3	301.9	938.5
N°AÑOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	143.3	161.8	181.0	98.7	41.8	11.6	8.1	12.9	49.0	95.5	91.2	120.6	1015.4
D. Est.	75.0	81.5	89.3	77.5	28.8	14.2	11.8	11.5	47.6	61.6	63.9	68.1	291.3
C. V.%	52.3	50.4	49.3	78.5	68.9	122.2	146.3	89.5	97.2	64.5	70.1	56.4	28.7
MAX.	319.9	391.6	445.1	377.5	101.5	76.6	51.4	61.9	284.0	415.8	287.7	301.9	1706.6
MIN.	29.0	18.0	30.7	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	3.0	0.8	0.2	228.1

Estación Recuay – Precipitación Total Mensual (mm)

Latitud: 9° 43' S
Longitud: 77° 27' W
Altitud: 3394 msnm

ESTACION RECUAY/000441/DRE-04
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE COMPLETADA Y EXTENDIDA 1953/2010

Dist. : Recuay
Prov. : Recuay
Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	145.4	204.3	92.2	133.5	39.9	14.2	0.2	3.4	55.2	138.2	46.4	52.7	925.4
1954	165.2	116.0	72.0	91.1	63.6	4.7	0.3	77.2	32.5	85.3	117.1	70.2	895.3
1955	60.2	141.6	189.2	46.6	22.5	0.5	0.0	5.2	31.3	80.1	147.3	128.4	852.7
1956	54.7	172.0	265.7	116.3	5.3	13.6	0.6	0.6	3.1	32.2	137.7	58.3	859.9
1957	154.8	206.2	87.2	150.4	11.7	7.2	0.2	1.0	50.0	85.4	54.9	113.0	921.8
1958	170.7	98.0	70.4	61.5	34.3	6.5	0.1	1.3	20.2	102.3	36.7	73.1	675.1
1959	17.2	185.3	290.9	45.6	39.6	0.3	0.1	1.9	15.4	96.4	74.6	102.9	870.1
1960	167.4	92.2	145.2	82.9	58.0	0.3	0.3	10.1	21.6	127.2	70.7	59.2	835.1
1961	154.8	184.8	182.4	130.4	53.9	15.2	0.7	1.2	44.6	40.0	123.6	77.5	1009.1
1962	170.7	119.9	143.4	103.3	22.2	3.0	2.6	1.0	24.8	43.7	81.1	111.0	826.7
1963	67.4	129.6	171.2	111.1	24.5	1.3	0.0	0.0	29.3	83.1	101.4	80.6	799.4
1964	46.9	92.9	94.2	85.5	36.2	0.1	0.9	69.0	47.5	80.8	89.5	182.8	826.3
1965	100.8	85.3	182.3	50.4	19.4	10.5	0.0	62.4	50.5	87.2	40.6	122.3	811.7
1966	85.5	95.5	47.6	42.7	24.7	0.0	0.0	0.0	12.3	107.4	52.2	70.1	538.0
1967	117.1	195.0	143.4	58.0	24.1	5.2	16.0	11.2	35.5	136.2	35.2	59.1	836.0
1968	73.7	83.1	110.6	21.9	46.6	0.0	0.0	21.8	25.2	89.8	33.8	14.8	521.3
1969	43.5	93.7	92.4	64.6	12.4	1.0	0.0	11.0	9.9	62.3	89.5	128.4	608.7
1970	126.9	57.1	86.9	132.5	42.9	0.5	0.0	14.3	94.9	172.5	200.5	152.7	1081.7
1971	89.4	104.0	175.1	43.7	6.6	0.2	0.1	39.9	26.7	147.8	39.8	106.9	780.1
1972	145.4	55.5	399.4	113.3	39.9	7.0	0.8	1.5	26.0	151.5	47.3	170.0	1157.5
1973	163.0	167.7	225.0	143.9	41.4	6.1	0.0	62.0	21.7	151.4	78.1	108.2	1168.4
1974	145.2	181.6	56.3	53.8	7.7	0.2	0.0	12.6	23.5	61.8	47.6	49.5	639.7
1975	76.7	127.8	176.5	38.4	37.2	3.2	0.0	37.2	22.1	98.3	50.1	93.1	760.5
1976	94.7	123.9	143.9	66.6	11.7	12.6	0.0	6.7	18.1	70.0	72.4	105.6	726.1
1977	87.8	164.5	110.1	105.8	4.6	7.6	0.0	8.9	47.2	51.1	91.3	86.1	764.9
1978	85.1	71.5	117.6	65.7	2.9	0.0	0.2	3.3	32.2	100.0	80.4	81.8	640.7
1979	37.0	117.4	169.7	95.4	22.0	3.0	0.0	9.1	23.8	12.2	45.8	31.0	566.4
1980	85.3	60.5	91.8	47.3	9.9	3.4	0.0	8.7	10.5	157.4	124.7	147.8	747.3
1981	139.9	176.0	187.2	52.0	3.2	0.0	0.0	16.4	9.7	44.2	141.6	81.8	852.0
1982	158.4	163.3	94.6	43.2	4.4	0.0	9.2	15.5	14.9	163.1	128.9	108.2	903.7
1983	124.4	39.7	113.4	74.5	10.0	15.2	2.1	0.0	9.9	71.0	93.4	59.7	613.3
1984	98.7	229.4	227.8	90.1	63.0	21.0	13.9	0.0	44.9	154.4	88.6	82.7	1114.5
1985	40.2	114.6	111.0	128.2	47.1	2.1	13.5	0.0	73.1	45.5	44.0	108.7	728.0
1986	219.5	136.9	73.8	34.8	3.5	0.0	0.0	2.0	41.6	50.1	74.4	128.3	764.9
1987	175.3	125.1	76.1	74.6	7.0	0.0	0.0	6.2	57.9	56.2	112.2	183.3	873.9
1988	154.6	133.5	89.1	114.7	33.1	2.5	0.0	21.7	46.0	83.4	96.3	70.5	845.4
1989	177.4	140.3	137.5	82.3	33.2	7.1	0.0	22.9	38.3	137.8	40.6	9.4	826.8
1990	110.1	42.7	75.3	49.3	33.0	3.3	0.0	4.8	9.5	132.5	117.6	61.4	639.5
1991	57.6	72.0	214.0	9.4	42.1	0.0	4.7	0.0	0.0	61.5	76.0	32.9	570.2
1992	2.3	71.0	112.7	49.8	29.9	18.2	0.0	13.1	49.2	77.0	44.5	46.7	514.4
1993	150.6	132.0	247.0	155.6	28.5	0.0	5.4	0.0	47.4	152.0	128.3	181.8	1228.6
1994	135.5	144.6	253.9	112.9	40.1	3.8	0.6	4.8	36.9	52.0	56.4	82.5	924.0
1995	46.4	98.4	144.3	128.9	39.0	0.6	0.0	4.5	18.4	75.2	79.8	124.8	760.3
1996	135.2	161.0	208.8	62.1	28.2	0.0	0.0	6.8	17.8	92.0	43.2	76.9	832.0
1997	106.5	142.5	44.2	49.9	16.2	0.0	0.0	1.7	23.6	49.3	77.7	200.5	712.1
1998	246.2	203.4	173.3	138.4	30.6	15.6	0.0	5.8	38.8	150.4	26.6	39.4	1068.5
1999	132.2	213.5	129.1	104.3	62.2	9.3	0.0	0.7	62.5	47.9	96.4	111.7	969.8
2000	59.5	189.5	124.5	90.6	48.8	0.0	0.0	29.2	31.7	42.5	39.0	164.8	820.1
2001	220.7	123.2	259.1	48.2	30.6	13.9	0.0	0.1	84.4	66.8	172.4	56.0	1075.4
2002	87.3	99.1	175.3	58.8	24.7	7.7	0.0	0.0	22.0	178.9	155.3	157.0	966.1
2003	116.2	109.0	163.5	66.2	27.1	8.9	6.4	0.0	2.9	57.4	39.8	92.9	690.3
2004	47.0	126.6	119.4	84.6	24.6	4.5	0.8	0.0	59.6	105.2	110.0	73.3	755.6
2005	95.7	73.7	200.8	69.9	25.6	0.0	0.0	9.5	18.1	45.7	82.2	120.0	741.2
2006	171.9	87.1	224.6	173.3	33.0	8.3	0.0	2.3	4.0	80.4	113.2	47.6	945.7
2007	118.4	124.9	151.7	88.8	27.9	6.3	2.1	7.5	33.4	84.1	89.1	99.5	833.7
2008	111.6	116.0	121.9	75.0	7.9	5.6	13.6	11.4	13.8	144.2	30.8	54.2	706.0
2009	232.7	120.2	327.5	121.2	68.5	4.0	0.0	16.4	14.6	147.2	132.1	163.6	1348.0
2010	104.4	92.8	111.31	85.4	25.3	8.7	1.3	6.3	37.9	49.7	92	167.9	783.0
N°AÑOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	115.7	126.4	152.2	83.1	28.7	5.1	1.7	11.9	31.3	92.2	83.3	97.0	828.5
D. Est.	54.3	46.1	72.0	36.8	17.1	5.5	3.9	17.8	20.1	42.4	39.6	45.7	177.5
C. V.%	46.9	36.5	47.3	44.3	59.6	108.6	233.8	149.2	64.1	46.0	47.5	47.1	21.4
MAX.	246.2	229.4	399.4	173.3	68.5	21.0	16.0	77.2	94.9	178.9	200.5	200.5	1348.0
MIN.	2.3	39.7	44.2	9.4	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2	26.6	9.4	514.4

Estación Yanamarey – Precipitación Total Mensual (mm)

Latitud: 09° 39.5 S
Longitud: 77° 16.4 W
Altitud: 4764 msnm

ESTACION YANAMAREY
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE COMPLETADA Y EXTENDIDA 1953/2010

Dist. : Catac
Prov. : Recuay
Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	368.0	232.0	168.4	186.8	65.1	52.6	42.5	50.5	101.5	132.0	505.7	338.2	2243.2
1954	32.2	216.8	114.6	248.5	20.0	1.6	0.3	15.3	60.9	126.6	237.8	239.0	1313.5
1955	310.3	248.1	135.2	184.0	76.5	0.0	19.7	35.7	69.8	165.9	131.9	150.4	1527.6
1956	0.0	265.0	74.8	225.5	12.7	8.6	20.8	41.8	76.5	73.2	166.9	121.9	1087.7
1957	85.9	265.9	230.9	248.3	31.0	1.2	1.9	28.7	77.2	94.0	128.4	110.7	1303.9
1958	402.0	247.9	62.7	247.9	21.7	0.3	3.8	35.9	62.7	108.5	122.3	130.1	1445.7
1959	385.4	252.0	133.4	213.7	64.2	31.9	5.0	14.4	71.5	232.2	110.9	109.7	1624.3
1960	301.1	209.9	130.5	157.4	59.1	1.9	7.7	26.2	91.4	60.9	183.2	205.7	1434.8
1961	58.0	238.1	185.1	228.2	5.1	7.7	5.0	19.3	53.6	120.3	230.1	262.9	1413.4
1962	212.5	214.8	223.8	216.8	54.1	0.0	34.4	36.9	89.5	105.1	208.9	175.4	1572.2
1963	282.2	220.4	516.1	204.7	16.4	0.6	30.5	24.6	65.1	117.2	237.3	237.3	1952.5
1964	79.4	174.5	359.7	174.6	96.3	41.5	31.6	36.8	93.7	123.4	200.6	268.6	1680.8
1965	296.2	220.9	335.9	20.9	590.2	8.8	2.7	13.0	51.8	316.1	181.0	194.9	2232.2
1966	240.1	250.7	69.1	151.1	238.2	1.9	5.7	10.3	59.6	245.3	202.5	245.7	1720.1
1967	187.9	249.3	178.4	228.4	48.4	26.2	20.4	74.1	132.6	234.8	108.1	173.8	1662.4
1968	116.0	136.3	360.3	66.4	141.3	0.0	42.2	46.8	183.0	71.2	162.1	206.9	1532.5
1969	147.7	226.2	80.3	200.4	7.5	0.0	0.1	37.3	107.2	92.3	133.7	166.9	1199.6
1970	252.8	151.2	396.8	168.0	317.7	35.4	16.8	88.3	96.3	93.4	231.3	160.8	2008.7
1971	116.9	265.3	226.0	138.8	130.2	62.7	44.2	51.3	173.3	171.5	131.6	155.4	1666.9
1972	367.5	114.7	759.7	196.4	47.6	0.0	29.8	49.7	89.1	51.7	173.5	194.3	2074.0
1973	395.8	133.4	387.1	219.9	34.1	70.5	33.1	75.9	101.2	203.4	184.3	183.9	2022.4
1974	268.6	177.4	279.0	143.8	141.8	0.1	3.6	10.4	52.2	278.8	155.6	170.0	1681.3
1975	398.8	112.3	487.7	158.8	358.1	12.1	21.6	54.4	122.0	60.4	204.9	162.8	2153.8
1976	323.0	115.4	161.6	232.1	43.5	47.7	33.9	23.2	86.4	78.5	150.6	196.1	1491.9
1977	309.1	266.0	154.5	202.5	62.7	28.6	20.0	68.1	125.3	98.6	208.2	192.5	1736.0
1978	168.4	255.6	57.1	157.3	31.0	10.7	9.6	61.2	68.3	191.8	163.2	139.1	1313.4
1979	389.4	260.8	221.9	205.9	57.4	0.5	3.8	25.6	61.2	118.9	155.5	207.2	1708.0
1980	402.0	212.3	179.7	148.1	160.3	9.5	20.3	21.9	61.4	381.6	96.3	151.0	1844.2
1981	19.4	249.0	210.3	160.4	98.0	11.0	18.3	67.0	60.4	186.3	270.2	227.0	1577.3
1982	238.0	247.0	231.3	193.0	26.0	24.0	20.0	17.0	82.2	245.0	275.0	278.0	1876.5
1983	263.0	153.0	310.0	175.0	85.3	41.0	47.0	53.0	65.0	124.2	118.0	98.0	1532.5
1984	144.0	296.3	322.0	181.3	101.0	40.3	34.0	28.0	60.1	184.2	158.1	136.0	1685.3
1985	17.3	289.0	236.0	94.0	148.0	6.3	0.0	65.1	212.3	58.0	212.0	206.0	1544.0
1986	254.0	250.1	189.2	216.0	31.1	0.0	19.0	66.0	100.0	67.1	140.0	175.1	1507.6
1987	313.2	261.0	193.3	160.4	62.0	8.0	28.3	24.2	79.0	63.0	171.2	241.2	1604.8
1988	199.0	286.0	163.3	238.5	24.3	12.3	24.9	23.9	68.6	182.3	145.6	221.9	1590.5
1989	336.7	241.9	183.3	242.9	26.6	9.2	1.9	47.0	103.5	120.5	228.7	210.9	1753.2
1990	375.0	175.8	195.7	172.8	112.4	25.6	2.0	40.7	68.1	506.8	83.0	127.5	1885.3
1991	165.3	236.9	746.4	223.3	45.2	0.7	3.3	16.1	64.7	135.4	124.5	144.6	1906.3
1992	308.9	192.6	118.2	151.4	84.7	31.7	30.7	52.8	94.1	105.2	239.3	301.6	1711.1
1993	353.4	175.2	520.3	248.1	7.0	25.2	36.3	72.2	202.7	142.1	279.3	186.5	2248.1
1994	10.1	247.6	539.0	248.6	42.1	15.2	0.0	28.3	74.8	86.6	255.0	217.7	1764.9
1995	218.9	179.7	395.8	148.6	149.9	23.2	8.5	43.5	94.8	101.5	166.3	152.9	1683.6
1996	188.2	171.7	166.8	189.5	83.2	61.9	37.5	21.6	73.7	90.7	190.7	82.3	1357.7
1997	207.2	230.0	106.6	122.3	166.7	10.7	0.5	50.0	81.7	66.8	176.1	263.9	1482.2
1998	196.0	161.8	143.1	194.5	38.7	31.4	20.6	11.5	59.7	152.4	144.2	163.0	1316.7
1999	395.7	186.7	131.2	196.8	45.4	7.7	25.2	40.4	77.9	88.2	228.2	224.0	1647.4
2000	235.7	182.8	164.1	232.0	27.2	38.4	9.3	62.0	129.0	66.4	178.6	162.3	1487.9
2001	157.3	235.9	82.4	120.6	225.0	10.1	10.3	37.5	80.8	113.3	156.2	176.1	1405.4
2002	262.6	217.5	201.6	239.7	35.9	0.7	0.1	37.1	61.4	161.1	243.1	197.3	1657.9
2003	283.9	254.4	145.6	156.2	142.0	17.3	43.4	48.5	64.2	130.0	191.7	158.4	1635.5
2004	241.7	213.0	92.3	150.3	150.9	48.5	35.2	31.7	66.2	209.9	137.2	185.6	1562.4
2005	283.2	228.2	104.0	220.2	32.9	28.9	35.2	18.8	92.4	88.7	151.5	175.4	1459.5
2006	380.1	258.6	239.4	228.0	28.8	20.7	9.6	66.2	81.5	152.6	169.7	140.1	1775.2
2007	277.5	263.6	101.9	230.5	17.2	0.5	17.3	35.4	56.4	118.1	157.0	218.8	1494.1
2008	249.5	238.1	231.7	213.1	109.8	1.4	26.6	39.4	83.1	166.4	188.8	143.9	1691.7
2009	354.8	236.9	465.8	187.1	91.7	14.0	3.3	56.4	80.3	141.1	190.4	153.0	1974.7
2010	382.49	230.26	251.14	218.2	35.13	0.22	2.66	37.66	91.32	138.28	253.98	248.04	1889.4
N° AÑOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	245.0	219.4	238.8	188.4	89.8	17.7	18.3	39.9	87.8	143.8	185.0	187.4	1661.3
D. Est.	114.6	45.6	157.2	46.8	98.9	18.7	14.4	19.2	34.9	83.0	63.4	51.2	257.4
C. V. %	46.8	20.8	65.8	24.8	110.2	105.5	78.7	48.1	39.7	57.7	34.3	27.3	15.5
MAX.	402.0	296.3	759.7	248.6	590.2	70.5	47.0	88.3	212.3	506.8	505.7	338.2	2248.1
MIN.	0.0	112.3	57.1	20.9	5.1	0.0	0.0	10.3	51.8	51.7	83.0	82.3	1087.7

Estación Yanacancha – Precipitación Mensual (mm)

Latitud: 09° 32' S
Longitud: 77° 04' W
Altitud: 4270 msnm

ESTACION YANACANCHA
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)
SERIE COMPLETADA Y EXTENDIDA 1953/2010

Dist. : San Marcos
Prov. : Huari
Dpto. : Ancash

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1953	216.8	267.4	112.4	133.8	87.1	42.2	45.9	20.6	75.1	83.2	241.1	208.5	1534.1
1954	205.6	256.0	169.1	96.1	67.4	43.0	16.4	21.2	134.8	49.0	110.3	128.2	1296.9
1955	202.5	181.5	171.9	60.2	26.0	14.6	5.4	9.2	35.4	87.8	129.9	212.1	1136.4
1956	103.0	80.9	219.2	172.8	20.0	23.7	24.4	33.4	115.8	126.4	71.0	178.3	1168.7
1957	90.9	92.2	198.4	154.4	26.5	7.0	12.9	13.6	62.8	74.2	73.1	104.4	910.4
1958	114.5	145.8	218.0	141.9	25.7	18.0	10.9	11.0	68.6	107.0	67.7	122.0	1051.2
1959	146.9	122.8	192.0	58.7	36.3	31.5	5.0	17.3	89.6	211.0	87.4	150.3	1148.6
1960	141.8	186.3	168.5	150.0	41.2	9.6	1.2	24.2	73.8	66.0	140.3	222.0	1224.9
1961	161.4	143.9	240.3	168.5	16.0	13.4	4.6	17.3	63.0	159.1	187.6	162.1	1337.1
1962	182.6	163.7	150.7	137.5	61.6	7.1	22.1	11.0	35.1	125.0	137.5	138.8	1172.7
1963	214.5	260.1	164.4	111.0	14.5	19.3	9.6	16.8	52.6	79.9	146.1	197.6	1286.5
1964	181.6	224.3	125.2	133.5	51.2	7.1	14.1	43.3	42.3	153.1	161.5	140.8	1277.9
1965	196.3	195.2	96.7	51.9	67.5	20.5	8.0	12.6	51.8	178.7	123.7	168.4	1171.0
1966	102.6	142.3	113.4	75.6	39.0	16.0	4.5	11.9	54.8	120.6	121.0	167.1	968.5
1967	142.8	185.0	234.0	112.6	41.2	44.7	24.0	17.9	43.7	211.7	107.1	180.6	1345.3
1968	190.0	242.0	98.6	48.6	45.2	3.5	13.6	21.5	51.7	141.9	136.2	196.3	1189.1
1969	152.8	144.8	197.6	117.0	17.1	0.2	9.4	28.6	34.9	177.4	161.6	150.2	1191.4
1970	220.8	254.2	99.2	80.6	129.7	21.7	27.2	22.9	66.1	131.1	105.0	212.2	1370.5
1971	80.2	99.0	159.7	53.5	34.0	26.6	12.5	26.3	52.1	174.2	127.7	134.9	980.7
1972	205.3	255.8	187.6	101.8	20.5	5.3	40.8	27.4	73.6	124.7	98.2	119.8	1260.8
1973	255.5	320.8	194.7	277.7	36.7	20.6	21.8	66.1	67.4	175.6	134.4	142.1	1713.3
1974	197.0	279.4	134.0	40.0	14.1	12.6	7.8	12.3	102.3	132.2	104.4	112.6	1148.4
1975	261.8	315.2	174.7	84.5	87.8	25.4	6.1	30.8	70.3	70.0	107.1	143.4	1377.0
1976	235.9	257.7	205.7	81.9	17.0	29.2	21.4	12.2	48.8	57.9	74.4	144.6	1186.6
1977	118.9	95.5	173.8	71.7	16.3	35.5	11.4	30.2	28.4	116.4	131.3	161.7	990.9
1978	144.5	120.8	239.2	90.0	20.8	19.9	8.7	24.7	87.4	119.7	74.2	132.4	1082.3
1979	95.5	139.4	205.0	116.9	32.7	5.7	10.8	15.2	61.0	72.5	104.4	105.3	964.2
1980	152.5	189.9	192.5	60.5	52.2	5.6	2.0	30.7	46.6	217.5	141.6	215.5	1307.2
1981	168.8	111.7	223.0	53.3	8.4	7.1	15.5	45.1	130.4	163.4	205.2	192.7	1324.3
1982	77.9	90.3	158.1	54.5	17.0	39.9	47.7	29.1	38.9	114.8	238.2	207.1	1113.5
1983	110.0	314.5	128.6	129.4	23.5	31.0	3.5	17.7	34.0	114.3	113.2	126.0	1145.6
1984	197.5	42.8	162.0	127.2	62.0	36.5	13.7	16.7	56.3	113.6	83.3	161.7	1073.2
1985	143.4	56.6	114.9	86.9	56.5	5.2	3.2	14.5	39.3	60.8	131.3	171.2	883.7
1986	189.6	127.1	145.7	139.7	16.6	4.8	4.3	9.1	36.5	59.0	63.4	115.5	911.3
1987	232.0	107.6	124.7	185.3	71.6	9.3	15.9	15.9	77.1	116.9	161.3	186.0	1303.5
1988	215.5	53.3	172.3	216.6	65.6	13.7	4.4	31.9	117.6	102.4	111.5	153.4	1258.2
1989	165.0	131.2	196.2	178.6	44.6	9.0	11.0	30.6	88.3	124.8	102.5	121.5	1203.1
1990	213.0	232.0	202.9	88.3	53.9	48.2	8.8	10.8	59.7	218.8	137.2	166.7	1440.1
1991	119.9	153.3	180.1	127.3	91.2	8.4	18.4	13.2	61.3	157.6	80.0	137.0	1147.8
1992	132.7	191.6	195.9	51.9	7.7	28.9	35.5	16.2	40.1	123.6	148.9	138.5	1111.4
1993	199.8	229.1	209.7	168.5	24.1	38.9	55.3	31.5	96.9	170.6	230.7	256.7	1711.9
1994	212.3	134.9	160.7	123.7	53.9	36.2	5.9	25.9	114.8	149.1	168.2	191.9	1377.5
1995	187.7	169.6	196.0	98.2	47.4	15.2	18.1	16.8	45.8	133.6	130.8	182.7	1241.8
1996	227.4	291.5	217.4	152.5	58.4	21.6	4.3	17.4	48.4	129.8	103.1	137.2	1409.0
1997	92.6	173.9	136.3	87.3	59.9	25.5	3.7	40.5	84.2	127.4	178.1	241.6	1251.0
1998	208.8	287.7	209.3	123.4	23.9	27.1	4.2	22.0	35.0	199.7	146.6	132.2	1419.8
1999	247.9	341.9	207.8	152.1	52.4	46.1	10.4	15.6	168.6	84.3	143.6	122.8	1593.5
2000	143.5	230.4	206.0	199.0	54.0	18.0	18.3	29.5	29.7	56.6	61.6	140.6	1187.2
2001	182.4	151.6	219.8	67.5	95.2	19.3	19.2	10.3	44.3	143.2	152.5	206.4	1311.7
2002	86.6	184.1	194.1	138.7	44.8	6.6	49.0	18.4	53.1	142.4	195.2	142.0	1255.1
2003	115.1	129.7	148.9	91.5	69.8	19.6	9.5	47.4	60.8	79.5	172.4	223.4	1167.6
2004	66.8	135.8	110.4	62.2	71.9	23.8	38.3	24.5	68.1	140.2	124.6	181.6	1048.2
2005	182.8	115.7	191.0	78.0	17.8	0.8	8.0	17.8	26.6	138.8	78.4	148.6	1004.3
2006	147.4	120.7	110.0	133.8	17.6	40.5	10.4	17.4	60.4	154.0	145.8	164.4	1122.4
2007	132.9	77.4	235.6	125.5	39.6	9.4	40.6	11.6	41.0	132.2	101.3	117.9	1065.0
2008	191.1	142.6	146.3	91.0	39.0	15.6	6.4	18.8	62.2	117.9	120.1	166.7	1117.7
2009	185.2	181.6	215.7	138.0	76.2	35.1	44.5	46.3	29.7	145.9	127.1	170.4	1395.7
2010	145.8	170.3	158.2	98.8	35	8.4	13.7	8.4	40.83	114.12	166.54	214.08	1174.2
N° AÑOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	166.1	176.6	174.4	113.0	43.9	20.3	16.3	22.4	63.4	127.1	129.8	163.3	1216.6
D. Est.	49.5	74.1	39.8	47.5	25.5	13.1	13.7	11.4	29.6	42.7	42.3	36.4	179.3
C. V.%	29.8	42.0	22.8	42.0	58.1	64.5	84.2	50.8	46.7	33.6	32.6	22.3	14.7
MAX.	261.8	341.9	240.3	277.7	129.7	48.2	55.3	66.1	168.6	218.8	241.1	256.7	1713.3
MIN.	66.8	42.8	96.7	40.0	7.7	0.2	1.2	8.4	26.6	49.0	61.6	104.4	883.7

Precipitación

Se calculó la precipitación media mensual en la zona de estudio utilizando a la estación Chavin como una estación de referencia, cuyo resultado obtenido es de 973,4 mm para la quebrada Tuya, 790,8 mm para la quebrada Mataragra y 904,1 mm para la quebrada Auqui. Dichos valores se dividieron entre la precipitación media anual de la estación Chavín (716.5 mm), multiplicando a cada uno de los valores mensuales de la precipitación de la estación Chavín; obteniendo de esta manera los valores mensuales. Se precisa que para el presente estudio hidrológico se tomó en cuenta a la quebrada Auqui ya que aguas debajo se viene desarrollando un proyecto de inversión que involucra el sector Auqui por lo que se debe considerar el aporte hidrológico en el presente estudios.

Tabla 11: *Precipitación Media Mensual de la Estación Chavín mm 1953/2010*

ESTACION	ALTITUD msmm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
Chavín	3210	105.6	112.9	121.5	67.7	24.3	10.9	6.7	10.0	33.5	64.2	76.1	83.0	716.5

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12: *Precipitación Media Mensual de la Zona de Estudio mm*

DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
Qda.Tuya	143.5	153.4	165.0	92.0	33.1	14.8	9.1	13.6	45.5	87.2	103.4	112.8	973.4
Qda. Mataragra	116.6	124.7	134.1	74.8	26.9	12.0	7.4	11.1	37.0	70.8	84.0	91.6	790.8
Qda. Auqui	133.3	142.5	153.3	85.5	30.7	13.7	8.4	12.7	42.3	81.0	96.0	104.7	904.1
Area de Riego	96.2	102.8	110.6	61.7	22.2	9.9	6.1	9.1	30.5	58.4	69.3	75.6	652.3

Fuente: Elaboración Propia.

4. Disponibilidad Hídrica

Se presenta la precipitación Total Mensual de la Estación Chavín (estación de referencia), así como la precipitación Total Mensual para las microcuencas en estudio.

Precipitación Total Mensual de la Estación Chavín en mm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JU	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
1953	138.6	104.2	69.7	72.9	32.1	24.1	22.0	9.3	47.1	78.9	166.8	61.7	827.4
1954	137.8	117.2	78.4	31.9	37.7	9.4	5.2	5.1	56.2	48.2	78.6	80.4	686.0
1955	123.1	32.3	76.3	25.9	23.1	4.7	0.2	0.6	22.3	35.4	79.4	82.7	505.8
1956	82.5	244.2	163.2	140.0	2.4	7.8	1.7	4.3	49.9	50.0	30.1	172.7	948.8
1957	105.4	265.3	107.5	55.5	21.4	7.2	0.3	1.4	43.9	77.0	37.0	56.1	777.9
1958	108.8	60.1	69.7	108.7	19.1	7.6	0.7	1.9	27.1	90.0	51.8	73.9	619.5
1959	87.1	170.7	217.8	31.9	22.8	7.6	0.2	0.4	34.8	126.3	60.7	41.6	801.9
1960	85.2	49.9	73.9	70.2	33.5	13.0	0.0	1.1	47.3	31.5	86.7	205.2	697.6
1961	156.3	211.4	171.2	90.9	32.3	10.8	0.9	3.2	27.3	37.8	125.1	37.1	904.3
1962	122.8	112.5	67.4	84.1	10.3	3.4	15.0	11.2	15.6	43.7	65.7	95.0	646.8
1963	107.5	125.7	111.6	46.9	37.7	25.8	0.1	26.2	20.8	56.3	116.9	66.1	741.5
1964	67.3	74.0	50.3	60.0	35.2	0.9	6.4	19.2	11.8	84.7	57.4	70.9	538.1
1965	78.5	84.9	101.0	15.1	19.4	8.9	0.9	0.5	12.7	60.8	42.4	82.5	507.8
1966	64.9	49.2	59.1	28.2	21.5	15.9	0.8	0.3	39.7	92.5	88.4	75.0	535.4
1967	118.0	236.9	171.2	30.2	24.8	5.8	26.0	3.0	32.2	114.3	82.3	56.4	901.0
1968	75.2	86.9	78.8	20.9	36.1	20.6	6.5	5.8	34.6	62.6	97.6	66.0	591.4
1969	90.4	112.4	104.0	50.1	37.6	12.6	4.4	4.3	17.3	64.5	61.1	26.5	585.1
1970	82.2	86.0	71.9	43.6	34.1	13.2	15.0	11.4	50.1	47.7	29.8	229.1	714.1
1971	52.2	78.6	122.2	13.9	24.4	23.7	4.3	24.2	31.8	101.3	48.1	33.5	558.2
1972	147.4	43.8	255.0	75.9	37.7	8.9	6.3	0.0	51.6	56.9	38.8	41.4	763.5
1973	145.2	123.8	198.1	431.0	32.2	15.7	3.7	17.2	39.9	104.6	58.5	47.2	1217.1
1974	83.3	143.2	81.9	25.7	35.1	12.4	0.8	0.1	26.0	61.1	75.7	30.6	575.8
1975	150.4	99.0	205.1	84.3	27.2	10.4	1.3	18.1	50.6	28.5	65.2	80.7	820.8
1976	113.6	124.7	138.6	16.7	29.1	11.3	26.8	14.6	28.9	2.3	35.5	47.8	589.7
1977	63.4	83.1	91.9	19.2	0.1	1.4	16.1	44.5	21.0	17.0	73.9	109.6	541.1
1978	95.0	112.2	102.3	67.5	18.5	4.7	9.0	0.3	43.3	73.4	54.4	40.7	621.4
1979	45.1	106.7	160.9	49.9	34.4	20.8	3.5	4.6	29.5	19.9	40.9	20.9	537.2
1980	64.0	31.6	101.1	8.5	13.3	2.2	0.0	8.5	11.1	124.0	78.2	185.2	627.7
1981	143.0	278.3	193.0	20.2	0.0	11.4	6.2	0.0	53.4	88.6	106.9	70.4	971.2
1982	86.4	43.0	90.6	10.1	6.9	9.9	28.2	2.7	18.2	37.7	203.4	36.9	573.9
1983	50.1	77.0	83.8	236.1	21.0	14.5	0.9	36.3	10.7	61.9	81.4	75.0	748.7
1984	377.4	215.9	191.4	95.9	29.1	0.3	14.1	31.0	29.4	46.1	103.1	148.0	1281.5
1985	97.7	174.8	109.0	30.3	27.2	10.8	0.6	0.7	52.9	36.0	51.0	78.4	689.4
1986	108.8	131.4	107.9	55.6	15.9	0.9	0.9	37.2	39.0	7.7	52.7	59.1	616.9
1987	178.1	68.7	63.0	56.3	9.8	10.8	17.0	16.2	45.0	38.7	94.5	85.9	683.9
1988	164.3	98.4	98.3	134.5	24.4	0.0	0.0	0.0	44.9	66.5	43.9	63.8	734.0
1989	79.4	103.5	118.6	65.1	18.8	20.3	3.7	18.3	55.8	96.2	48.4	28.7	657.8
1990	85.5	95.4	102.3	42.8	28.6	34.2	8.7	0.0	51.9	145.4	115.8	94.8	805.4
1991	107.5	88.3	188.2	44.8	23.3	4.1	2.8	0.0	31.9	75.5	83.0	44.0	693.4
1992	52.5	66.5	98.8	27.7	0.0	5.5	3.4	36.4	23.5	63.2	76.1	40.6	494.2
1993	120.9	128.1	188.6	124.9	21.1	7.9	11.0	13.9	69.5	86.6	160.9	183.1	1116.5
1994	167.1	175.8	157.9	89.5	22.7	13.4	0.0	0.0	48.2	57.6	52.9	80.1	865.2
1995	112.2	98.5	152.0	75.5	53.1	22.0	1.0	0.0	35.7	87.7	75.5	142.2	855.4
1996	107.9	141.8	147.1	139.6	34.0	2.6	0.0	19.5	22.9	41.7	33.9	60.3	751.3
1997	85.9	125.7	61.3	20.9	12.0	5.9	1.4	13.4	41.3	52.2	101.3	111.4	632.7
1998	160.9	127.4	151.8	41.2	12.2	4.6	0.0	4.2	10.9	58.2	66.7	38.9	677.0
1999	118.3	239.2	113.8	98.3	34.8	13.7	5.7	3.6	70.1	51.0	92.5	93.5	934.5
2000	75.4	124.1	112.7	100.3	34.8	11.3	6.3	34.4	24.1	13.4	40.8	85.5	863.1
2001	124.6	63.6	133.4	37.1	38.3	5.5	5.1	6.9	35.1	76.6	99.1	90.4	715.7
2002	56.7	82.5	132.4	69.6	17.1	1.8	27.7	2.6	18.5	87.3	96.8	85.0	678.0
2003	44.5	63.0	104.6	51.8	25.8	7.1	1.9	15.3	15.2	29.9	57.9	147.0	564.0
2004	33.3	80.7	53.8	22.5	12.2	12.2	21.2	5.0	38.2	89.4	87.0	93.2	548.7
2005	57.8	69.3	84.0	37.4	21.6	1.9	0.8	4.1	15.4	80.6	39.8	95.5	508.2
2006	77.9	95.5	147.3	83.5	9.3	48.1	6.8	7.1	40.6	67.4	104.0	119.1	806.6
2007	85.7	30.0	132.1	108.8	22.2	0.9	6.0	6.9	13.1	27.7	108.5	84.1	821.0
2008	100.7	96.2	105.7	86.8	28.8	16.9	2.3	13.1	27.7	108.5	84.1	61.1	731.9
2009	170.9	100.1	196.3	91.6	47.3	18.6	14.3	9.8	6.7	98.7	40.9	104.9	895.1
2010	108.7	102.6	125.0	34.2	26.6	2.9	12.0	2.5	30.1	57.4	83.7	96.1	676.8
Media	105.6	112.9	121.5	67.7	24.3	10.9	6.7	10.0	33.5	64.2	76.1	83.0	716.5

Precipitación Total Mensual de la Microcuenca Qda. Tuya (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1953	188.3	141.6	94.7	99.1	43.7	32.7	298	12.7	63.9	107.2	226.6	83.8	1124.1
1954	187.2	159.2	106.5	43.4	51.2	12.7	7.1	6.9	76.3	65.4	106.7	109.3	932.0
1955	167.2	43.9	103.7	35.1	31.4	6.3	0.2	0.8	30.2	48.1	107.9	112.3	637.2
1956	112.1	331.8	221.8	190.2	3.2	10.6	2.3	5.8	67.7	67.9	40.9	234.6	1289.0
1957	143.2	360.4	146.1	75.3	23.1	9.8	0.4	1.8	59.7	104.6	50.3	76.2	1056.9
1958	147.8	81.7	94.7	147.7	26.0	10.3	1.0	2.6	36.8	122.2	70.3	100.4	841.6
1959	118.3	231.9	295.9	43.4	30.9	10.4	0.3	0.5	47.3	171.6	82.5	56.5	1089.4
1960	115.7	67.8	100.4	96.3	45.5	17.6	0.0	1.5	64.2	42.9	117.8	278.8	947.7
1961	212.4	287.2	232.6	123.5	43.8	14.7	1.2	4.4	37.0	51.4	170.0	50.4	1228.6
1962	166.9	152.9	91.5	114.3	14.0	4.6	20.4	15.3	21.1	59.4	89.2	129.1	878.7
1963	146.0	170.7	151.7	63.7	51.2	35.1	0.1	35.6	28.2	76.4	158.8	89.8	1007.4
1964	91.5	100.5	68.4	81.5	47.8	1.2	8.7	26.0	16.1	115.1	78.0	96.3	731.1
1965	106.7	115.4	137.2	20.5	26.3	12.1	1.3	0.7	17.3	82.6	57.7	112.1	689.9
1966	88.2	66.9	80.3	38.3	29.2	21.5	1.0	0.4	53.9	125.7	120.0	101.9	727.4
1967	160.3	321.8	232.5	41.1	33.7	7.8	35.4	4.1	43.8	155.3	111.8	76.6	1224.1
1968	102.1	118.0	107.0	28.3	49.0	28.0	8.8	7.8	47.0	85.1	132.7	89.7	803.5
1969	122.9	152.8	141.3	68.1	51.1	17.1	6.0	5.8	23.4	87.6	83.0	36.0	795.0
1970	111.7	116.9	97.7	59.2	46.4	17.9	20.4	15.4	68.1	64.8	40.4	311.3	970.2
1971	71.0	106.8	166.0	18.9	33.1	32.1	5.9	32.9	43.3	137.6	65.4	45.5	758.4
1972	200.3	59.5	346.4	103.1	51.2	12.1	8.5	0.0	70.0	77.3	52.7	56.2	1037.3
1973	197.3	168.2	269.1	585.6	43.7	21.3	5.1	23.4	54.1	142.1	79.4	64.1	1653.6
1974	113.2	194.6	111.2	34.9	47.7	16.8	1.1	0.1	35.4	83.0	102.8	41.5	782.4
1975	204.3	134.5	278.7	114.5	37.0	14.1	1.8	24.6	68.8	38.7	88.6	109.6	1115.2
1976	154.3	169.4	188.3	22.7	39.5	15.4	36.3	19.8	39.2	3.1	48.3	64.9	801.1
1977	86.2	112.9	124.9	26.0	0.1	1.9	21.9	60.4	28.5	23.1	100.4	148.9	735.2
1978	129.1	152.5	139.0	91.7	25.2	6.4	12.2	0.4	58.9	99.7	73.9	55.3	844.2
1979	61.3	145.0	218.6	67.8	46.7	28.2	4.8	6.3	40.1	27.1	55.6	28.4	729.8
1980	87.0	42.9	137.4	11.5	18.1	3.0	0.0	11.5	15.1	163.4	106.3	251.6	852.8
1981	194.3	378.1	262.2	27.4	0.0	15.5	8.4	0.0	72.5	120.3	145.2	95.6	1319.5
1982	117.3	58.4	123.1	13.7	9.3	13.5	38.3	3.6	24.7	51.2	276.3	50.1	779.7
1983	68.1	104.7	113.9	320.8	28.5	19.7	1.2	49.3	14.6	84.1	110.6	101.9	1017.2
1984	512.7	293.3	260.0	130.2	39.6	0.4	19.1	42.0	39.9	62.7	140.1	201.1	1741.1
1985	132.7	237.5	148.0	41.2	37.0	14.6	0.8	1.0	71.8	48.9	69.3	106.5	909.4
1986	147.8	178.5	146.6	75.6	21.6	1.2	1.2	50.5	53.0	10.4	71.6	80.3	838.2
1987	241.9	93.3	85.6	76.5	13.3	14.7	23.1	22.0	61.1	52.6	128.4	116.7	929.2
1988	223.2	126.9	133.6	182.7	33.2	0.0	0.0	0.0	61.0	90.3	59.6	86.7	997.2
1989	107.9	140.6	161.1	89.8	25.5	27.6	5.0	24.9	75.8	130.7	65.8	39.0	893.7
1990	116.2	129.6	139.0	58.1	38.9	46.5	11.8	0.0	70.5	197.5	157.3	128.8	1094.2
1991	146.1	120.0	255.7	60.9	31.7	5.6	3.8	0.0	43.3	102.6	112.8	59.8	942.1
1992	71.3	90.3	134.2	37.6	0.0	7.5	4.6	49.5	31.9	85.9	103.4	55.2	671.4
1993	164.3	174.0	256.2	169.7	28.7	10.7	14.9	18.9	94.4	117.7	218.6	248.8	1516.9
1994	227.0	238.8	214.5	121.6	30.8	18.2	0.0	0.0	65.5	78.3	71.9	108.8	1175.5
1995	152.4	133.8	206.5	102.6	72.1	29.9	1.4	0.0	48.5	119.2	102.6	193.2	1162.2
1996	146.6	192.7	199.9	189.7	46.2	3.5	0.0	26.5	31.1	56.7	46.1	81.9	1020.7
1997	116.7	170.8	83.3	28.4	16.3	8.0	1.9	18.2	56.1	70.9	137.6	151.4	859.6
1998	218.6	173.1	206.2	56.0	16.6	6.2	0.0	5.7	14.8	79.1	90.6	52.9	919.8
1999	160.7	325.0	154.6	133.6	47.3	18.6	7.7	4.9	95.2	69.3	125.7	127.0	1269.6
2000	102.4	168.6	153.1	136.3	47.3	15.4	8.6	46.7	32.7	18.2	55.4	116.2	900.9
2001	169.3	86.4	181.2	50.4	52.0	7.5	6.9	9.4	47.7	104.1	134.6	122.8	972.4
2002	77.0	112.1	179.9	94.6	23.2	2.4	37.6	3.5	25.1	118.6	131.5	115.5	921.1
2003	60.5	85.6	142.1	70.4	35.1	9.6	2.6	20.8	20.7	40.6	78.7	199.7	765.3
2004	45.2	109.6	73.1	30.6	16.6	16.6	28.8	6.8	51.9	121.5	118.2	126.6	745.5
2005	78.5	94.2	114.1	50.8	29.3	2.6	1.1	5.6	20.9	109.5	54.1	129.7	630.5
2006	105.8	129.7	200.1	113.4	12.6	65.3	9.2	9.6	55.2	91.6	141.3	161.8	1095.9
2007	116.4	40.8	179.5	141.0	30.2	1.2	8.2	9.4	17.8	37.6	147.4	114.3	843.7
2008	136.8	130.7	143.6	117.9	39.1	23.0	3.1	17.8	37.6	147.4	114.3	83.0	994.4
2009	232.2	136.0	266.7	124.5	64.3	25.3	19.4	13.3	9.1	127.3	55.6	142.5	1216.1
2010	140.9	139.4	169.8	46.5	36.1	3.9	16.3	3.4	40.9	78.0	113.7	130.6	919.5
Media	143.5	153.4	165.0	92.0	33.1	14.8	9.1	13.6	45.5	87.2	103.4	112.8	973.4

Precipitación Total Mensual de la Microcuenca Qda. Mataragra (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1953	153.0	115.0	76.9	80.5	35.5	26.6	24.2	10.3	51.9	87.1	184.1	63.1	913.3
1954	152.1	129.3	86.5	35.3	41.6	10.4	5.7	5.6	62.0	53.2	86.7	88.8	757.1
1955	135.8	35.7	84.2	28.5	25.5	5.2	0.2	0.7	24.6	39.1	87.6	91.2	558.3
1956	91.1	289.6	180.2	154.5	2.6	8.6	1.9	4.7	55.0	55.2	33.3	190.6	1047.2
1957	116.3	292.8	118.7	61.2	23.7	8.0	0.3	1.5	48.5	84.9	40.9	61.9	858.6
1958	120.1	65.4	76.9	120.0	21.1	8.4	0.8	2.1	29.9	99.3	57.1	81.6	683.7
1959	96.1	188.4	240.4	35.2	25.1	8.4	0.2	0.4	38.4	139.4	67.0	45.9	885.1
1960	94.0	55.1	81.6	77.5	37.0	14.3	0.0	1.3	52.2	34.8	95.7	226.5	770.0
1961	172.5	233.3	188.9	100.4	35.6	11.9	1.0	3.6	30.1	41.7	138.1	41.0	998.1
1962	135.6	124.2	74.3	92.9	11.4	3.7	16.6	12.4	17.2	48.2	72.5	104.9	713.9
1963	118.6	138.7	123.2	51.7	41.6	28.5	0.1	29.0	22.9	62.1	129.0	73.0	818.5
1964	74.3	81.6	55.6	66.2	38.8	1.0	7.1	21.1	13.1	98.5	63.4	78.3	583.9
1965	86.7	98.7	111.5	16.6	21.4	9.8	1.0	0.6	14.1	67.1	46.8	91.1	560.4
1966	71.7	54.3	65.2	31.1	23.7	17.5	0.8	0.3	43.8	102.1	97.5	82.8	590.9
1967	130.2	261.4	188.9	33.4	27.4	6.3	28.7	3.4	35.6	126.1	90.8	62.2	994.5
1968	82.9	95.9	86.9	23.0	39.8	22.7	7.1	6.4	38.2	69.1	107.8	72.9	652.7
1969	99.8	124.1	114.8	55.3	41.5	13.9	4.8	4.7	19.0	71.1	67.4	29.2	645.8
1970	90.8	95.0	79.4	48.1	37.7	14.5	16.5	12.5	55.3	52.7	32.8	252.9	788.2
1971	57.7	86.8	134.9	15.3	26.9	26.1	4.8	26.7	35.1	111.8	53.1	36.9	616.1
1972	162.7	48.3	281.5	83.7	41.6	9.8	6.9	0.0	56.9	62.8	42.8	45.7	842.7
1973	160.3	136.7	218.6	475.8	35.5	17.3	4.1	19.0	44.0	115.4	64.5	52.1	1343.4
1974	92.0	158.1	90.4	28.4	38.8	13.6	0.9	0.1	28.7	67.4	88.5	33.8	635.6
1975	166.0	108.3	226.4	98.0	30.0	11.5	1.5	20.0	55.9	31.4	71.9	89.1	906.0
1976	125.4	137.6	153.0	18.4	32.1	12.5	29.5	16.1	31.9	2.5	39.2	52.8	650.9
1977	70.0	91.7	101.5	21.1	0.1	1.5	17.8	49.1	23.2	18.7	81.6	121.0	597.3
1978	104.9	123.9	112.9	74.5	20.5	5.2	9.9	0.3	47.8	81.0	60.0	44.9	685.8
1979	49.8	117.8	177.6	55.0	37.9	22.9	3.9	5.1	32.6	22.0	45.2	23.1	592.9
1980	70.7	34.8	111.6	9.4	14.7	2.5	0.0	9.3	12.3	136.8	85.3	204.4	682.8
1981	157.9	307.1	213.0	22.3	0.0	12.6	6.8	0.0	58.9	97.8	117.9	77.7	1072.0
1982	95.3	47.4	100.0	11.1	7.6	11.0	31.1	2.9	20.1	41.6	224.5	40.7	633.4
1983	55.3	85.0	92.5	260.6	23.1	16.0	1.0	40.1	11.8	68.3	89.8	82.8	826.4
1984	416.5	238.3	211.2	105.8	32.1	0.3	15.5	34.2	32.4	50.9	113.8	163.4	1414.5
1985	107.8	198.0	120.3	33.5	30.1	11.9	0.7	0.8	58.4	39.7	56.3	86.5	738.8
1986	120.0	145.0	119.1	61.4	17.5	1.0	0.9	41.0	43.0	8.5	98.2	65.3	680.9
1987	196.6	75.8	69.5	62.1	10.8	11.9	18.8	17.9	49.7	42.7	104.3	94.8	754.9
1988	181.3	108.1	108.5	148.5	26.9	0.0	0.0	0.0	49.6	73.4	48.5	70.4	810.2
1989	87.6	114.2	130.9	73.0	20.8	22.4	4.1	20.2	61.6	106.2	53.4	31.7	726.1
1990	94.4	105.3	112.9	47.2	31.6	37.7	9.6	0.0	57.3	160.5	127.8	104.6	889.0
1991	118.7	97.5	207.7	49.4	25.7	4.5	3.1	0.0	35.2	83.3	91.6	48.6	765.3
1992	57.9	73.4	109.1	30.6	0.0	6.1	3.8	40.2	25.9	69.8	84.0	44.8	545.5
1993	133.4	141.4	208.2	137.9	23.3	8.7	12.1	15.3	76.7	95.6	177.6	202.1	1232.4
1994	184.4	194.0	174.3	98.8	25.1	14.8	0.0	0.0	53.2	63.6	98.4	88.4	955.0
1995	123.8	108.7	167.8	83.3	58.6	24.3	1.1	0.0	39.4	96.8	83.3	157.0	944.2
1996	119.1	155.5	162.4	154.1	37.5	2.9	0.0	21.5	25.3	46.0	37.4	66.6	829.3
1997	94.8	138.7	67.7	23.1	13.2	6.5	1.5	14.8	45.6	57.6	111.8	123.0	688.4
1998	177.6	140.6	167.6	45.5	13.5	5.1	0.0	4.6	12.0	64.2	73.6	42.9	747.2
1999	130.6	264.0	125.6	108.5	38.4	15.1	6.3	4.0	77.4	56.3	102.1	103.2	1081.5
2000	83.2	137.0	124.4	110.7	38.4	12.5	7.0	38.0	26.6	14.8	45.0	94.4	731.9
2001	137.5	70.2	147.2	40.9	42.3	6.1	5.6	7.6	38.7	84.5	109.4	99.8	790.0
2002	62.6	91.1	146.1	76.8	18.9	2.0	30.6	2.9	20.4	96.4	105.8	93.8	748.4
2003	49.1	69.5	115.5	57.2	28.5	7.8	2.1	16.9	16.8	33.0	63.9	162.3	622.5
2004	36.8	89.1	59.4	24.8	13.5	13.5	23.4	5.5	42.2	98.7	96.0	102.9	605.6
2005	63.8	76.5	92.7	41.3	23.8	2.1	0.9	4.5	17.0	89.0	43.9	105.4	560.9
2006	86.0	105.4	162.6	92.2	10.3	53.1	7.5	7.8	44.8	74.4	114.8	131.5	890.3
2007	94.6	33.1	145.8	114.6	24.5	1.0	6.6	7.6	14.5	30.6	119.8	92.8	685.4
2008	111.1	106.2	116.7	95.8	31.8	18.7	2.5	14.5	30.6	119.8	92.8	67.4	807.8
2009	188.6	110.5	216.7	101.1	52.2	20.5	15.8	10.8	7.4	103.4	45.1	115.8	988.0
2010	114.5	113.2	138.0	37.7	29.4	3.2	13.2	2.8	33.2	63.4	92.4	106.1	747.0
Media	116.6	124.7	134.1	74.8	26.9	12.0	7.4	11.1	37.0	70.8	84.0	91.6	790.8

Precipitación Total Mensual de la Microcuenca Qda Auqui (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1953	174.9	131.5	87.9	92.0	40.6	30.4	27.7	11.8	59.4	99.6	210.5	77.9	1044.1
1954	173.9	147.9	98.9	40.3	47.6	11.8	6.6	6.4	70.9	60.8	99.1	101.5	865.6
1955	155.3	40.8	96.3	32.6	29.1	5.9	0.2	0.7	28.1	44.7	100.2	104.3	638.3
1956	104.1	308.2	206.0	176.6	3.0	9.9	2.2	5.4	62.9	63.1	38.0	217.9	1197.3
1957	133.0	334.7	135.7	70.0	27.0	9.1	0.4	1.7	55.4	97.1	46.7	70.8	981.6
1958	137.3	75.9	88.0	137.2	24.1	9.6	0.9	2.4	34.2	113.5	65.3	93.3	781.7
1959	109.8	215.4	274.9	40.3	28.7	9.6	0.3	0.5	43.9	159.4	76.6	52.5	1011.9
1960	107.5	63.0	98.2	88.6	42.3	16.4	0.0	1.4	59.6	39.8	109.4	259.0	880.3
1961	197.2	266.8	216.0	114.7	40.7	13.6	1.1	4.1	34.4	47.7	157.9	46.8	1141.1
1962	155.0	142.0	85.0	106.2	13.0	4.2	19.0	14.2	19.6	55.1	82.9	119.9	816.1
1963	135.6	158.6	140.9	59.1	47.6	32.6	0.1	33.1	26.2	71.0	147.5	83.4	935.7
1964	85.0	98.3	63.5	75.7	44.4	1.1	8.1	24.2	14.9	106.9	72.4	89.5	679.0
1965	99.1	107.2	127.4	19.0	24.5	11.2	1.2	0.7	16.1	76.8	53.6	104.1	640.7
1966	81.9	62.1	74.6	35.6	27.1	20.0	1.0	0.3	50.1	116.7	111.5	94.7	675.6
1967	148.8	298.9	216.0	38.2	31.3	7.3	32.8	3.8	40.7	144.2	103.9	71.1	1136.9
1968	94.8	109.6	99.4	26.3	45.5	26.0	8.1	7.3	43.6	79.0	123.2	83.3	746.3
1969	114.1	141.9	131.3	63.2	47.5	15.9	5.5	5.4	21.8	81.3	77.1	33.4	738.4
1970	109.8	108.6	90.8	55.0	43.1	16.6	18.9	14.3	63.3	60.2	37.5	289.1	901.1
1971	65.9	99.2	154.2	17.5	30.7	29.8	5.5	30.5	40.2	127.8	60.7	42.2	704.4
1972	186.1	55.2	321.8	95.7	47.5	11.2	7.9	0.0	65.1	71.8	48.9	52.2	963.5
1973	183.3	156.3	249.9	543.9	40.6	19.8	4.7	21.8	50.3	132.0	73.8	59.5	1535.8
1974	105.1	180.7	103.3	32.4	44.3	15.6	1.0	0.1	32.9	77.1	95.5	38.6	726.7
1975	189.8	125.0	258.8	106.3	34.3	13.1	1.7	22.8	63.9	35.9	82.3	101.8	1035.8
1976	143.4	157.3	174.9	21.0	36.7	14.3	33.8	18.4	36.4	2.9	44.8	60.3	744.1
1977	80.0	104.8	116.0	24.2	0.1	1.8	20.4	56.1	26.5	21.4	93.3	138.3	682.9
1978	119.9	141.6	129.1	85.2	23.4	6.0	11.4	0.4	54.7	92.6	68.6	51.4	784.1
1979	56.9	134.7	203.0	62.9	43.4	26.2	4.4	5.8	37.3	25.1	51.6	26.4	677.9
1980	80.8	39.8	127.6	10.7	16.8	2.8	0.0	10.7	14.0	156.4	98.7	233.7	792.1
1981	180.5	351.1	243.5	25.5	0.0	14.4	7.8	0.0	67.3	111.8	134.8	88.8	1225.5
1982	109.0	54.2	114.4	12.7	8.7	12.5	35.6	3.3	23.0	47.5	256.7	46.6	724.2
1983	63.3	97.2	105.7	298.0	26.5	18.3	1.1	45.8	13.5	78.1	102.7	94.6	944.8
1984	476.2	272.4	241.5	121.0	36.7	0.3	17.7	39.1	37.1	58.2	130.1	186.8	1617.1
1985	123.3	220.6	137.5	38.3	34.4	13.6	0.8	0.9	66.7	45.4	64.3	98.9	844.7
1986	137.2	165.8	136.2	70.2	20.1	1.1	1.1	46.9	49.2	9.7	66.5	74.6	778.5
1987	224.7	85.6	79.5	71.0	12.4	13.6	21.5	20.4	56.8	48.8	119.2	108.4	863.1
1988	207.3	117.9	124.0	169.7	30.8	0.0	0.0	0.0	56.7	83.9	55.4	80.5	926.2
1989	100.2	130.6	149.7	83.4	23.7	25.6	4.7	23.1	70.4	121.4	61.1	36.2	830.1
1990	107.9	120.4	129.1	54.0	36.1	43.2	11.0	0.0	65.5	183.5	146.1	119.6	1016.3
1991	135.7	111.4	237.5	56.5	29.4	5.2	3.5	0.0	40.3	95.3	104.7	55.5	875.0
1992	66.2	88.9	124.7	35.0	0.0	6.9	4.3	45.9	29.7	79.8	96.0	51.2	623.6
1993	152.6	161.6	238.0	157.6	26.6	10.0	13.9	17.5	87.7	109.3	203.0	231.1	1408.9
1994	210.9	221.8	199.3	112.9	28.6	16.9	0.0	0.0	60.8	72.7	66.8	101.1	1091.8
1995	141.6	124.3	191.8	95.3	67.0	27.8	1.3	0.0	45.0	110.7	95.3	179.4	1079.4
1996	136.2	178.9	185.6	176.2	42.9	3.3	0.0	24.6	28.9	52.6	42.8	76.1	948.1
1997	108.4	158.6	77.4	26.4	15.1	7.4	1.8	16.9	52.1	65.9	127.8	140.6	798.4
1998	203.0	180.8	191.6	52.0	15.4	5.8	0.0	5.3	13.8	73.4	84.2	49.1	854.3
1999	149.3	301.8	143.6	124.0	43.9	17.3	7.2	4.5	88.5	64.4	116.7	118.0	1179.2
2000	95.1	156.6	142.2	126.6	43.9	14.3	7.9	43.4	30.4	16.9	51.5	107.9	836.8
2001	157.2	80.3	168.3	46.8	48.3	6.9	6.4	8.7	44.3	96.7	125.1	114.1	903.1
2002	71.5	104.1	167.1	87.8	21.6	2.3	35.0	3.3	23.3	110.2	122.2	107.3	855.6
2003	56.2	79.5	132.0	65.4	32.6	9.0	2.4	19.3	19.2	37.7	73.1	185.5	711.7
2004	42.0	101.8	67.9	28.4	15.4	15.4	26.8	6.3	48.2	112.8	109.8	117.6	692.4
2005	72.9	87.4	106.0	47.2	27.3	2.4	1.0	5.2	19.4	101.7	50.2	120.5	641.3
2006	98.3	120.5	185.9	105.4	11.7	60.7	8.6	9.0	51.2	85.1	131.2	150.3	1017.8
2007	108.1	37.9	166.7	131.0	28.0	1.1	7.6	8.7	16.5	35.0	136.9	106.1	783.6
2008	127.1	121.4	133.4	109.5	36.3	21.3	2.9	16.5	35.0	136.9	106.1	77.1	923.6
2009	215.7	126.3	247.7	115.6	59.7	23.5	18.0	12.4	8.5	118.2	51.6	132.4	1129.5
2010	130.9	129.5	157.7	43.2	33.6	3.7	15.1	3.2	38.0	72.4	105.6	121.3	854.1
Media	133.3	142.5	153.3	85.5	30.7	13.7	8.4	12.7	42.3	81.0	96.0	104.7	904.1

Precipitación Total Mensual de la Zona de Riego en mm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1953	126.2	94.9	63.4	66.4	29.3	21.9	20.0	8.5	42.8	71.8	151.9	56.2	753.3
1954	125.5	106.7	71.3	29.1	34.3	8.5	4.7	4.6	51.1	43.8	71.5	73.2	624.5
1955	112.0	29.4	69.5	23.5	21.0	4.3	0.2	0.5	20.3	32.3	72.3	75.3	460.5
1956	75.1	222.4	148.6	127.4	2.2	7.1	1.6	3.9	45.4	45.5	27.4	157.2	863.8
1957	96.0	241.5	97.9	50.5	19.5	6.6	0.3	1.2	40.0	70.1	33.7	51.1	708.2
1958	99.1	54.7	63.5	99.0	17.4	6.9	0.7	1.7	24.7	81.9	47.1	67.3	564.0
1959	79.3	155.4	198.3	29.1	20.7	7.0	0.2	0.3	31.7	115.0	55.3	37.9	730.1
1960	77.6	45.5	67.3	63.9	30.5	11.8	0.0	1.0	43.0	28.7	79.0	186.8	635.1
1961	142.3	192.5	155.9	82.8	29.4	9.8	0.8	2.9	24.8	34.4	113.9	33.8	823.3
1962	111.8	102.4	61.3	76.6	9.4	3.1	13.7	10.2	14.2	39.8	59.8	86.5	588.8
1963	97.8	114.4	101.6	42.7	34.3	23.5	0.1	23.9	18.9	51.2	106.4	60.2	675.1
1964	61.3	67.3	45.8	54.6	32.0	0.8	5.8	17.4	10.8	77.1	52.3	64.6	489.9
1965	71.5	77.3	91.9	13.7	17.7	8.1	0.9	0.5	11.6	55.4	38.6	75.1	462.3
1966	59.1	44.8	53.8	25.7	19.5	14.4	0.7	0.2	36.1	84.2	80.4	68.3	487.4
1967	107.4	215.6	155.8	27.5	22.6	5.2	23.7	2.8	29.3	104.0	74.9	51.3	820.3
1968	68.4	79.1	71.7	19.0	32.9	18.7	5.9	5.3	31.5	57.0	88.9	60.1	538.4
1969	82.3	102.4	94.7	45.6	34.2	11.5	4.0	3.9	15.7	58.7	55.6	24.1	532.7
1970	74.9	78.3	65.5	39.7	31.1	12.0	13.6	10.3	45.6	43.4	27.1	208.6	650.2
1971	47.6	71.6	111.2	12.7	22.2	21.5	3.9	22.0	29.0	92.2	43.8	30.5	508.2
1972	134.2	39.9	232.2	69.1	34.3	8.1	5.7	0.0	46.9	51.8	35.3	37.7	695.1
1973	132.2	112.7	180.3	392.4	29.3	14.3	3.4	15.7	36.3	95.2	53.2	42.9	1108.1
1974	75.9	130.4	74.5	23.4	32.0	11.2	0.7	0.1	23.7	55.6	68.9	27.8	524.3
1975	136.9	90.2	186.8	76.7	24.8	9.5	1.2	16.5	46.1	25.9	59.3	73.5	747.3
1976	103.4	113.5	126.2	15.2	26.5	10.3	24.4	13.2	26.3	2.1	32.3	43.5	536.9
1977	57.7	75.6	83.7	17.4	0.1	1.3	14.7	40.5	19.1	15.5	67.3	99.8	492.7
1978	86.5	102.2	93.1	61.5	16.9	4.3	8.2	0.3	39.5	66.8	49.5	37.1	565.7
1979	41.1	97.2	146.5	45.4	31.3	18.9	3.2	4.2	26.9	18.1	37.3	19.0	489.1
1980	58.3	28.7	92.1	7.7	12.1	2.0	0.0	7.7	10.1	112.9	71.2	168.6	571.5
1981	130.2	253.3	175.7	18.4	0.0	10.4	5.6	0.0	48.6	80.6	97.3	64.1	884.2
1982	78.6	39.1	82.5	9.2	6.3	9.0	25.7	2.4	16.6	34.3	185.2	33.6	522.5
1983	45.6	70.1	76.3	215.0	19.1	13.2	0.8	33.0	9.8	56.3	74.1	68.3	681.7
1984	343.6	196.5	174.2	87.3	26.5	0.2	12.8	28.2	26.7	42.0	93.9	134.8	1166.8
1985	88.9	159.2	99.2	27.6	24.8	9.8	0.5	0.7	48.1	32.7	46.4	71.4	609.4
1986	99.0	119.6	98.2	50.6	14.5	0.8	0.8	33.9	35.5	7.0	48.0	53.8	561.7
1987	162.1	62.5	57.4	51.3	8.9	9.8	15.5	14.7	41.0	35.2	86.0	78.2	622.7
1988	149.6	85.0	89.5	122.5	22.2	0.0	0.0	40.9	60.5	40.0	58.1	58.1	668.3
1989	72.3	94.2	108.0	60.2	17.1	18.5	3.4	16.7	50.8	87.6	44.1	26.1	598.9
1990	77.8	86.9	93.1	39.0	26.0	31.1	7.9	0.0	47.3	132.4	105.4	86.3	733.3
1991	97.9	80.4	171.3	40.8	21.2	3.7	2.5	0.0	29.0	68.7	75.6	40.1	631.3
1992	47.8	60.5	90.0	25.2	0.0	5.0	3.1	33.1	21.4	57.5	69.3	37.0	449.9
1993	110.1	116.6	171.7	113.7	19.2	7.2	10.0	12.7	63.3	78.8	146.5	166.7	1016.5
1994	152.1	160.1	143.8	81.5	20.7	12.2	0.0	0.0	43.9	52.4	48.2	72.9	787.7
1995	102.2	89.7	138.4	68.7	48.3	20.0	0.9	0.0	32.5	79.8	68.7	129.5	778.8
1996	98.2	129.1	133.9	127.1	31.0	2.4	0.0	17.8	20.8	38.0	30.9	54.9	684.0
1997	78.2	114.4	55.8	19.0	10.9	5.4	1.3	12.2	37.6	47.5	92.2	101.4	576.0
1998	146.5	116.0	138.2	37.5	11.1	4.2	0.0	3.8	9.9	53.0	60.7	35.4	616.4
1999	107.7	217.8	103.6	89.5	31.7	12.5	5.2	3.3	63.8	46.4	84.2	85.1	850.8
2000	68.6	113.0	102.6	91.3	31.7	10.3	5.7	31.3	21.9	12.2	37.1	77.8	603.7
2001	113.4	57.9	121.5	33.8	34.9	5.0	4.6	6.3	32.0	69.7	90.2	82.3	651.6
2002	51.6	75.1	120.5	63.4	15.6	1.6	25.2	2.4	16.8	79.5	88.1	77.4	617.3
2003	40.5	57.4	95.2	47.2	23.5	6.5	1.7	13.9	13.8	27.2	52.7	133.8	513.5
2004	30.3	73.5	49.0	20.5	11.1	11.1	19.3	4.6	34.8	81.4	79.2	84.9	499.6
2005	52.6	63.1	76.5	34.1	19.7	1.7	0.7	3.7	14.0	73.4	36.2	86.9	462.7
2006	70.9	86.9	134.1	76.0	8.5	43.8	6.2	6.5	37.0	61.4	94.7	108.4	734.4
2007	78.0	27.3	120.3	94.5	20.2	0.8	5.5	6.3	11.9	25.2	98.8	76.6	565.4
2008	91.7	87.6	96.2	79.0	26.2	15.4	2.1	11.9	25.2	98.8	76.6	55.6	666.4
2009	155.6	91.1	178.7	83.4	43.1	16.9	13.0	8.9	6.1	85.3	37.2	95.5	814.9
2010	94.4	93.4	113.8	31.1	24.2	2.6	10.9	2.3	27.4	52.3	76.2	87.5	616.2
Media	96.2	102.8	110.6	61.7	22.2	9.9	6.1	9.1	30.5	58.4	69.3	75.6	652.3

Persistencia de la Precipitación

Se aplicó la ecuación de Weibull para calcular la precipitación para diferentes probabilidades de ocurrencia 20%, 50%, 60%, 75 %:

$$P = m / (1+N) \times 100$$

Dónde:

P = Probabilidad de ocurrencia

m = Número de orden

N = Número total del registro, en este caso 58 años.

Tabla 13: Precipitación de la Zona de Estudio para Diferentes Probabilidades de Ocurrencia

PROBABILIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Precipitación de la Microcuenca de la Qda. Tuya													
20%	189.5	193.0	223.9	125.6	47.3	21.8	19.2	24.6	65.9	121.6	135.2	143.8	1311.6
50%	134.8	135.3	147.3	72.9	33.1	13.1	5.0	6.9	43.6	83.5	102.7	104.2	882.3
60%	116.6	124.1	139.0	58.8	29.8	10.3	2.5	5.3	38.6	76.9	82.8	89.8	774.5
75%	105.0	103.6	113.2	40.4	24.7	6.3	1.1	1.4	28.4	55.6	68.4	64.7	612.9
Promedio	143.5	153.4	165.0	92.0	33.1	14.8	9.1	13.6	45.5	87.2	103.4	112.8	973.4
Precipitación de la Microcuenca de la Qda. Mataragra													
20%	154.0	156.8	181.9	102.0	38.4	17.7	15.6	20.0	53.6	98.8	109.9	116.8	1065.6
50%	109.5	109.9	119.7	59.2	26.9	10.7	4.1	5.6	35.4	67.9	83.4	84.7	716.8
60%	94.7	100.8	112.9	47.8	24.2	8.4	2.0	4.3	31.3	62.5	67.3	72.9	629.2
75%	85.3	84.2	92.0	32.8	20.1	5.1	0.9	1.1	23.1	45.2	55.6	52.6	497.9
Promedio	116.6	124.7	134.1	74.8	26.9	12.0	7.4	11.1	37.0	70.8	84.0	91.6	790.8
Precipitación de la Microcuenca de la Qda. Auqui													
20%	176.0	179.3	208.0	116.7	43.9	20.3	17.8	22.9	61.2	113.0	125.6	133.6	1218.2
50%	125.2	125.6	136.8	67.7	30.8	12.2	4.7	6.4	40.5	77.6	95.4	96.8	819.5
60%	108.3	115.3	129.1	54.6	27.7	9.6	2.3	4.9	35.8	71.5	76.9	83.4	719.4
75%	97.5	96.2	105.1	37.5	22.9	5.9	1.0	1.3	26.4	51.7	63.5	60.1	569.3
Promedio	133.3	142.5	153.3	85.5	30.7	13.7	8.4	12.7	42.3	81.0	96.0	104.7	904.1
Precipitación de la Zona de Riego													
20%	127.0	129.4	150.0	84.2	31.7	14.6	12.8	16.5	44.2	81.5	90.6	96.4	878.9
50%	90.3	90.6	98.7	48.8	22.2	8.8	3.4	4.6	29.2	56.0	68.8	69.8	591.3
60%	78.1	83.2	93.1	39.4	20.0	6.9	1.7	3.6	25.9	51.6	55.5	60.2	519.0
75%	70.4	69.4	75.9	27.1	16.5	4.2	0.7	0.9	19.1	37.3	45.8	43.4	410.7
Promedio	96.2	102.8	110.6	61.7	22.2	9.9	6.1	9.1	30.5	58.4	69.3	75.6	652.3

Fuente: Elaboración Propia.

5. Componentes del Balance Hídrico

En el presente estudio se consideró a 3 cursos de agua que abastecen al Centro Poblado de Yanas, las quebradas Tuya, Mataragra y Auqui, para lo cual se generó caudales en base a un análisis de la precipitación teniendo en cuenta sus características físicas. Se aplicó el método de balance hídrico de Lutz Scholz.

Coefficiente de Escorrentía

Este coeficiente se determinó a partir de técnicas propuestas por la Ex ONERN (1980), la cual utiliza las características de zonas ecológicas. El valor obtenido es de 0,62 a nivel

regional.

Tabla 14: Coeficientes de Escorrentía por Zonas de Vida o Ecológicas

Nº	NOMBRE UNIDAD HIDROGRAFICA	SIMBOLO	AREA km2	COEF. ESCOR. TEORICO			COEF. ESCOR. REAL		
				Cmáx.	Cmed.	Cmín.	Cmáx.	Cmed.	Cmín.
Microcuenca Qda. Tuya									
1	Bosque húmedo Montano Tropical	bmh-MT	1.645	0.83	0.68	0.48	0.51	0.42	0.30
2	Páramo muy húmedo Subalpino Tropical	pmh-SaT	5.265	0.83	0.68	0.48			
TOTAL			6.910						
Microcuenca Qda. Mataragra									
1	Bosque húmedo Montano Tropical	bmh-MT	0.100	0.83	0.68	0.48	0.51	0.42	0.30
2	Páramo muy húmedo Subalpino Tropical	pmh-SaT	0.318	0.83	0.68	0.48			
TOTAL			0.418						
Microcuenca Qda. Auqui									
1	Páramo muy húmedo Subalpino Tropical	bmh-MT	0.463	0.83	0.68	0.48	0.51	0.42	0.30
2	Páramo muy húmedo Subalpino Tropical	pmh-SaT	1.873	0.83	0.68	0.48			
TOTAL			2.336						
FACTOR REGIONAL		0.62							

Fuente: Inventario y Evaluación Nacional de Aguas Superficiales. ONERN, Lima 1980

Asimismo, se consideró al Estudio de Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional (Volumen 04, parte 01), en cuya Figura "1-A Mapas Hidrológicos-Vertiente y Códigos de Cuencas la zona de estudio se ubica en la cuenca del Alto Marañón", identificado con código 2101, se determinó un coeficiente de escorrentía de 0.57.

Gasto y Abastecimiento de la Retención de las Microcuencas

Retención de la unidad hidrográfica (R)

Es la lámina de precipitación pluvial atrapada por un determinado porcentaje de la microcuenca, la cual contribuirá al abastecimiento en época de bajas crecientes que inicia en el mes de abril y culmina en el mes de agosto. Para el cálculo de esta lámina se tuvo en consideración a los acuíferos potenciales relacionados con la pendiente, así como la presencia de cuerpos de nieve y lagunas que retienen dicha lámina de precipitación.

Microcuenca Tuya : R = 62,51

Microcuenca Mataragra : R = 30,16

Microcuenca Auqui : R = 176,70

Tabla 15: Retención de las microcuencas en estudio

Tipo	Pendiente	REi	Ai (Areas Parciales) en Km2								
	%	mm/año	Tuya	Mataragra	Auqui						
			6.910	0.418	2.336						
Acuíferos Potenciales	2	300	1.200	0.042	1.258						
	8	250	0.000	0.000	0.000						
	15	200	0.183	0.000	0.000						
Lagunas		500	0.071	0.000	0.070						
Nevados		500	0.000	0.000	0.000						
$\text{Retención} = \frac{\sum REi * Ai}{A_{\text{total Cuenca}}}$			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Retención en mm/año</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>62.51</td> <td>30.16</td> <td>176.70</td> </tr> </tbody> </table>			Retención en mm/año			62.51	30.16	176.70
Retención en mm/año											
62.51	30.16	176.70									
REi = Retención de cada tipo Ai= Area parcial de cada tipo Area Total en km2											

Coefficiente de Agotamiento (a)

Se ha obtenido a partir de la fórmula empírica donde este coeficiente está en función del área de las unidades hidrográficas y que intervienen en el cálculo de los caudales en la época de estiaje, para lo cual se ha utilizado las fórmulas características que se muestran a continuación:

Microcuenca Tuya a = 0.0251

Microcuenca Mataragra a = 0.0362

Microcuenca Auqui a = 0.0209

Tabla 16: Coeficiente Agotamiento de las Microcuencas en Estudio

Nombre Microcuencas	Coef. Agotamiento	Formula	Característica
Qda. Tuya	0.0251	$a=-0.00252\ln(A)+0.030$	Rápido
Qda. Mataragra	0.0362	$a=-0.00252\ln(A)+0.034$	Muy Rápido
Qda. Auqui	0.0209	$a=-0.00252\ln(A)+0.023$	Reducido

Fuente: Elaboración Propia.

Precipitación Efectiva

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$PE = a + a_1 P + a_2 P^2 + a_3 P^3 + a_4 P^4 + a_5 P^5$$

Dónde:

PE = Precipitación efectiva mensual (mm)

P = Precipitación promedio mensual (mm)

a...a5 = Coeficientes del polinomio

Tabla 17: Coeficientes del Polinomio para el Cálculo de la Precipitación

COEFICIENTES	CURVA I	CURVA II	CURVA III
a0	-0.018	-0.021	-0.028
a1	-0.0185	0.1358	0.2756
a2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a3	-1204 E-8	4349 E-8	5543 E-8
a4	-1440 E-9	-890 E-9	1240 E-9
a5	-2850 E-12	-879 E-13	-1420 E-11

E : Símbolo que indica que la cifra siguiente vale como Exponente a la base 10

FUENTE : Generación de Caudales para la Sierra del Perú. Misión Técnica Alemana 1980
Ex-Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones

Tabla 18: Precipitación Efectiva Microcuenca Tuya

Mes	Precipitación en la Subcuenca			
	Total	Efectiva		
	P	PE II	PE III	PE
	mm/ mes	mm/ mes	mm/ mes	mm/ mes
ENE.	143.5	57.6	83.8	95.6
FEB.	153.5	67.1	93.8	105.8
MAR.	165.0	78.6	105.3	117.3
ABR.	92.0	20.0	33.3	39.2
MAY.	33.1	3.4	6.7	8.2
JUN.	14.8	1.6	3.4	4.1
JUL.	9.1	1.1	2.2	2.7
AGO.	13.6	1.5	3.1	3.9
SET.	45.5	5.1	9.5	11.5
OCT.	87.2	17.6	29.5	34.9
NOV.	103.4	26.4	43.2	50.8
DIC.	112.8	32.5	52.4	61.4
AÑO	973.4	312.6	466.2	535.4

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 19: Precipitación Efectiva Microcuenca Auqui

Mes	Precipitación en la Subcuenca			
	Total	Efectiva		
	P	PE II	PEIII	PE
	mm/ mes	mm/ mes	mm/ mes	mm/ mes
ENE.	133.3	48.5	73.6	89.4
FEB.	142.5	56.7	82.8	99.2
MAR.	153.3	66.9	93.6	110.4
ABR.	85.5	16.8	28.3	35.5
MAY.	30.7	3.2	6.3	8.2
JUN.	13.7	1.5	3.2	4.2
JUL.	8.5	1.0	2.1	2.7
AGO.	12.7	1.4	3.0	3.9
SET.	42.3	4.6	8.7	11.3
OCT.	81.0	14.9	25.2	31.6
NOV.	96.0	22.1	36.6	45.7
DIC.	104.7	27.2	44.5	55.3
AÑO	904.1	264.9	407.6	497.3

Fuente: Elaboración Propia.

Cálculo de la Escorrentía Mensual para el Año Promedio

Generación de Escorrentía Mensual

El cálculo del gasto en época de bajas crecientes, es decir del mes de abril hasta el mes de agosto, aplicando la siguiente fórmula:

$$B_i = B^i; B = e^{-at}$$

Donde:

B_i = Coeficiente del gasto

B = Coeficiente del gasto correspondiente al primer mes de agotamiento.

i = 1 año, de acuerdo al periodo de estiaje.

A = Coeficiente de agotamiento

T = Número de días del mes

Gasto de la retención (G_i):

$$G_i = B_i * R$$

$$\Sigma B_i$$

Abastecimiento de la retención:

$$A_i = a_i \cdot R$$

$$a_i = \frac{PE}{PE_{total}}$$

PE_{total}

Donde:

A_i = abastecimiento del mes i.

a_i = coeficientes de abastecimiento.

R = retención de la unidad hidrográfica.

I = mes del año, de 1 a 12.

PE_i = precipitación efectiva del mes i.

PE total = precipitación efectiva total de la unidad hidrográfica.

Escorrentía mensual (CMi) para el año promedio:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Tabla 20: Generación de Caudales para el Año Promedio Microcuenca Qda. Tuya

Mes	Precipitación en la Subcuenca				Contribución de la Retención				Caudales	
	Total	Efectiva			Gasto		Abastecimiento		Generados	
	P	PE II	PE III	PE	BI	GI	ABA	AI		
	mm/ mes	mm/ mes	mm/ mes	mm/ mes		mm/ mes		mm/ mes	mm/ mes	l/ s
ENE.	143.5	57.6	83.8	95.6	0.0000	0.00	0.30	21.00	74.59	192.43
FEB.	153.5	67.1	93.8	105.8	0.0000	0.00	0.35	24.50	81.27	232.15
MAR.	165.0	78.6	105.3	117.3	0.0000	0.00	0.20	14.00	103.3	266.61
ABR.	92.0	20.0	33.3	39.2	0.4710	37.91	0.00	0.00	77.15	205.68
MAY.	33.1	3.4	6.7	8.2	0.2218	17.85	0.00	0.00	26.05	67.21
JUN.	14.8	1.6	3.4	4.1	0.1045	8.41	0.00	0.00	12.54	33.43
JUL.	9.1	1.1	2.2	2.7	0.0492	3.96	0.00	0.00	6.68	17.23
AGO.	13.6	1.5	3.1	3.9	0.0232	1.86	0.00	0.00	5.73	14.78
SET.	45.5	5.1	9.5	11.5	0.0000	0.00	0.00	0.00	11.5	30.65
OCT.	87.2	17.6	29.5	34.9	0.0000	0.00	0.00	0.00	34.88	89.98
NOV.	103.4	26.4	43.2	50.8	0.0000	0.00	0.05	3.50	47.26	126.00
DIC.	112.8	32.5	52.4	61.4	0.0000	0.00	0.10	7.00	54.37	140.28
AÑO	973.4	312.6	466.2	535.4	0.8697	70.0	1.000	70.00	535.36	118.04

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 21: Generación de Caudales para el Año Promedio Microcuenca Qda. Auqui

Mes	Precipitación en la Subcuenca				Contribución de la Retención				Caudales	
	Total	Efectiva			Gasto		Abastecimiento		Generados	
	P	PE II	PEIII	PE	BI	GI	ABA	AI		
	mm/ mes	mm/ mes	mm/ mes	mm/ mes		mm/ mes		mm/ mes	mm/ mes	l/ s
ENE.	133.3	48.5	73.6	89.4	0.0000	0.00	0.30	24.00	65.35	56.99
FEB.	142.5	56.7	82.8	99.2	0.0000	0.00	0.35	28.00	71.21	68.76
MAR.	153.3	66.9	93.6	110.4	0.0000	0.00	0.20	16.00	94.35	82.29
ABR.	85.5	16.8	28.3	35.5	0.5342	38.96	0.00	0.00	74.42	67.07
MAY.	30.7	3.2	6.3	8.2	0.2854	20.81	0.00	0.00	29.02	25.31
JUN.	13.7	1.5	3.2	4.2	0.1524	11.12	0.00	0.00	15.29	13.78
JUL.	8.5	1.0	2.1	2.7	0.0814	5.94	0.00	0.00	8.67	7.57
AGO.	12.7	1.4	3.0	3.9	0.0435	3.17	0.00	0.00	7.07	6.16
SET.	42.3	4.6	8.7	11.3	0.0000	0.00	0.00	0.00	11.27	10.16
OCT.	81.0	14.9	25.2	31.6	0.0000	0.00	0.00	0.00	31.63	27.59
NOV.	96.0	22.1	36.6	45.7	0.0000	0.00	0.05	4.00	41.67	37.56
DIC.	104.7	27.2	44.5	55.3	0.0000	0.00	0.10	8.00	47.30	41.26
AÑO	904.1	264.9	407.6	497.3	1.0969	80.0	1.000	80.00	497.25	37.04

Fuente: Elaboración Propia.

Determinación de los Parámetros del Balance Hídrico

Con los resultados obtenidos se aplicó una regresión múltiple entre el caudal del mes T, el caudal del mes anterior (T-1) y la precipitación efectiva del mes T, donde se obtuvo los respectivos coeficientes de regresión, el error estándar y el coeficiente de correlación.

Tabla 22: Parámetros del Modelo de Generación - Para Periodos Extendidos Microc. Qda. Tuya

MES	Q(T) mm	Q(T-1) mm	PE(T) mm
ENE.	74.59	54.37	95.59
FEB.	81.27	74.59	105.77
MAR.	103.34	81.27	117.34
ABR.	77.15	103.34	39.24
MAY.	26.05	77.15	8.20
JUN.	12.54	26.05	4.13
JUL.	6.68	12.54	2.72
AGO.	5.73	6.68	3.86
SET.	11.50	5.73	11.50
OCT.	34.88	11.50	34.88
NOV.	47.26	34.88	50.76
DIC.	54.37	47.26	61.37
Parámetros para la Generación:			
	B1	=	2.096
	B2	=	0.392
	B3	=	0.561
	Desviación Estándar Total	=	6.309
	Coefic. Correlación Múltiple	=	0.981

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 23: *Parámetros del Modelo de Generación - Para Periodos Extendidos Microc. Qda. Auqui*

MES	Q(T)	Q(T-1)	PE(T)
	mm	mm	mm
ENE.	65.35	47.30	89.35
FEB.	71.21	65.35	99.21
MAR.	94.35	71.21	110.35
ABR.	74.42	94.35	35.46
MAY.	29.02	74.42	8.21
JUN.	15.29	29.02	4.17
JUL.	8.67	15.29	2.73
AGO.	7.07	8.67	3.90
SET.	11.27	7.07	11.27
OCT.	31.63	11.27	31.63
NOV.	41.67	31.63	45.67
DIC.	47.30	41.67	55.30
Parámetros para la Generación:			
	B1	=	2.127
	B2	=	0.448
	B3	=	0.500
	Desviación Estándar Total	=	6.335
	Coefic. Correlación Múltiple	=	0.974

Fuente: Elaboración Propia.

Generación de Descargas medias Mensuales

Para su cálculo se utilizó la siguiente expresión matemática:

$$Q(I,J) = B1 + B2 * Q(I,J-1) + B3 * PE(I,J) + S(1-R^2)^{1/2} * Z(J)$$

Donde:

Q(I,J) = caudal generado del año I, mes J.

Q(I,J-1) = caudal del año I, mes (J-1).

PE(I,J) = precipitación efectiva del año I, mes J.

S = error estándar.

R = coeficiente de correlación múltiple.

Z(J) = número aleatorio normal (0,1) del mes J.

B1, B2 y B3 = coeficientes de regresión.

Descargas Generadas Para la Microcuenca Tuya

$$Q(I,J) = 2.096 + 0.392 * Q(I,J-1) + 0.561 * PE(I,J) + 6.309 * (1 - 0.981^2)^{1/2} * Z(J)$$

Con $r = 0.981$, valor aceptable de acuerdo a tablas en donde $r(\text{tabla}) = 0.576$ para un grado de libertad de 10 y un valor de confianza de 0.05.

Descargas Generadas Para la Microcuenca Auqui

$$Q(I,J) = 2.127 + 0.448 * Q(I,J-1) + 0.500 * PE(I,J) + 6.335 * (1 - 0.974^2)^{1/2} * Z(J)$$

Con $r = 0.974$, valor aceptable de acuerdo a tablas en donde $r(\text{tabla}) = 0.576$ para un grado de libertad de 10 y un valor de confianza de 0.05.

Se calculó los caudales en m³/s mensuales de las microcuencas Tuya y Auqui.

Tabla 24: Descargar Medias Mensuales De la Microcuenca Tuya

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1963	0.265	0.259	0.157	0.140	0.070	0.047	0.031	0.024	0.042	0.103	0.314	0.169	0.135
1964	0.273	0.307	0.194	0.098	0.064	0.034	0.019	0.017	0.050	0.055	0.110	0.134	0.113
1965	0.224	0.123	0.123	0.068	0.043	0.026	0.020	0.017	0.023	0.027	0.106	0.139	0.078
1966	0.149	0.531	0.444	0.395	0.156	0.077	0.034	0.017	0.042	0.054	0.041	0.293	0.186
1967	0.259	0.624	0.372	0.191	0.087	0.046	0.023	0.018	0.041	0.092	0.062	0.070	0.157
1968	0.177	0.137	0.108	0.198	0.095	0.048	0.019	0.020	0.028	0.120	0.092	0.111	0.096
1969	0.150	0.364	0.494	0.224	0.105	0.054	0.028	0.018	0.030	0.195	0.131	0.079	0.156
1960	0.131	0.089	0.104	0.104	0.061	0.040	0.022	0.018	0.039	0.033	0.123	0.386	0.096
1961	0.395	0.552	0.468	0.303	0.139	0.067	0.033	0.023	0.030	0.035	0.197	0.098	0.195
1962	0.217	0.275	0.161	0.167	0.071	0.040	0.033	0.025	0.023	0.039	0.077	0.156	0.107
1963	0.207	0.297	0.263	0.144	0.083	0.050	0.025	0.028	0.028	0.050	0.196	0.134	0.125
1964	0.111	0.125	0.081	0.083	0.055	0.027	0.020	0.020	0.018	0.098	0.093	0.107	0.070
1965	0.124	0.165	0.191	0.092	0.050	0.039	0.012	0.008	0.023	0.053	0.049	0.109	0.076
1966	0.097	0.077	0.073	0.049	0.035	0.029	0.015	0.009	0.034	0.125	0.166	0.140	0.071
1967	0.225	0.545	0.467	0.207	0.102	0.055	0.037	0.019	0.026	0.170	0.163	0.103	0.177
1968	0.119	0.168	0.146	0.072	0.050	0.035	0.020	0.017	0.023	0.065	0.161	0.120	0.083
1969	0.160	0.238	0.225	0.130	0.072	0.044	0.023	0.019	0.026	0.068	0.081	0.052	0.095
1970	0.111	0.158	0.127	0.084	0.057	0.036	0.026	0.026	0.054	0.048	0.041	0.400	0.097
1971	0.195	0.183	0.240	0.110	0.050	0.038	0.020	0.023	0.029	0.146	0.096	0.059	0.099
1972	0.248	0.143	0.489	0.279	0.130	0.063	0.031	0.012	0.046	0.062	0.051	0.048	0.134
1973	0.242	0.302	0.432	0.987	0.396	0.171	0.074	0.040	0.046	0.164	0.110	0.077	0.253
1974	0.124	0.292	0.197	0.096	0.058	0.042	0.022	0.017	0.023	0.063	0.110	0.058	0.092
1975	0.257	0.244	0.426	0.272	0.119	0.062	0.031	0.019	0.045	0.035	0.081	0.121	0.143
1976	0.211	0.291	0.317	0.145	0.074	0.042	0.033	0.025	0.036	0.014	0.035	0.049	0.106
1977	0.070	0.137	0.168	0.079	0.035	0.020	0.022	0.037	0.030	0.027	0.079	0.189	0.074
1978	0.189	0.257	0.228	0.154	0.077	0.044	0.024	0.017	0.037	0.086	0.082	0.060	0.105
1979	0.055	0.186	0.316	0.165	0.087	0.049	0.028	0.021	0.026	0.027	0.043	0.032	0.086
1980	0.068	0.056	0.158	0.077	0.034	0.025	0.018	0.020	0.017	0.188	0.163	0.362	0.099
1981	0.361	0.695	0.563	0.244	0.099	0.053	0.029	0.018	0.045	0.127	0.207	0.148	0.216
1982	0.161	0.104	0.148	0.068	0.036	0.025	0.030	0.024	0.032	0.033	0.359	0.162	0.099
1983	0.096	0.132	0.136	0.469	0.201	0.091	0.045	0.043	0.034	0.065	0.127	0.118	0.130
1984	0.728	0.716	0.562	0.356	0.154	0.070	0.043	0.033	0.035	0.043	0.163	0.288	0.266
1985	0.243	0.418	0.300	0.142	0.071	0.037	0.018	0.016	0.050	0.048	0.058	0.110	0.126
1986	0.197	0.302	0.257	0.147	0.068	0.035	0.017	0.028	0.041	0.029	0.053	0.068	0.104
1987	0.320	0.214	0.132	0.097	0.051	0.031	0.023	0.019	0.043	0.045	0.141	0.155	0.106
1988	0.324	0.269	0.227	0.299	0.134	0.065	0.030	0.017	0.040	0.074	0.058	0.075	0.134
1989	0.113	0.204	0.245	0.155	0.071	0.038	0.023	0.022	0.046	0.143	0.095	0.058	0.101
1990	0.123	0.191	0.207	0.116	0.066	0.051	0.032	0.017	0.051	0.242	0.271	0.226	0.133
1991	0.230	0.217	0.385	0.190	0.092	0.045	0.022	0.019	0.033	0.088	0.133	0.078	0.128
1992	0.071	0.091	0.160	0.085	0.046	0.027	0.020	0.031	0.029	0.060	0.108	0.070	0.067
1993	0.201	0.293	0.412	0.357	0.150	0.064	0.044	0.034	0.080	0.132	0.314	0.415	0.208
1994	0.428	0.497	0.425	0.289	0.129	0.061	0.027	0.020	0.043	0.057	0.066	0.109	0.179
1995	0.203	0.230	0.322	0.205	0.120	0.065	0.027	0.014	0.023	0.113	0.136	0.266	0.144
1996	0.255	0.348	0.352	0.356	0.156	0.069	0.031	0.027	0.024	0.035	0.035	0.063	0.146
1997	0.125	0.257	0.141	0.071	0.042	0.022	0.011	0.017	0.041	0.051	0.166	0.220	0.097
1998	0.337	0.352	0.359	0.176	0.078	0.039	0.019	0.017	0.019	0.055	0.088	0.056	0.133
1999	0.188	0.529	0.350	0.275	0.125	0.063	0.033	0.022	0.079	0.064	0.151	0.172	0.171
2000	0.146	0.267	0.251	0.229	0.112	0.053	0.030	0.033	0.029	0.025	0.041	0.113	0.111
2001	0.224	0.154	0.251	0.125	0.068	0.043	0.022	0.020	0.034	0.093	0.174	0.178	0.116
2002	0.117	0.154	0.251	0.168	0.081	0.034	0.033	0.021	0.023	0.107	0.179	0.161	0.111
2003	0.093	0.097	0.173	0.109	0.058	0.032	0.019	0.024	0.018	0.027	0.059	0.249	0.080
2004	0.124	0.149	0.094	0.057	0.032	0.030	0.027	0.011	0.028	0.118	0.159	0.182	0.084
2005	0.118	0.122	0.141	0.079	0.047	0.022	0.014	0.021	0.024	0.093	0.062	0.147	0.074
2006	0.141	0.191	0.294	0.220	0.094	0.071	0.044	0.025	0.037	0.071	0.172	0.237	0.133
2007	0.191	0.103	0.232	0.236	0.107	0.046	0.025	0.029	0.026	0.033	0.165	0.161	0.113
2008	0.196	0.227	0.225	0.201	0.100	0.055	0.031	0.023	0.025	0.164	0.168	0.112	0.127
2009	0.324	0.288	0.426	0.294	0.146	0.078	0.041	0.026	0.020	0.125	0.079	0.174	0.168
2010	0.208	0.242	0.269	0.129	0.067	0.033	0.023	0.012	0.029	0.063	0.124	0.168	0.114
MEDIA	0.201	0.262	0.267	0.191	0.091	0.048	0.027	0.022	0.034	0.080	0.124	0.148	0.124
D. EST	0.110	0.156	0.129	0.143	0.056	0.023	0.010	0.007	0.013	0.050	0.071	0.091	0.044
Máximo	0.728	0.716	0.563	0.987	0.396	0.171	0.074	0.043	0.060	0.242	0.359	0.415	0.266
Mínimo	0.055	0.056	0.073	0.049	0.032	0.020	0.011	0.008	0.017	0.014	0.035	0.032	0.067

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 25: Descargas Medias Mensuales de la Microcuenca Qda. Auqui

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1953	0.082	0.083	0.052	0.047	0.026	0.018	0.012	0.011	0.016	0.029	0.089	0.051	0.043
1954	0.082	0.092	0.062	0.033	0.021	0.012	0.011	0.009	0.019	0.019	0.032	0.040	0.036
1955	0.069	0.043	0.038	0.025	0.016	0.009	0.005	0.006	0.007	0.010	0.030	0.039	0.025
1956	0.044	0.151	0.134	0.126	0.055	0.028	0.016	0.010	0.015	0.017	0.014	0.084	0.058
1957	0.079	0.181	0.115	0.065	0.034	0.019	0.011	0.006	0.012	0.027	0.019	0.022	0.049
1958	0.052	0.041	0.034	0.060	0.031	0.018	0.009	0.007	0.009	0.036	0.026	0.032	0.030
1959	0.042	0.109	0.147	0.074	0.039	0.022	0.012	0.008	0.011	0.058	0.043	0.028	0.049
1960	0.040	0.031	0.033	0.035	0.023	0.016	0.009	0.005	0.014	0.012	0.034	0.110	0.030
1961	0.120	0.169	0.146	0.101	0.050	0.025	0.015	0.009	0.012	0.013	0.061	0.032	0.063
1962	0.066	0.083	0.053	0.052	0.025	0.015	0.011	0.009	0.008	0.012	0.022	0.045	0.033
1963	0.062	0.087	0.079	0.046	0.029	0.018	0.011	0.010	0.008	0.016	0.057	0.043	0.039
1964	0.037	0.039	0.025	0.025	0.017	0.010	0.006	0.009	0.008	0.034	0.030	0.031	0.023
1965	0.037	0.049	0.060	0.031	0.020	0.014	0.007	0.004	0.007	0.016	0.015	0.032	0.024
1966	0.030	0.023	0.023	0.017	0.013	0.010	0.007	0.005	0.014	0.038	0.048	0.043	0.023
1967	0.068	0.161	0.142	0.073	0.036	0.022	0.015	0.010	0.012	0.052	0.051	0.035	0.056
1968	0.036	0.050	0.045	0.026	0.019	0.014	0.008	0.007	0.008	0.018	0.045	0.035	0.026
1969	0.045	0.071	0.068	0.044	0.026	0.015	0.010	0.006	0.007	0.020	0.023	0.014	0.029
1970	0.031	0.046	0.037	0.025	0.015	0.013	0.013	0.008	0.017	0.014	0.012	0.115	0.029
1971	0.064	0.057	0.070	0.038	0.023	0.016	0.010	0.010	0.009	0.044	0.031	0.021	0.033
1972	0.075	0.047	0.144	0.089	0.044	0.024	0.012	0.006	0.012	0.017	0.016	0.014	0.042
1973	0.070	0.091	0.130	0.288	0.134	0.065	0.032	0.020	0.018	0.046	0.033	0.024	0.079
1974	0.034	0.088	0.060	0.032	0.020	0.015	0.010	0.004	0.008	0.020	0.032	0.021	0.029
1975	0.075	0.076	0.128	0.089	0.044	0.025	0.011	0.009	0.015	0.012	0.021	0.034	0.045
1976	0.060	0.090	0.095	0.050	0.028	0.015	0.015	0.010	0.012	0.006	0.011	0.014	0.034
1977	0.022	0.041	0.046	0.023	0.012	0.009	0.010	0.013	0.012	0.009	0.026	0.054	0.023
1978	0.058	0.077	0.071	0.051	0.027	0.015	0.010	0.009	0.012	0.026	0.023	0.017	0.033
1979	0.017	0.053	0.093	0.053	0.031	0.019	0.012	0.010	0.011	0.010	0.012	0.009	0.028
1980	0.021	0.019	0.047	0.024	0.014	0.009	0.007	0.008	0.008	0.055	0.049	0.105	0.031
1981	0.110	0.205	0.172	0.085	0.039	0.019	0.012	0.009	0.017	0.036	0.061	0.046	0.068
1982	0.049	0.034	0.046	0.023	0.011	0.011	0.011	0.008	0.008	0.014	0.103	0.049	0.031
1983	0.034	0.041	0.044	0.136	0.064	0.033	0.017	0.015	0.008	0.020	0.034	0.036	0.040
1984	0.207	0.218	0.178	0.120	0.059	0.029	0.018	0.015	0.013	0.015	0.047	0.086	0.034
1985	0.074	0.124	0.095	0.050	0.028	0.017	0.010	0.007	0.015	0.013	0.018	0.031	0.040
1986	0.054	0.090	0.078	0.049	0.027	0.016	0.007	0.010	0.014	0.011	0.018	0.022	0.033
1987	0.092	0.066	0.042	0.033	0.017	0.011	0.010	0.010	0.015	0.016	0.043	0.048	0.034
1988	0.095	0.082	0.071	0.092	0.046	0.024	0.012	0.009	0.013	0.021	0.018	0.022	0.042
1989	0.035	0.062	0.075	0.052	0.026	0.017	0.010	0.008	0.016	0.042	0.030	0.018	0.033
1990	0.034	0.055	0.065	0.038	0.022	0.017	0.010	0.006	0.013	0.069	0.082	0.068	0.040
1991	0.071	0.069	0.114	0.062	0.032	0.017	0.009	0.007	0.010	0.026	0.038	0.028	0.040
1992	0.024	0.030	0.050	0.031	0.014	0.009	0.007	0.011	0.009	0.020	0.031	0.019	0.021
1993	0.061	0.090	0.123	0.112	0.053	0.027	0.017	0.012	0.024	0.039	0.092	0.124	0.055
1994	0.133	0.155	0.134	0.091	0.046	0.026	0.012	0.007	0.014	0.019	0.020	0.034	0.058
1995	0.059	0.069	0.096	0.065	0.040	0.025	0.013	0.008	0.010	0.032	0.037	0.076	0.044
1996	0.078	0.108	0.108	0.113	0.055	0.028	0.015	0.014	0.011	0.014	0.013	0.020	0.048
1997	0.038	0.077	0.046	0.025	0.015	0.009	0.006	0.007	0.011	0.018	0.049	0.066	0.031
1998	0.102	0.111	0.112	0.061	0.029	0.018	0.012	0.009	0.010	0.017	0.025	0.019	0.044
1999	0.058	0.157	0.109	0.090	0.047	0.026	0.014	0.012	0.026	0.022	0.044	0.051	0.055
2000	0.044	0.079	0.075	0.074	0.040	0.024	0.015	0.013	0.011	0.007	0.012	0.032	0.036
2001	0.066	0.051	0.078	0.043	0.027	0.014	0.011	0.010	0.009	0.027	0.050	0.051	0.036
2002	0.035	0.045	0.072	0.052	0.028	0.014	0.011	0.006	0.007	0.031	0.053	0.051	0.034
2003	0.033	0.031	0.053	0.036	0.019	0.010	0.006	0.008	0.007	0.010	0.019	0.072	0.025
2004	0.040	0.047	0.031	0.020	0.011	0.008	0.008	0.005	0.010	0.035	0.045	0.052	0.026
2005	0.038	0.039	0.043	0.027	0.017	0.009	0.008	0.005	0.008	0.029	0.023	0.046	0.024
2006	0.041	0.059	0.088	0.068	0.033	0.024	0.014	0.010	0.013	0.024	0.052	0.071	0.041
2007	0.060	0.038	0.071	0.075	0.038	0.021	0.015	0.008	0.006	0.009	0.049	0.048	0.037
2008	0.059	0.065	0.069	0.062	0.033	0.021	0.010	0.008	0.009	0.047	0.050	0.036	0.039
2009	0.091	0.085	0.126	0.090	0.048	0.028	0.014	0.011	0.008	0.037	0.026	0.052	0.051
2010	0.063	0.073	0.083	0.045	0.024	0.012	0.010	0.006	0.008	0.016	0.035	0.050	0.035
MEDIA	0.060	0.079	0.061	0.061	0.032	0.019	0.011	0.009	0.012	0.025	0.037	0.044	0.039
D. EST	0.032	0.046	0.039	0.042	0.019	0.009	0.004	0.003	0.004	0.014	0.021	0.026	0.014
Máximo	0.207	0.218	0.178	0.288	0.134	0.065	0.032	0.020	0.026	0.069	0.103	0.124	0.084
Mínimo	0.017	0.019	0.023	0.017	0.011	0.008	0.005	0.004	0.006	0.006	0.011	0.009	0.021

Fuente: Elaboración Propia.

Calibración del modelo

Luego de la calibración con la información obtenida se obtuvo que los coeficientes de escorrentía para las microcuencas fueron de 0.55 y la retención para las microcuencas Tuya y Auqui son de 70 y 80 mm/año respectivamente.

Debido a que no existe información histórica de descargas para microcuencas menores a 100 km², se utilizó información de descargas de la subcuenca del río Marañón (para contraste) cuya estación meteorológica "Tingo Chico" corresponde a un área de 4408 km² similar a las áreas de las microcuencas Tuya y Auqui, cuyas áreas son de 6.910 km² y 2.336 km² respectivamente. Para la calibración del modelo se utilizó un periodo de 14 años las cuales abarcan dos periodos, uno de 1975 al 1980 y otro de 1987 al 1994.

Tabla 26: Descargas Históricas del Río Marañón y Generadas en las Microc. Qdas. Tuya y Auqui

DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Q Histórico Río Marañón Area= 4408 km² (1975/1980 y 1987/1994)												
QPromedio Histórico m ³	145.260	175.136	178.969	122.663	65.172	30.339	22.485	20.579	24.829	50.823	74.154	87.936
Qespecífico m ³ /s/km ²	0.033	0.040	0.041	0.028	0.015	0.007	0.005	0.005	0.006	0.012	0.017	0.020
Q Generado Qda. Tuya Area= 6.910 km²												
QPromedio Generado m ³	0.201	0.262	0.267	0.191	0.091	0.048	0.027	0.022	0.034	0.080	0.124	0.148
Qespecífico m ³ /s/km ²	0.029	0.038	0.039	0.028	0.013	0.007	0.004	0.003	0.005	0.012	0.018	0.021
Q Generado Qda. Auqui Area= 2.336 km²												
QPromedio Generado m ³	0.060	0.079	0.081	0.061	0.032	0.018	0.011	0.009	0.012	0.025	0.037	0.044
Qespecífico m ³ /s/km ²	0.026	0.034	0.035	0.026	0.014	0.008	0.005	0.004	0.005	0.011	0.016	0.019

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la calibración se pueden apreciar en los siguientes gráficos, en la cual se puede observar que, para la microcuenca Tuya, en épocas de altas crecientes y bajas crecientes, las descargas siguen una tendencia semejante a la curva de la estación Tingo. Sin embargo, para la microcuenca Auqui existe un distanciamiento mínimo solo en época de altas crecientes, mientras que en época de bajas crecientes la curva es semejante al de la estación Tingo. Finalmente, se concluye que ambas gráficas de calibración cumplen con los parámetros estadísticos para su calibración, siendo aceptado los resultados obtenidos.

Figura 26: Calibración de Caudales Generados de la Microcuenca del Qda. Tuya (Elaboración propia)

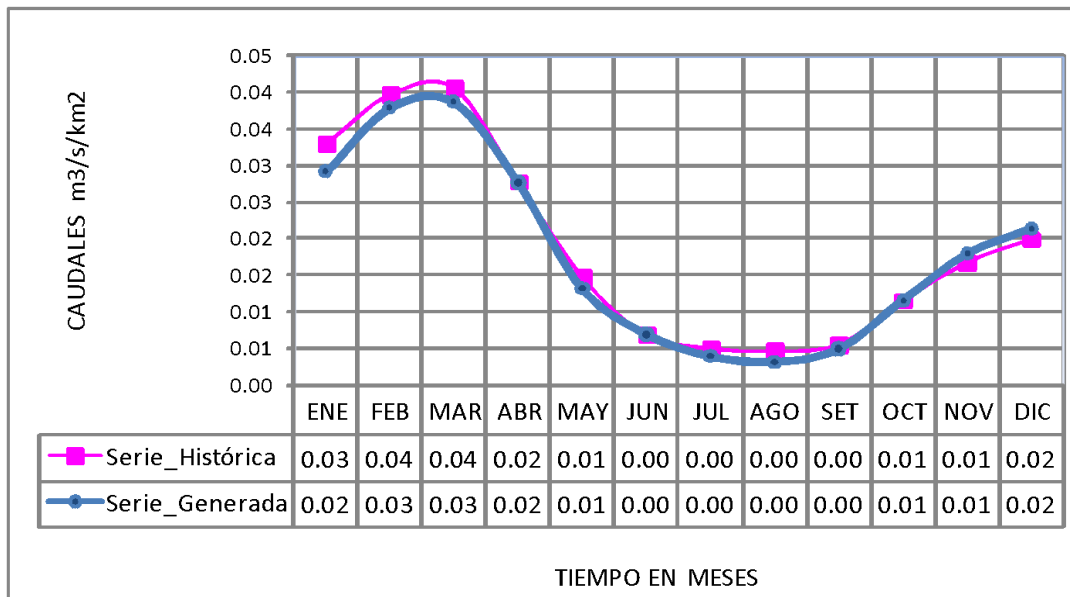
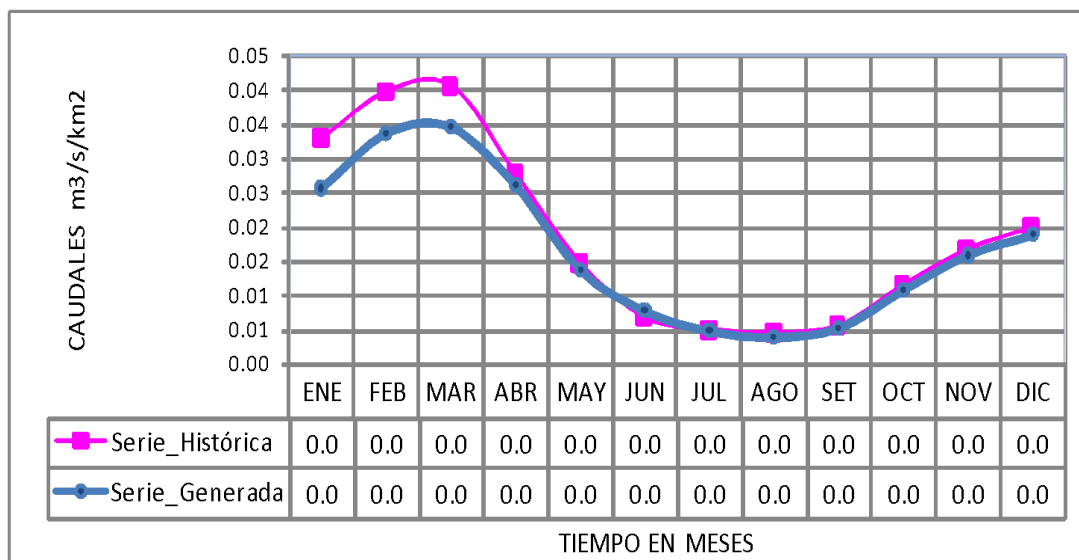


Figura 27: Calibración de Caudales Generados de la Microcuenca del Qda. Auqui (Elaboración propia)



6. Disponibilidad Neta

Análisis de persistencia de probabilidad de ocurrencia de caudales

Se utilizó la ecuación de Weibull y se calculó los caudales en m³/s para diferentes probabilidades de ocurrencia.

Tabla 27: Descargar de las Microcuencas Qda. Tuya m³/seg. Para diferentes Probabilidades de Ocurrencia

CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Tuya												
Q (50%)	0.193	0.234	0.243	0.155	0.076	0.044	0.026	0.020	0.031	0.064	0.110	0.128
Q (75%)	0.124	0.150	0.159	0.097	0.057	0.034	0.020	0.017	0.025	0.044	0.069	0.077
Q (95%)	0.071	0.091	0.103	0.068	0.035	0.025	0.015	0.012	0.019	0.027	0.041	0.052
PROM	0.201	0.262	0.267	0.191	0.091	0.048	0.027	0.022	0.034	0.080	0.124	0.148

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28: Descargas de la Microcuenca Qda. Auqui m³/s Para Diferentes Probabilidades de Ocurrencia

CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Auqui												
Q (50%)	0.059	0.070	0.072	0.052	0.028	0.017	0.011	0.009	0.011	0.020	0.032	0.038
Q (75%)	0.037	0.046	0.048	0.033	0.020	0.013	0.009	0.007	0.008	0.014	0.021	0.025
Q (95%)	0.024	0.031	0.033	0.023	0.013	0.009	0.006	0.005	0.007	0.009	0.012	0.014
PROM	0.060	0.079	0.081	0.061	0.032	0.019	0.011	0.009	0.012	0.025	0.037	0.044

Fuente: Elaboración propia.

Caudales de la quebrada Mataragra

Su área de drenaje es de 0,418 km², se calculó el caudal considerando las características físicas de la microcuenca Tuya (área = 6,91 km²), para ello se aplicó la equivalencia de sus áreas de drenaje, según:

$$Q_{mm} = A_m/A_{sj} \cdot Q_{sj}$$

Donde:

Q_{mm} : Caudal mensual de la Qda. Mataragra.

A_m : Área Qda. Mataragra

A_{sj} : Área de la Qda. Tuya

Q_{sj} : Caudal medio mensual de la Qda. Tuya

Tabla 29: Caudales Característicos de la quebrada Mataragra m³/s Para Diferentes Probabilidades de Ocurrencia

CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mataragra												
Q (50%)	0.012	0.014	0.015	0.009	0.005	0.003	0.002	0.001	0.002	0.004	0.007	0.008
Q (75%)	0.008	0.009	0.010	0.006	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.005
Q (95%)	0.004	0.005	0.006	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003
PROM	0.012	0.016	0.016	0.012	0.005	0.003	0.002	0.001	0.002	0.005	0.007	0.009

Fuente: Elaboración propia.

Caudal ofertado total

Con los resultados obtenidos sobre los caudales para las quebradas Tuya, Mataragra y Auqui, se determinó los caudales al 75% de persistencia para cada uno.

Tabla 30: Caudales promedio de las fuentes naturales al 75% de persistencia

FUENTE /QUEBRADA	UND	CAUDALES PROMEDIOS GENERADOS AL 75% DE PERSISTENCIA											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Tuya	m3/s	0.124	0.150	0.159	0.097	0.057	0.034	0.020	0.017	0.025	0.044	0.069	0.077
Auqui	m3/s	0.037	0.046	0.048	0.033	0.020	0.013	0.009	0.007	0.008	0.014	0.021	0.025
Mataragra	m3/s	0.008	0.009	0.010	0.006	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.005
CAUDAL	m3/s	0.169	0.206	0.216	0.136	0.081	0.050	0.030	0.025	0.035	0.060	0.095	0.107
OFERTADO TOTAL	l/s	168.75	205.59	215.84	136.13	80.71	49.57	30.46	25.03	34.78	60.13	95.30	106.92
VOLUMEN	m3	451,983	497,361	578,100	352,856	216,182	128,490	81,584	67,036	90,143	161,056	247,018	286,383
OFERTADO TOTAL	hm3	0.452	0.497	0.578	0.353	0.216	0.128	0.082	0.067	0.090	0.161	0.247	0.286

Fuente: Elaboración propia.

7. Caudal ecológico

Se consideró un caudal ecológico igual al 10% del caudal medio en época de altas crecientes y 15% en épocas de bajas crecientes:

Tabla 31: Caudales Ecológicos Mensualizados

QUEBRADA	UND	CAUDAL ECOLOGICO											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Tuya	m3/s	0.012	0.015	0.016	0.010	0.009	0.005	0.003	0.003	0.004	0.007	0.010	0.008
Auqui	m3/s	0.004	0.005	0.005	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003
Mataragra	m3/s	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
CAUDAL OFERTADO TOTAL	m3/s	0.017	0.021	0.022	0.014	0.012	0.007	0.005	0.004	0.005	0.009	0.014	0.011
	l/s	16.88	20.56	21.58	13.61	12.11	7.44	4.57	3.75	5.22	9.02	14.12	10.69
VOLUMEN OFERTADO TOTAL	m3	45,19	49,73	57,81	35,28	32,42	19,27	12,23	10,05	13,52	24,15	36,60	28,63
	hm3	0.045	0.050	0.058	0.035	0.032	0.019	0.012	0.010	0.014	0.024	0.037	0.029

Fuente: Elaboración propia.

8. Caudal Disponible

Los caudales disponibles para el trabajo de investigación son para el mes de noviembre 0.058 l/s, 0.018 l/s y 0.005 para las microcuencas Tuya, Auqui y Mataragra respectivamente.

Tabla 32: Caudales Mensualizados disponibles para el proyecto

QUEBRADA	UND	CAUDAL DISPONIBLE											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Tuya	m3/s	0.112	0.135	0.143	0.088	0.049	0.029	0.017	0.014	0.021	0.037	0.058	0.070
Auqui	m3/s	0.034	0.042	0.043	0.030	0.017	0.011	0.008	0.006	0.007	0.012	0.018	0.023
Mataragra	m3/s	0.007	0.008	0.009	0.005	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.004
CAUDAL OFERTADO TOTAL	m3/s	0.152	0.185	0.194	0.123	0.069	0.042	0.026	0.021	0.030	0.051	0.081	0.096
	l/s	151.88	185.03	194.25	122.52	68.61	42.14	25.89	21.27	29.56	51.11	81.01	96.23
VOLUMEN OFERTADO TOTAL	m3	406,784	447,625	520,290	317,571	183,755	109,217	69,346	56,981	76,622	136,898	209,965	257,744
	hm3	0.407	0.448	0.520	0.318	0.184	0.109	0.069	0.057	0.077	0.137	0.210	0.258

Fuente: Elaboración propia.

9. Balance Hídrico para el Proyecto

Usos y Demanda de Agua

En este punto se determinó la demanda de agua que se caracteriza por identificar los cultivos más representativos de la zona y determinar su requerimiento hídrico. Para ello, se utilizó el método de Hargreaves para calcular la evapotranspiración potencial (Eto), considerando como insumo para su elaboración, los datos meteorológicos de la Estación Chavín (25 años); el procedimiento sigue la secuencia de determinar el coeficiente de cultivo (Kc), determinar la cédula de cultivo con proyecto, el periodo vegetativo de los cultivos seleccionados, la evapotranspiración potencial y la eficiencia de riego con proyecto.

Con relación a los cultivos, se trabajó con maíz amiláceo, papa, trigo, cebada, habas, frijol, hortaliza, arveja, olluco y ajo, para un área de cultivo total de 175,8 ha, para una primera campaña en época de altas crecientes (setiembre – abril) y una segunda campaña de rotación (marzo – noviembre).

Con respecto a la eficiencia de riego, se sabe que es el producto de la eficiencia de conducción, la eficiencia de distribución y la eficiencia de aplicación; además, se determinó que la eficiencia total sin proyecto equivale a un 21% (Ef. Conducción 70%, Ef. Distribución 60% y Ef. Aplicación 50%) y se consideró para el presente diseño un incremento de la eficiencia total al 44% (Ef. Conducción 95%, Ef. Distribución 85%, Ef. Aplicación 55%).

Tabla 33: Cédula de cultivo con proyecto

CULTIVO	AREA		MESES DEL AÑO												CAMPAÑAS (ha)	
	(ha)	(%)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Primera	Segunda
Maíz Amiláceo (Cancha) / Frijol G S	62.4	35.5%	62.4	62.4		16.0	16.0	16.0	16.0		62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	16.0
			0.98	0.45		0.47	0.93	0.95	0.60		0.30	0.60	0.90	1.00		
Papa / Habas	29.0	16.5%	29.0		29.0	29.0	29.0	29.0		29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
			0.68		0.30	0.77	1.00	0.55		0.25	0.40	0.90	0.95	1.00		
Trigo / Olluco	22.1	12.5%	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	22.1	5.0
			0.35	0.72	1.00	1.00	0.63		0.15	0.36	0.90	1.00	0.87	0.60		
Cebada Grano / Papa	17.7	10.1%	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	17.7	5.0
			0.36	0.83	1.00	1.00	0.50		0.25	0.45	0.90	1.05	0.95	0.65		
Olluco / Hortaliza	26.8	15.2%	26.8	26.8		15.0	15.0	15.0	15.0		26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	15.0
			1.00	0.67		0.73	0.93	0.90	0.80		0.15	0.36	0.90	0.95		
Ajo / Arverja	17.8	10.1%	17.8	17.8		14.5	14.5	14.5	14.5		17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	14.5
			0.90	0.78		0.30	0.77	0.84	0.55		0.65	0.93	0.98	1.00		
TOTAL	175.8	100%	176	147	69	114	114	75	56	39	146	146	146	146	175.8	84.5
PORCENTAJE	100%		100%	84%	39%	65%	65%	42%	32%	22%	83%	83%	83%	83%	100%	48%

Fuente: Elaboración propia.

Estimación de la evapotranspiración potencial (ETo)

Se empleó el método de Hargreaves para su cálculo y los datos existentes de la estación meteorológica de Chavín.

Tabla 34: Cálculo de la evapotranspiración potencial

Meses	Temperatura Media		Humedad Relativa %	Factor de Corrección		Factor Mensual x Latitud MF	Evapotranspiración Potencial - Eto	
	°C	°F		CH	CE		mm/mes	mm/día
Enero	13.98	57.16	73.30	0.858	1.062	2.555	133.04	4.29
Febrero	13.73	56.72	74.10	0.845	1.062	2.260	114.99	4.11
Marzo	13.21	55.78	78.10	0.777	1.062	2.358	108.52	3.50
Abril	13.26	55.86	75.30	0.825	1.062	2.051	100.38	3.35
Mayo	13.57	56.43	69.50	0.917	1.062	1.877	103.14	3.33
Junio	13.24	55.83	65.20	0.979	1.062	1.694	98.35	3.28
Julio	13.49	56.29	62.10	1.000	1.062	1.803	107.81	3.48
Agosto	14.01	57.23	61.50	1.000	1.062	2.013	122.36	3.95
Septiembre	14.38	57.89	63.90	1.000	1.062	2.371	145.77	4.86
Octubre	14.18	57.53	69.20	0.921	1.062	2.458	138.36	4.46
Noviembre	14.34	57.81	69.70	0.914	1.062	2.463	138.16	4.61
Diciembre	14.20	57.56	71.40	0.888	1.062	2.563	139.09	4.49

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Metodología de cálculo Eto "Hargreaves".

Precipitación efectiva

Se utilizó el método de USDA del Servicio de Conservación de Suelos de los EA..

Tabla 35: Cálculo de la precipitación efectiva

PRECIPITACION EFECTIVA														
DESCRIPCIÓN	UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Días del mes	día	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Precipitación Total Mensual	mm/meses	105.60	112.90	121.50	67.70	24.30	10.90	6.70	10.00	33.50	64.20	76.10	83.00	716.40
Precipitación efectiva Mensual	mm/meses	87.76	92.51	97.88	60.37	23.36	10.71	6.63	9.84	31.70	57.61	66.83	71.98	617.17
Precipitación efectiva Diaria	mm/día	2.83	3.30	3.16	2.01	0.75	0.36	0.21	0.32	1.06	1.86	2.23	2.32	20.41

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la demanda de agua para el proyecto

Para periodos anuales dentro de los meses de diciembre a marzo (altas crecientes), se aplicó la precipitación obtenida a área de riego de 175,8 ha, mientras que, en época de bajas crecientes, el área bajo riego fue proyectado para un área de riego de 84,5 ha.

Tabla 36: *Cálculo de la Demanda de Agua para la situación con proyecto*

Descripción	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Evapotranspiración Potencial (ETo)	mm/mes	133.04	114.99	108.52	100.38	103.14	98.35	107.81	122.36	145.77	138.36	138.16	139.09	
Coefficiente de Cultivo Ponderado (Kc)		0.79	0.61	0.70	0.74	0.80	0.76	0.57	0.29	0.38	0.68	0.92	0.97	
Evapotranspiración Cultivo (ETc)	mm/mes	104.45	70.69	76.47	74.51	82.72	75.02	61.33	35.49	54.84	94.76	127.16	134.25	
Precipitación Efectiva (Pe)	mm/mes	87.76	92.51	97.88	60.37	23.36	10.71	6.63	9.84	31.70	57.61	66.83	71.98	
Necesidades Netas Cultivo (Nt)	mm/mes	16.69	0.00	0.00	14.14	59.36	64.31	54.71	25.65	23.14	37.15	60.33	62.27	417.76
Eficiencia de Riego (Efr)	%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	
Necesidades Totales de cultivo (Nb)	mm/mes	37.59	0.00	0.00	31.84	133.67	144.81	123.18	57.76	52.09	83.66	135.84	140.21	940.63
	m3/ha	375.89	0.00	0.00	318.35	1,336.67	1,448.05	1,231.78	577.58	520.93	836.56	1,358.41	1,402.09	9,406.32
Área de Riego	ha	175.79	146.79	68.75	114.25	114.25	74.50	55.50	39.00	146.04	146.04	146.04	146.04	
Volumen Demandado Total - Mensual	m3	66,078	0.00	0.00	36,371	152,714	107,879	68,363	22,525	76,077	122,170	198,381	204,761	1,055,325.
	hm3	66.08	0.00	0.00	36.37	152.71	107.88	68.36	22.53	76.08	122.17	198.38	204.76	1,055.33
Módulo de Riego (Mr)	l/s/ha	0.14	0.00	0.00	0.12	0.50	0.56	0.46	0.22	0.20	0.31	0.52	0.52	
Caudal Demandado Total - Mensual	l/s	24.67	0.00	0.00	14.03	57.02	41.62	25.52	8.41	29.35	45.61	76.54	76.45	33.27
	m3/s	0.025	0.000	0.000	0.014	0.057	0.042	0.026	0.008	0.029	0.046	0.077	0.076	0.033

Fuente: Elaboración propia.

10. Balance Oferta-Demanda

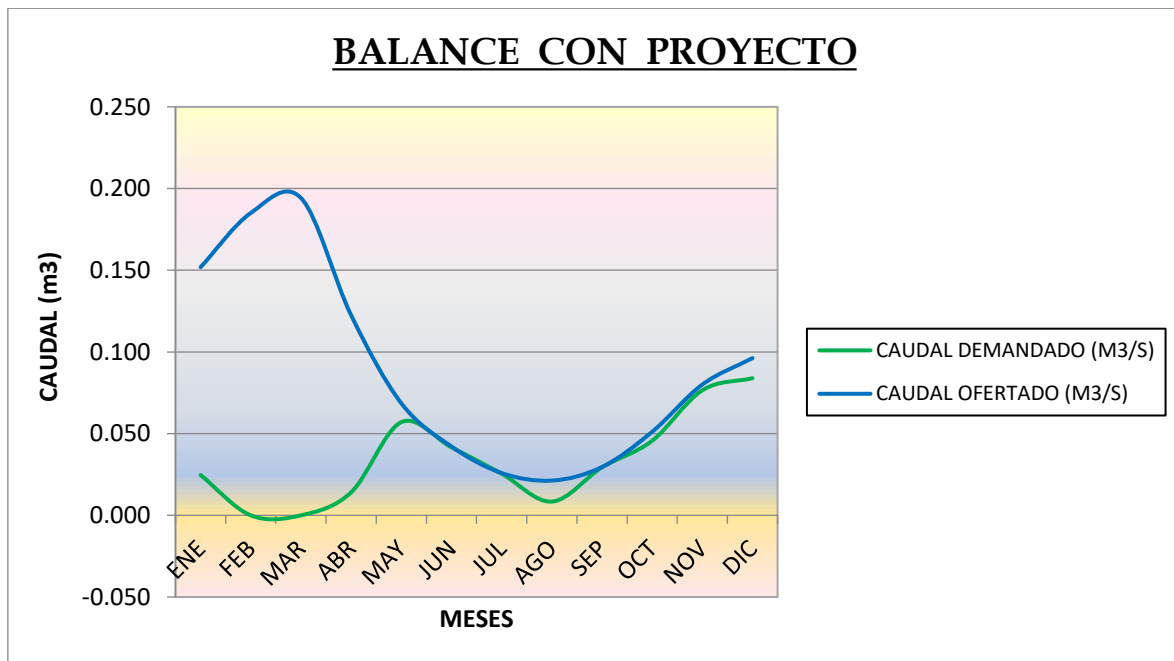
Los resultados para el balance con proyecto como se observa en la siguiente figura, demuestran que la demanda se encuentra dentro lo que se requiere en todo el año; todo ello se debe gracias a las mejoras propuestas con respecto al diseño de la infraestructura hidráulica, así como a una cedula de cultivo más optimizada la cual ha implementado dos campañas agrícolas al año (principal y rotación).

Tabla 37: Balance hídrico con proyecto

ITEM	BALANCE OFERTA DEMANDA											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CAUDAL DEMANDADO (M3/S)	0.025	0.000	0.000	0.014	0.057	0.042	0.026	0.008	0.029	0.046	0.077	0.076
CAUDAL OFERTADO (M3/S)	0.152	0.185	0.194	0.123	0.069	0.042	0.026	0.021	0.030	0.051	0.081	0.096
DEFICIT (M3/S)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28: Balance Hídrico del Proyecto (Elaboración propia)



11. Sedimentología

Se precisa que por falta de registro de datos se procedió a estimar la cantidad de sólidos aplicando diversas metodologías que se desarrollan a continuación:

Transporte de sólidos en función de la altitud y el cociente: Volumen Sólidos / Caudal Medio:

En la siguiente figura se muestra la relación entre la altitud media de la cuenca y los sedimentos transportados anualmente / volumen hídrico medio anual, cuya gráfica fue elaborada a partir de la información sedimentológica de diferentes ríos del país.

Figura 29: Relación entre altitud media de la cuenca y los sedimentos transportados anualmente/volumen hídrico medio anual

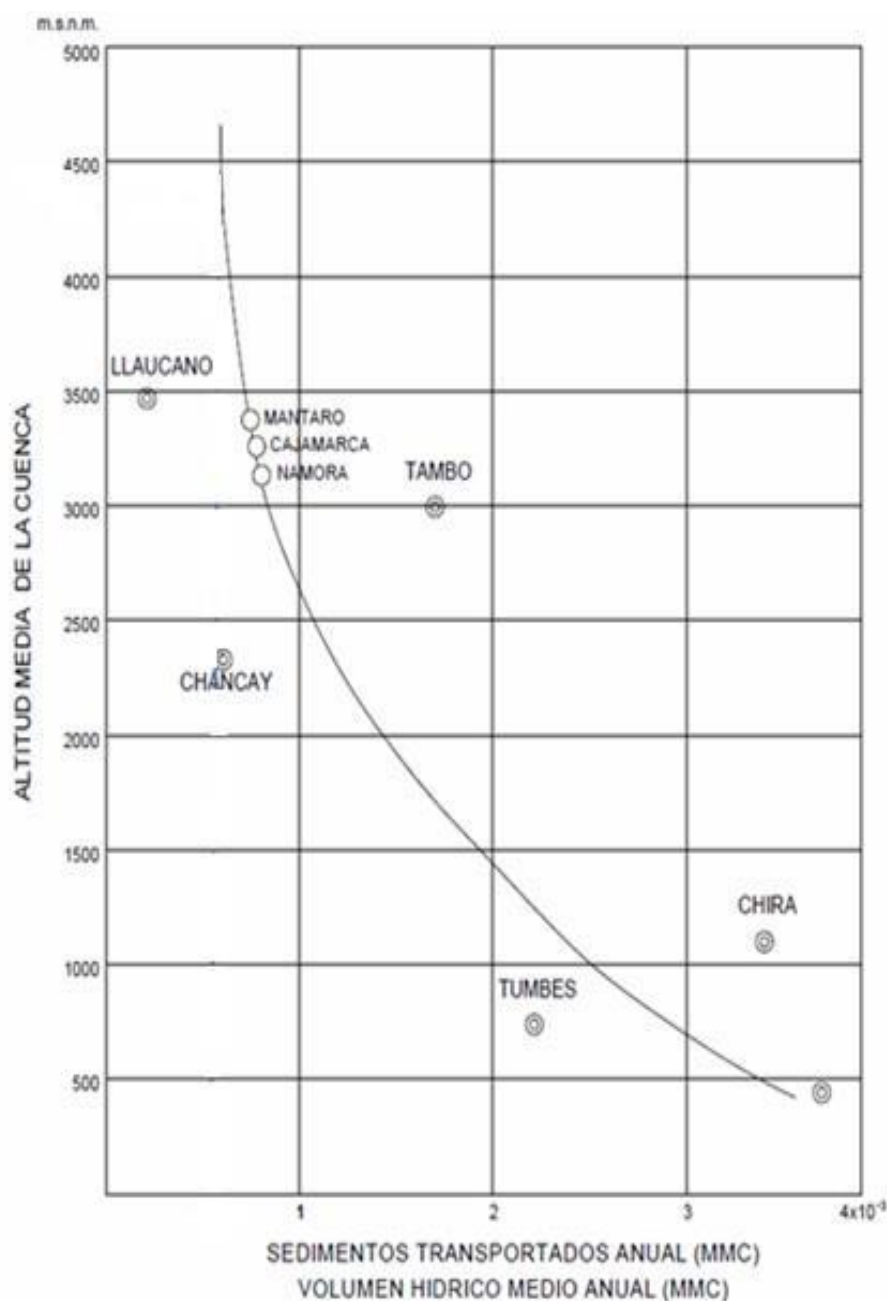


Tabla 38: Transporte de sólidos

Microcuenca	Altitud (msnm)	Q prom (m3/s)	Vsedim/Vol medio Anual	Vol medio Anual	Vs (m3/año)
Qbda. Tuya	4151	0.124	0.00061	3910464	2401.02
Qbda. Auqui	4012	0.039	0.00064	1229904	783.94
Qbda. Mataragra	3918	0.008	0.00065	252288	163.99

Fuente: Elaboración propia.

Transporte de sólidos según ecuación de Murano

La ecuación de Murano es producto del procesamiento de datos obtenidos de 103 embalses, la cual relaciona el arrastre de sólidos que produce la microcuenca, su precipitación anual, su área, la elevación y pendiente media.

$$Q_s = 10^{-3,2} A^{-0,229} P^{0,97} H^{1,21} I^{0,88}$$

Dónde:

Q_s = masa de sólidos acarreados (m³/Km²-año)

A = Área de la cuenca aportante (Km²)

P = Precipitación media anual (mm)

H = Elevación media de la cuenca (msnm)

I = Pendiente media de la cuenca (m/m)

Tabla 39: Transporte de sólidos

Microcuenca	Área (Km ²)	PP (mm)	Hmedia (m)	i (m/m)	Qs (Tn/Km ² - año)	Qs (m ³ /km ² - año)	Vs (m ³ /año)
Q. Tuya	6.91	973.4	4151	0.04	757.7	451.003	3116.433
Q. Auqui	2.336	904.1	4012	0.24	4247.9	2528.508	5906.595
Q. Mataragra	0.418	790.8	3918	0.74	14227.4	8468.688	3539.911

Fuente: Elaboración propia.

Transporte de sólidos en base a la información del Río Mantaro

Es una ecuación que involucra el área de la cuenca aportante con respecto al volumen de sólidos acarreados en km². Esta expresión matemática se originó a raíz de los datos de

subcuencas del río Mantaro.

$$Q_s = 780,7 A^{-0,25}$$

Dónde:

Q_s = Volumen de sólidos acarreado ($m^3 / Km^2 - año$)

A = Área de la cuenca aportante (Km^2)

Tabla 40: Transporte de sólidos

Microcuenca	Área (Km ²)	Qs (Tn/Km ² -año)	Qs (m ³ /km ² -año)	Vs (m ³ /año)
Q. Tuya	6.91	809.0	481.52	3327.306
Q. Auqui	2.336	1060.9	631.49	1475.159
Q. Mataragra	0.418	1631.2	970.93	405.851

Fuente: Elaboración propia.

Transporte de sólidos en base al Manual de Erosión y Sedimentación del Departamento Interior de los Estados Unidos

Strand (1995) desarrolló la siguiente ecuación empírica a partir de datos obtenidos en los estados de Arizona, Nuevo México y California.

$$Q_s = 2.4 \cdot A_d^{-0.229}$$

Tabla 41: Transporte de sólidos

Microcuenca	Área (Km ²)	Qs (Tn/Km ² -año)	Qs (m ³ /km ² -año)	Vs (m ³ /año)
Qbda. Tuya	6.91	1233.4	734.18	5073.210
Qbda. Auqui	2.336	1581.2	941.16	2198.557
Qbda. Mataragra	0.418	2344.8	1395.71	583.408

Fuente: Elaboración propia.

Según Strand y Pemberton (1982) para climas semiáridos del suroeste de Estados Unidos

$$Q_s = 1.84 \cdot A_d^{-0.24}$$

Tabla 42: Transporte de sedimentos

Microcuenca	Área (Km2)	Qs (Tn/Km2-año)	Qs (m3/km2-año)	Vs (m3/año)
Tuya	6.91	925.734	551.03	3807.634
Auqui	2.336	1200.958	714.86	1669.903
Mataragra	0.418	1815.009	1080.36	451.592

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43: Resumen de los Volumen de Transporte de Solidos

#	Formula	Qbda. Tuya	Qbda. Auqui	Qbda. Mataragra
		m ³ /año	m ³ /año	m ³ /año
1	Volumen sólido/caudal hídrico	2401.02	783.94	163.99
2	Murano	3116.43	5906.60	3539.91
3	Río Mantaro	3327.31	1475.16	405.85
4	Strand	5073.21	2198.56	583.41
5	Strand-Pemberton	3807.63	1669.90	451.59
Promedio		3545.12	2406.83	1028.95

Fuente: Elaboración propia.

12. Análisis de Máximas Avenidas

Determinación de la avenida de diseño

De acuerdo a los resultados del modelamiento hidrológico mediante el uso del software Hec HMS, mediante el método del Hidrograma Unitario Sintético, desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS) de los Estados Unidos de Norteamérica, la cual utiliza datos de precipitación máxima de 24 horas. Se obtuvo un caudal de máxima avenida para un periodo de retorno de 50 años de 6,552 m³/s para la microcuenca Tuya y 0,729 m³/s para la microcuenca Mataragra, la cual se muestra en la siguiente tabla.

Se conoce que el sistema de riego del Centro Poblado de Yanas tiene una demanda de agua para riego de 1,055 MMC/año, y su disponibilidad hídrica es óptima según su análisis.

Tabla 44: Datos de Ingreso al HEC-HMS Microcuenca Q. Tuya

Lugar	Periodo Retorno (Años)	PP max 24 hr (mm)	Area (Km ²)	CN	S (mm)	Tc (hr)	SCS Lag (hr)
Mic. Tuya	1000	66.55	6.910	77	15.17	0.45	0.27
	500	62.83	6.910	77	15.17	0.45	0.27
	200	57.98	6.910	77	15.17	0.45	0.27
	100	54.37	6.910	77	15.17	0.45	0.27
	50	50.82	6.910	77	15.17	0.45	0.27
	25	47.29	6.910	77	15.17	0.45	0.27
	20	46.15	6.910	77	15.17	0.45	0.27
	10	42.59	6.910	77	15.17	0.45	0.27
	5	38.89	6.910	77	15.17	0.45	0.27
	2	33.32	6.910	77	15.17	0.45	0.27

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Datos de Ingreso al HEC-HMS Microcuenca Q, Auqui

Lugar	Periodo Retorno (Años)	PP max 24 hr (mm)	Area (Km ²)	CN	S (mm)	Tc (hr)	SCS Lag (hr)
Mic. Auqui	1000	77.45	2.336	77	15.17	0.21	0.12
	500	70.65	2.336	77	15.17	0.21	0.12
	200	62.55	2.336	77	15.17	0.21	0.12
	100	57.03	2.336	77	15.17	0.21	0.12
	50	51.99	2.336	77	15.17	0.21	0.12
	25	47.36	2.336	77	15.17	0.21	0.12
	20	45.95	2.336	77	15.17	0.21	0.12
	10	41.76	2.336	77	15.17	0.21	0.12
	5	37.80	2.336	77	15.17	0.21	0.12
	2	32.53	2.336	77	15.17	0.21	0.12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46: Datos de Ingreso al HEC-HMS Microcuenca Q, Mataragra

Lugar	Periodo	PP max	Area (Km ²)	CN	S (mm)	Tc (hr)	SCS Lag (hr)
	Retorno (Años)	24 hr (mm)					
Mic. Mataragra	1000	65.42	0.418	77	15.17	0.06	0.03
	500	61.77	0.418	77	15.17	0.06	0.03
	200	56.99	0.418	77	15.17	0.06	0.03
	100	53.45	0.418	77	15.17	0.06	0.03
	50	49.96	0.418	77	15.17	0.06	0.03
	25	46.49	0.418	77	15.17	0.06	0.03
	20	45.37	0.418	77	15.17	0.06	0.03
	10	41.87	0.418	77	15.17	0.06	0.03
	5	38.23	0.418	77	15.17	0.06	0.03
	2	32.75	0.418	77	15.17	0.06	0.03

Fuente: Elaboración propia.

Se muestran figuras tomadas del software HEC-HMS, correspondiente al modelo de cuenca para un periodo de retorno de 50 años.

Figura 30: Modelo de Cuenca Hec-HMS. Microcuenca Q. Tuya (Elaboración propia)

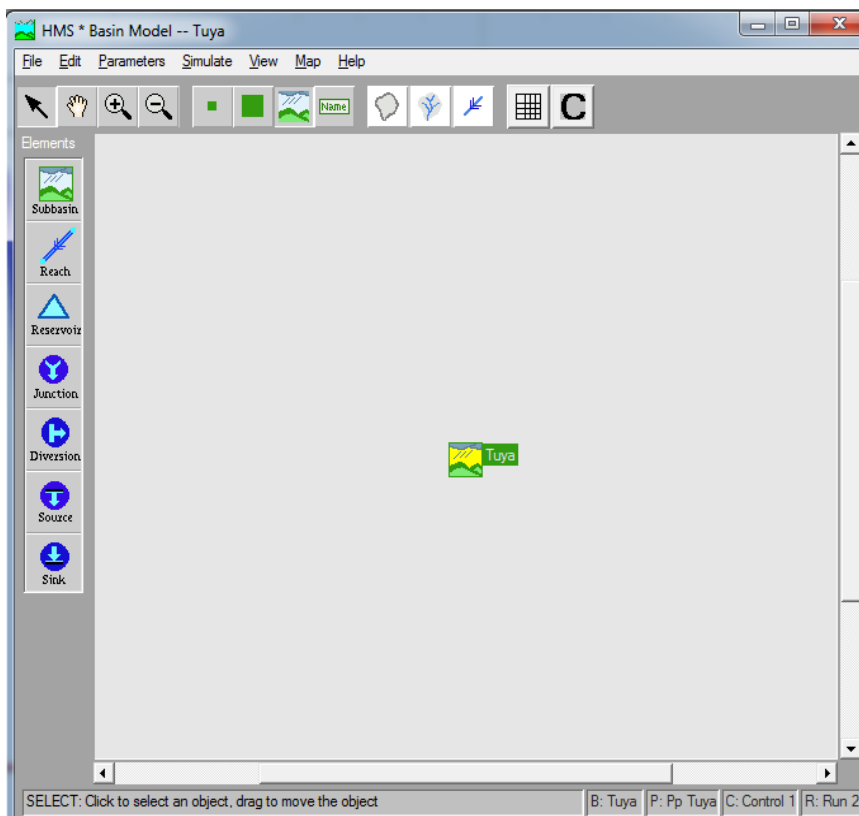


Figura 31: Gráfico Caudal Máximo Tr = 50 años. Microcuenca Q. Tuya (Elaboración propia)

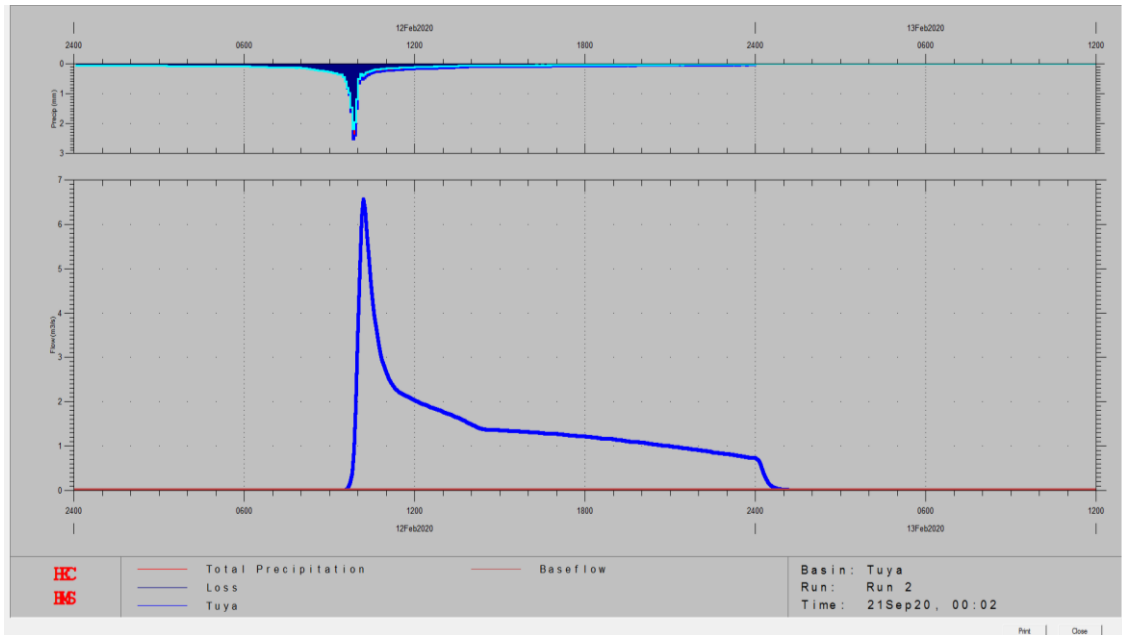


Figura 32: Resultados Caudal Máximo Tr = 50 años, Microcuenca Q. Tuya Q = 6.5524 m3/s (Elaboración propia)

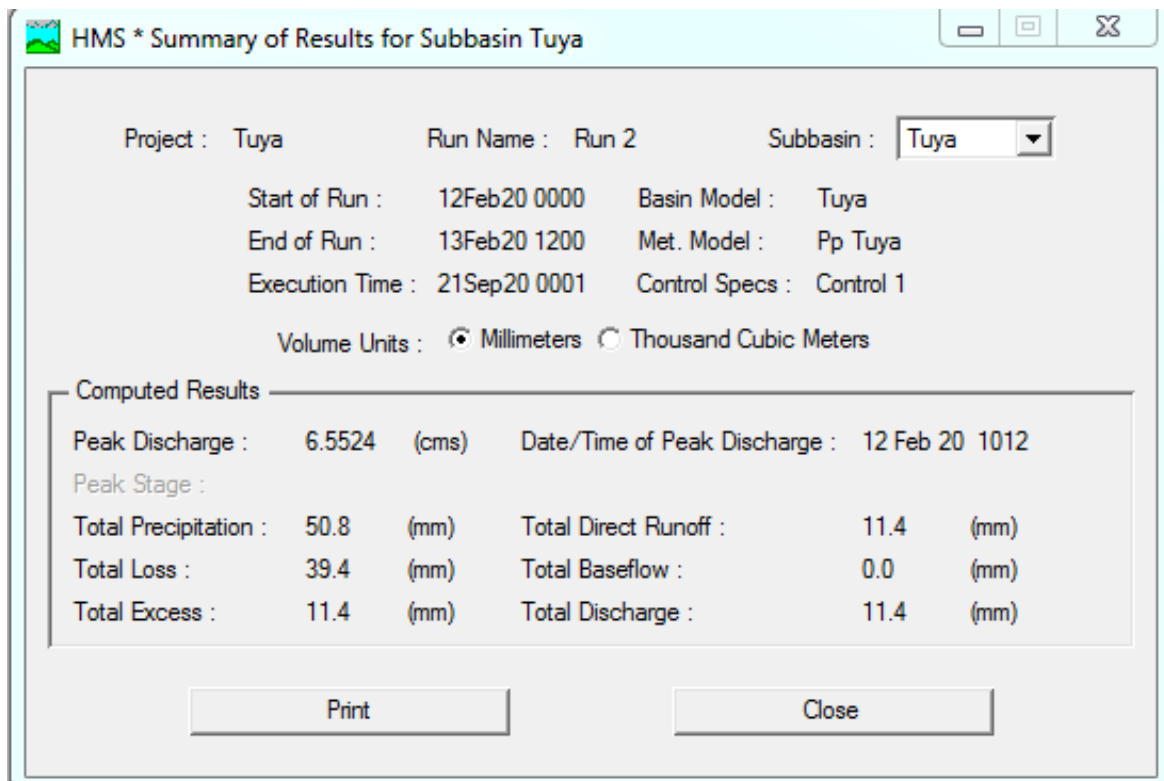


Figura 33: Modelo de Cuenca Hec-HMS. Microcuenca Q. Auqui (Elaboración propia)

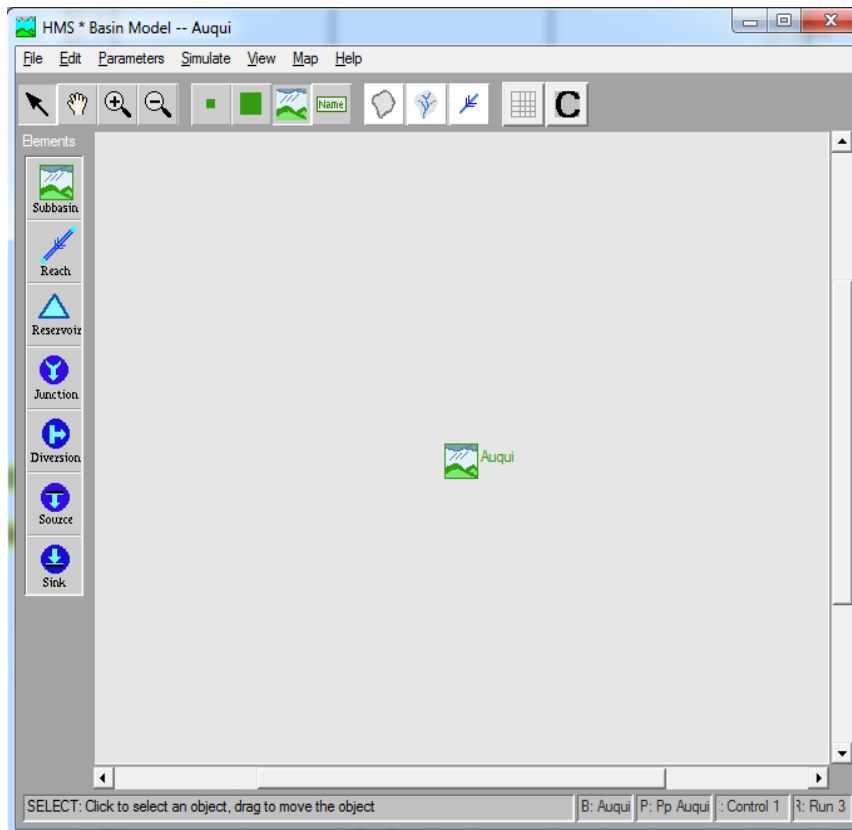


Figura 34: Gráfico Caudal Máximo Tr = 50 años. Microcuenca Q. Auqui (Elaboración propia)

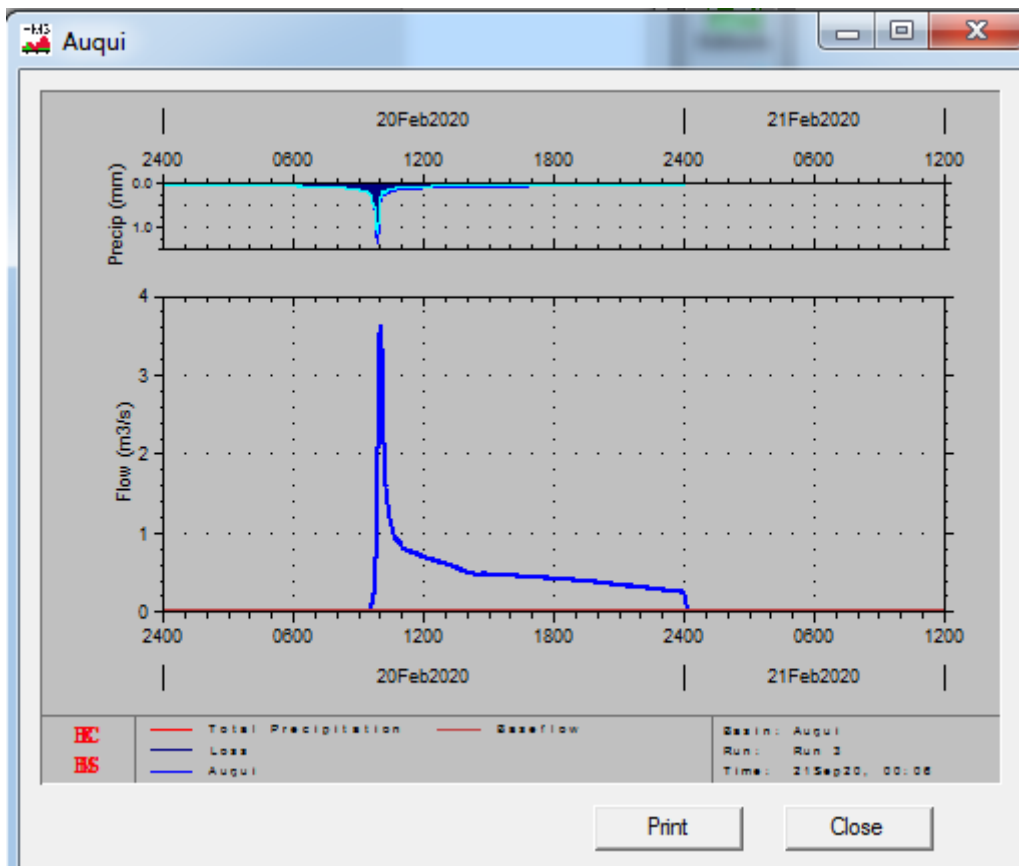


Figura 35: Resultados Caudal Máximo Tr = 50 años, Microcuenca Q. Auqui - Q = 3.6119 m3/s (Elaboración propia)

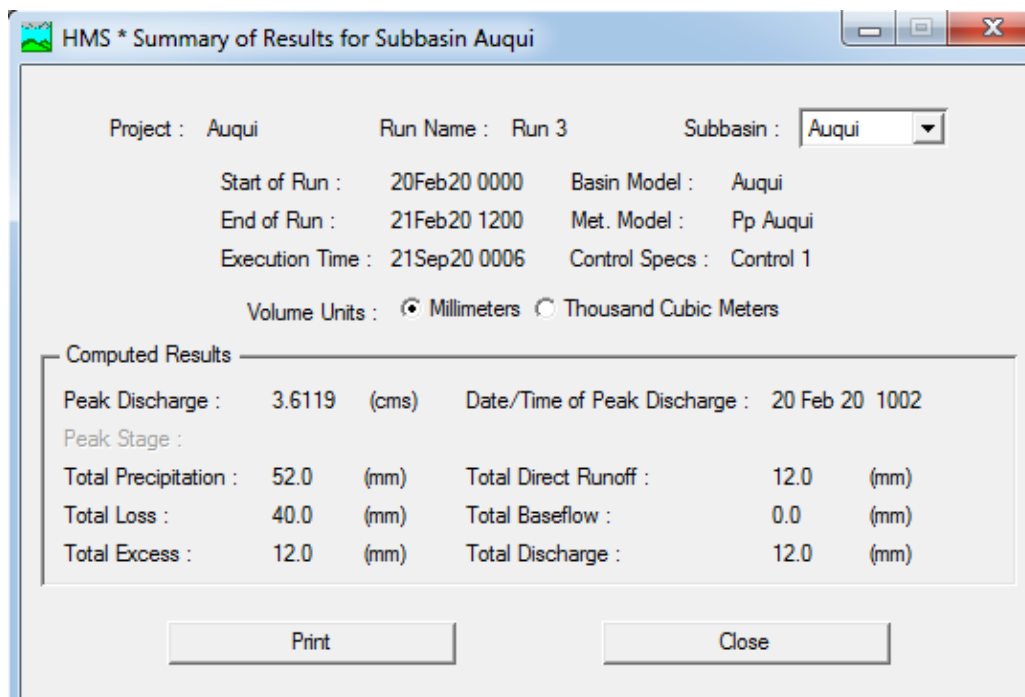


Figura 36: Modelo de Cuenca Hec-HMS. Microcuenca Q. Mataragra (Elaboración propia)

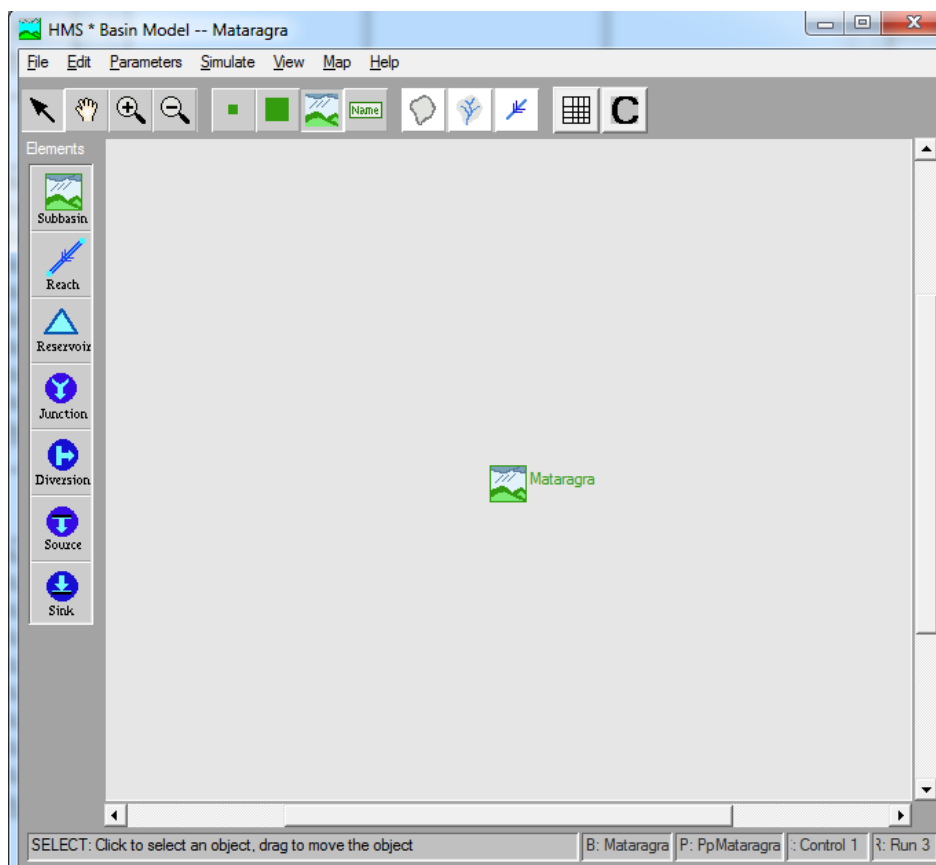


Figura 37: Gráfico Caudal Máximo Tr = 50 años. Microcuenca Q. Mataragra (Elaboración propia)

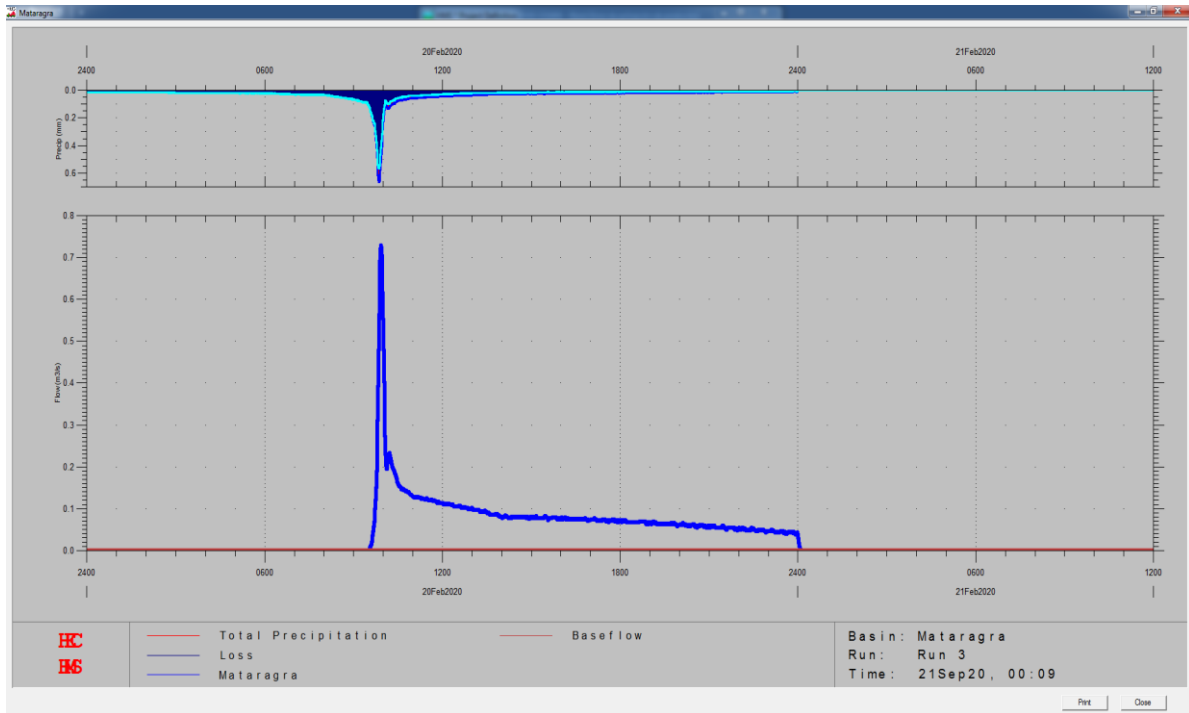


Figura 38: Resultados Caudal Máximo Tr = 50 años, Microcuenca Qbda Mataragra - $Q = 0.7287 \text{ m}^3/\text{s}$ (Elaboración propia)

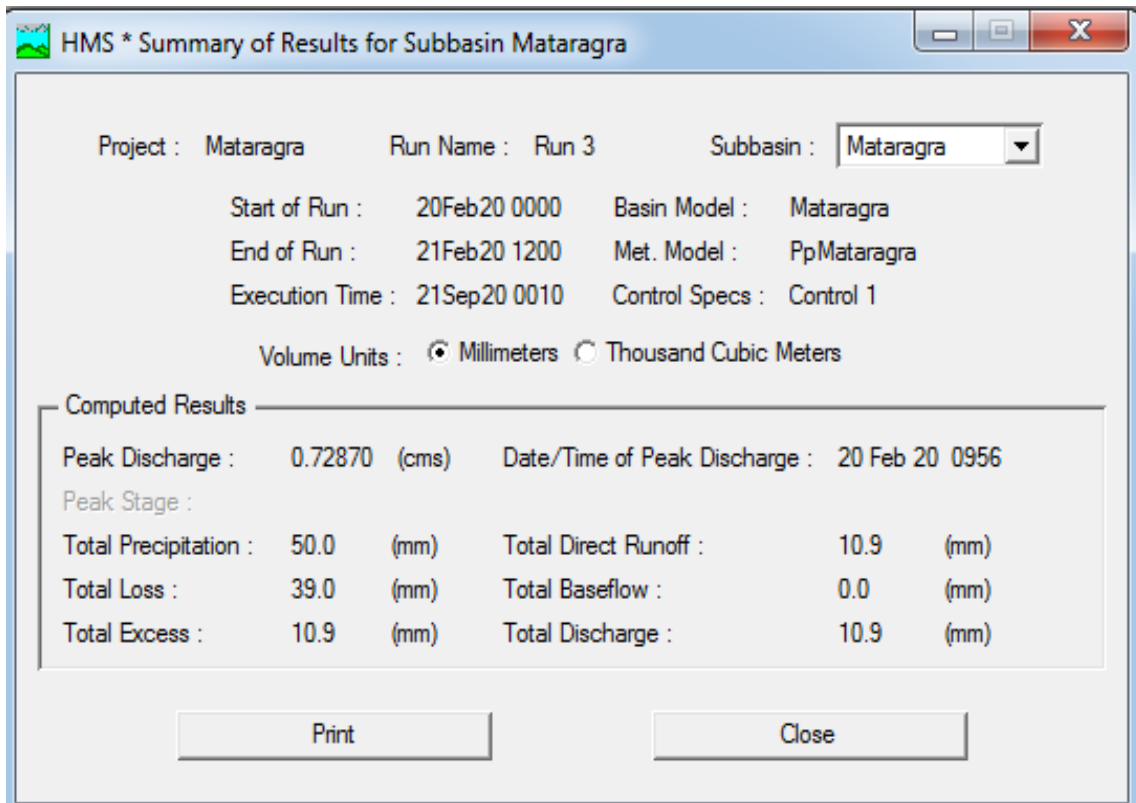


Tabla 47: Caudales Máximos para diferentes periodos de retorno

PERÍODOS DE RETORNO (años)	Caudales Máximos para diferentes Periodos de Retorno (m ³ /s)		
	Microcuenca Tuya	Microcuenca Mataragra	Microcuenca Auqui
1000	15.198	1.642	10.851
500	12.998	1.406	8.744
200	10.265	1.118	6.384
100	8.340	0.917	4.887
50	6.552	0.729	3.612
25	4.898	0.552	2.529
20	4.395	0.501	2.219
10	3.003	0.346	1.402
5	1.791	0.207	0.748
2	0.647	0.051	0.200

Fuente: Elaboración propia.

13. Planteamiento Hidráulico

Finalmente se tiene que la demanda de agua del sistema de riego del Centro Poblado de Yanas posee es de 1,055 MMC/año, la cual es cubierta en su totalidad por la oferta hídrica de las quebradas Tuya, Mataragra y Auqui.

En base a los resultados, se propondrá una infraestructura de captación y conducción que abarca los sectores Tuya y Mataragra, las cuales complementarán a los proyectos de preinversión que se vienen elaborando a la fecha para el Centro Poblado de Yanas.

En ese sentido se realizó el cálculo del caudal de máxima demanda para el mes noviembre, siendo este caudal de 102,22 l/s para 24 horas, cuya eficiencia de riego es al 44%.

La infraestructura hidráulica propuesta se diseñó para una máxima operación, en ese sentido, se diseñó una línea de conducción para un caudal máximo de 58 l/s desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 3+712.01.

Se precisa que los caudales aportados por las microcuencas son menores a la disponibilidad de agua, según la resolución emitida por la Autoridad Nacional del Agua.

De lo anterior se señala que las microcuencas podrán disponer de un caudal de 58 l/s y 5 l/s para las microcuencas Tuya y Mataragra respectivamente, las cuales se encuentran dentro de lo acreditado por la ANA, según Resolución Directoral N° 775-2016-ANA-AAA.M del 14 de junio del 2016, por lo que es viable su empleo en el diseño.

Tabla 48: Caudales disponibles de las microcuencas

Microcuenca	Q	Q
	disponible (Estudio) (l/s)	Acreditado AAA.M (l/s)
Tuya	58.00	65.00
Mataragra	5.00	20.00

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. INFORME DEL ESTUDIO GEOLÓGICO

Desarrollo del Proyecto de Investigación:

“Diseño de infraestructura hidráulica para el sistema de riego sectores Tuya - Mataragra, distrito de Huacchis - Ancash”

Año: **2022**

Lugar: **Centro Poblado de Yanas, distrito Huacchis, provincia, región Ancash**

En este reporte se muestran los resultados de los trabajos y ensayos realizados, así como de las principales características Geológicas, para el mejoramiento del canal de riego.

1. Objetivo

El objetivo general, es desarrollar los estudios Geológicos para el presente Trabajo de investigación.

Objetivos Específicos

- Identificar las condiciones Geológicas del terreno donde se proyectará la captación y conducción de los sectores Tuya-Mataragra.
- Identificar las principales unidades litoestratigráficas.
- Definir las estructuras y materiales a utilizarse, así como identificar la relación entre la estructura propuesta y las condiciones Geológicas de la zona de estudio.

2. Metodología

Fase de recopilación de información

Se realizó la recopilación y estudio de la información Geológica existente de la zona de estudio, así como planos de proyectos (información secundaria).

Fase de Campo

Se desarrolló trabajos en la zona de proyección del canal de conducción, con la finalidad de obtener datos de primera mano relacionadas a la Geología local.

Fase de Gabinete

Se realizó la georreferenciación de las calicatas en el plano, así como la elaboración del

informe final que reúne los resultados de las investigaciones geológicas, enfocadas en la cimentación del canal y captación proyectados.

Equipos Herramientas

- GPS (Garmin).
- Planos Geológicos a escala.
- Brújula (Bruntón)
- Picota
- Wincha

3. Geología Local

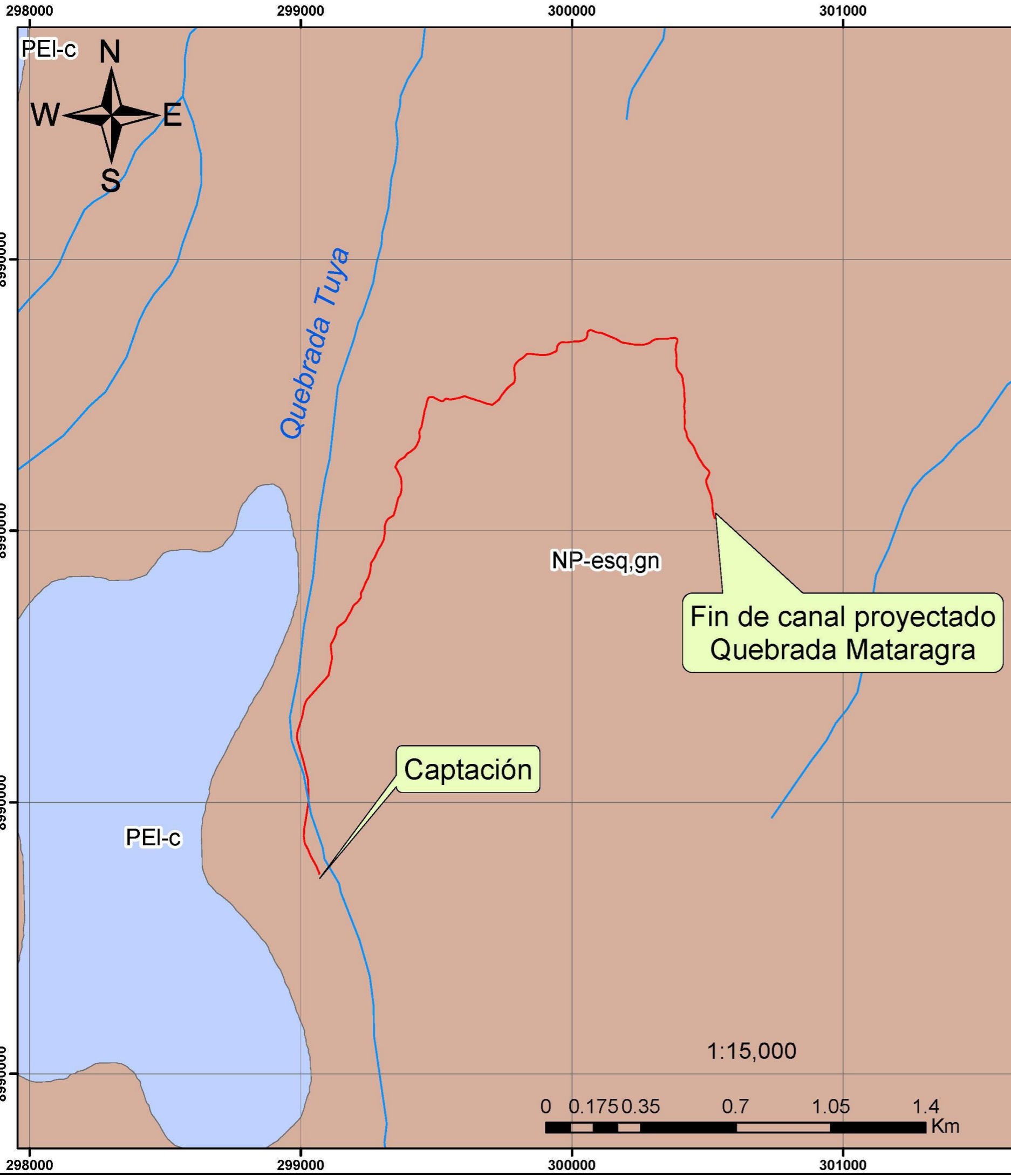
3.1. Geomorfología

En el tramo del canal existente se puede observar que la topografía de su relieve es de carácter moderado, cuyas formas son integradas por colinas y cerros cuyas pendientes son moderadas que descienden conforme disminuye la altitud.

3.2. Litología y Estratigrafía

Con relación a su litología y estratigrafía se identificó Unidades Geológicas como la Neoproterozoica – esquisto, gneis (NP-esq,gn) que son afloramientos de rocas metamórficas y también se identificó la presencia de la Unidad Geológica Permiano Lopingiana – Continental (PEI-c) cuyas características son de acumulaciones y depósitos de material que se generan por acción de la gravedad y movimiento del agua.





A continuación, se muestra el Mapa de Unidades Geológicas para la zona de estudio sectores Tuya – Mataragra, donde se verifican las Unidades Geológicas. Para su elaboración se utilizó el Mapa Geológico del Perú (INGEMMET 2016).




MAPA DE UBICACIÓN



LEYENDA

-  Quebradas
-  Canal existente
- Unidades Geológicas**
-  NP-esq.gn: Neoproterozoica - esquisto, gneis
-  PEI-c: Permiano lopingiana - continental

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		TESIS: "DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE RIEGO SECTORES TUYA - MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS, ANCASH"	
		PLANO: MAPA DE UNIDADES GEOLÓGICAS - SECTORES TUYA - MATARAGRA	
PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov: Huari	CÓDIGO: GEO	LAMINA: GEO-01
ZONA: 18 SUR	Reg. Ancash	ESCALA: 1:15 000	
TESISISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCACUZCO	FECHA: Abril de 2022	REVISADO:	

1:15,000



3.3. Geología estructural

Con respecto a su geología estructural, no se identificó la existencia de un tectonismo que pueda afectar directamente a la zona donde se realizarán los diseños.

3.4. Geodinámica Externa

En cuanto a su geodinámica externa, en la zona del canal existente no se registró procesos de emplazamiento que pueda afectar la estructura del canal.

4. Aspecto Sísmico

El Perú es una de las regiones con una alta tasa de actividad sísmica, ello se debe al proceso de encuentro entre la placa de Nazca y la placa Continental Sudamericana siendo los causantes de estos procesos orogénicos.

4.1. Zonificación sísmica

De acuerdo a la normativa peruana de estructuras “Norma E-030 Diseño Sismoresistente”, la zona de estudio se ubica en la zona 2, la cual indica que puede presentar una aceleración máxima de su territorio, cuyo porcentaje de ocurrencia es un 10% de ser superada dentro de 50 años con un factor de zona $Z=0,25$.

Dicha norma pertenece al Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada mediante Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, y modificatorias. Siendo el territorio peruano dividido en cuatro zonas, las cuales se basan en la sismicidad observada, las características de los movimientos sísmicos, distancia al epicentro, así como su Neotectónica; la zonificación del territorio nacional es la siguiente:

Tabla 1: Zonificación sísmica del Perú

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Decreto Supremo que modifica la norma técnica E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”

Para el diseño estructural se debe considerar las acciones de sismicidad las cuales dependen de la zona sísmica (Z), de su perfil del suelo (S, TP, TL), del uso de la edificación

(U), del sistema sismo resistente (R), de las características dinámicas de la edificación (T, C) y de su peso (P).

El factor Z es la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en un periodo de 50 años; en el presente estudio se determinó que el factor Z= 0,25.

La Fuerza Cortante en la Base de la estructura, se determina con la expresión:

$$V = \frac{Z*U*C*S}{R} * P$$

Donde:

Z = 0.25 (Factor de Zona)

U = 1.0 (Categoría de la Edificación – C Edificaciones comunes)

C = 2.5 (Factor de Ampliación Sísmica)

S = 1.20 (Factor del Suelo – Perfil Tipo S2 – suelos intermedios)

Tabla 2: Valores típicos para tipos de perfiles de suelo

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	Vs	N ₆₀	S _u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100 kPa
S₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: D.S. que modifica la norma técnica E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE"

Se debe elegir el tipo de perfil óptimo que describa de manera acertada las condiciones locales, se utilizó valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos T_p y T_L.

Tabla 3: Factor de suelo "S"

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA\SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: D.S. que modifica la norma técnica E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE"

R = 6 (Sistemas Estructurales, coeficiente de reducción de la fuerza sísmica).

Reemplazando tenemos:

$$V = \frac{0.25 * 1.0 * 2.5 * 1.20}{6} P$$

$$V = 0,13 P$$

Finalmente se establece el parámetro de diseño, para una intensidad de VI a VII grados en la escala de Mercalli, con un rango de aceleración máxima de $Z = 0.25$ un rango de aceleración efectiva de $V = 0.13 P$.

3.4. Tipo de suelo y periodo predominante

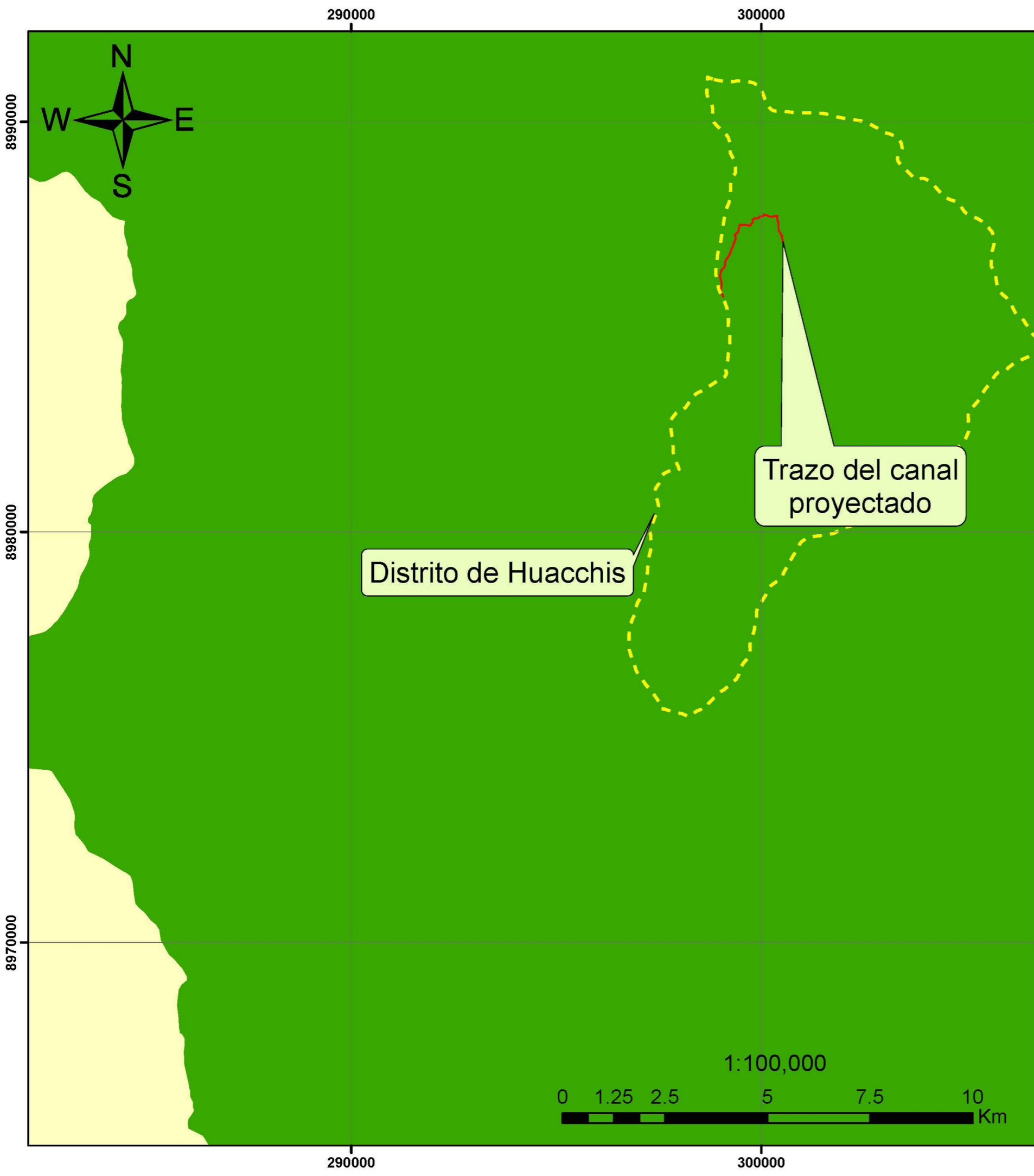
De acuerdo a las Normas de Diseño Sismo Resistente mencionado anteriormente, se determinó que el suelo de cimentación pertenece a suelos intermedios de tipo S₂, con un periodo predominante TP(s) = 0.6 y factor de amplificación del suelo TL(s)=2.0 tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 4: Parámetros de sitio

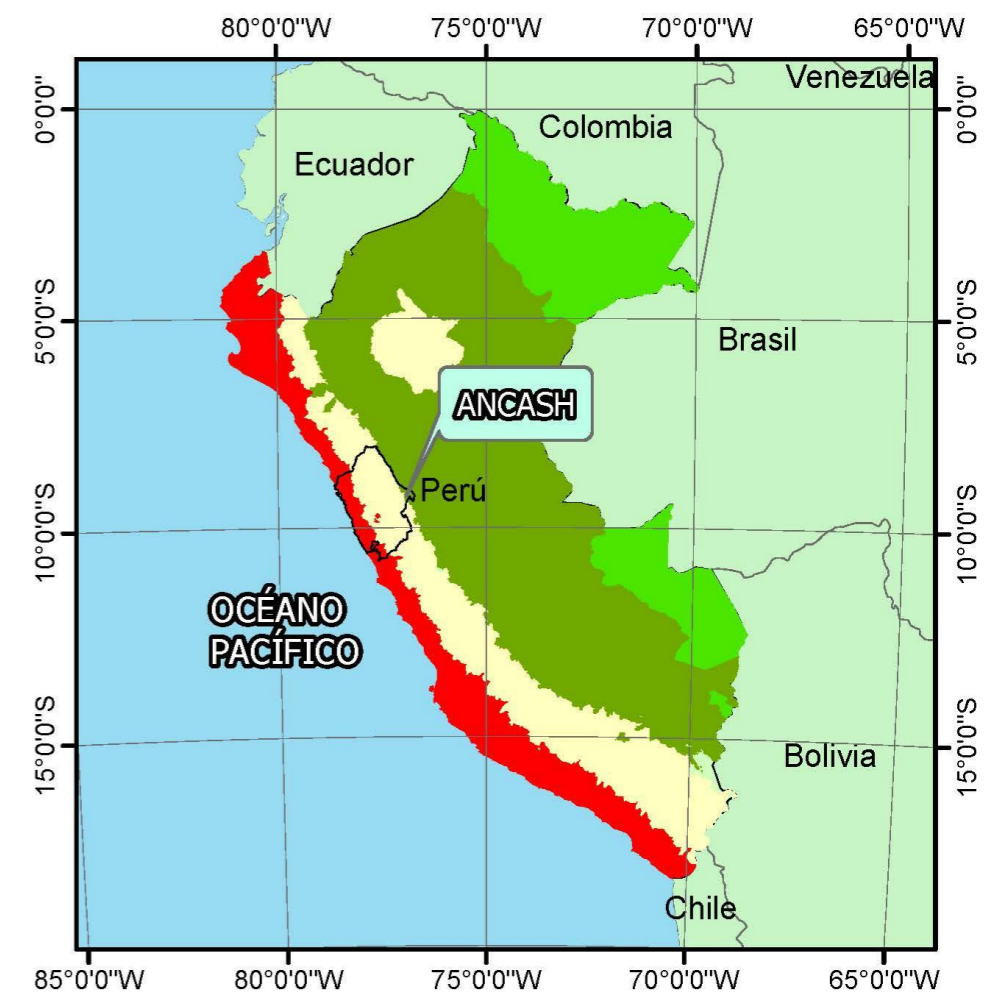
PERIODOS "Tp" y "Tl"				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
TP (S)	0,3	0,4	0,6	1,0
TL (S)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: D.S. que modifica la norma técnica E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE"

A continuación, se muestra un plano de las zonas sísmicas para el área de estudio, donde se verifica que el trabajo de investigación se desarrolla en una Zona tipo 2. Esta zona abarca a todo el distrito de Huacchis. Para su elaboración se utilizó el Mapa de Zonas Sísmicas del Perú, proporcionado por el Ministerio de Viviendas.



ZONAS SÍSMICAS DEL PERÚ



LEYENDA

- Distrito Huacchis
- Canal existente

ZONAS SÍSMICAS

- Zona 3
- Zona 2

<p>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>		<p>TESIS: "DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE RIEGO SECTORES TUYA - MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS, ANCASH"</p>	
<p>PLANO: MAPA DE ZONAS SÍSMICAS - SECTORES TUYA - MATARAGRA</p>			
<p>PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84</p>	<p>LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov. Huari Reg. Ancash</p>	<p>CÓDIGO: SIS</p>	<p>LAMINA: SIS-01</p>
<p>ZONA: 18 SUR</p>	<p>TESISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCACUZCO</p>	<p>ESCALA: 1:100 000</p>	
<p>FECHA: Abril de 2022</p>		<p>REVISADO:</p>	

Anexo 6. INFORME DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

Desarrollo del Proyecto de Investigación – Año 2022

“Diseño de infraestructura hidráulica para el sistema de riego sectores Tuya - Mataragra, distrito de Huacchis - Ancash”

Lugar: **Centro Poblado de Yanas, distrito Huacchis, provincia, región Ancash**

En este reporte se muestran los resultados de los trabajos y ensayos realizados, así como de las principales características Geotécnicas, para el presente Trabajo de Investigación.

1. Objetivo

Realizar estudios Geotécnicos para el presente Trabajo de Investigación, el mismo que servirá de base diseño de las obras hidráulicas.

1.1. Objetivos Específicos

- Evaluar las condiciones Geotécnicas del terreno que corresponde al sistema de captación y conducción sectores Tuya-Mataragra.
- Recomendar alternativas para los tipos de estructuras, así como los materiales a emplearse en el diseño de la infraestructura propuesta.
- Definir las variables Geotécnicas adicionales para el sistema de riego sectores Tuya – Mataragra.

2. Metodología

Fase de recopilación de información

Se realizó la recopilación y estudio de la información Geotécnica existente de la zona de estudio, así como planos de proyectos (información secundaria).

Fase de Campo

Son trabajos desarrollados en el área del canal de riego existente y proyectado, referentes a su geotecnia.

La profundidad de excavación de las “calicatas” en el área de estudio fue de 1 a 2 metros, cuyo propósito es determinar la estratigrafía del lugar.

3. Calicatas

Se realizó 03 calicatas en el área de estudio, cuyos ensayos de campo a las cuales fueron sometidas se resumen a continuación:

- **Muestreo de suelos en “calicatas” excavadas (Norma ASTM D 420):**

Se tomó muestras de los estratos que contemplan el suelo de cimentación, las cuales se rigen de acuerdo a las recomendaciones de la norma E.050. En las tres calicatas se han extraído muestras alteradas en bloques “Mab”.

Fase de Gabinete

Se realizó la georreferenciación de ubicación las calicatas en el plano, cuyo mapa se muestra más adelante. Además, en este apartado se encuentran los ensayos de laboratorio que involucra el análisis de mecánica de suelos y rocas, ello, con la finalidad de detallar las características físicas y geomecánicas del suelo en estudio enfocados en la cimentación. Se realizaron los siguientes ensayos:

Para Suelos se realizó ensayos estándar como:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D 422
- Límite líquido y Límite plástico ASTM D 4318
- Clasificación SUCS ASTM D 2487
- Contenido de humedad ASTM D 2216
- Corte directo ASTM D 3080

En laboratorio para materiales de construcción:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D 422
- Clasificación SUCS ASTM D 2487
- Contenido de humedad ASTM D 2216

Dichos ensayos de laboratorio fueron realizados en el Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina, en la Facultad de Ingeniería Agrícola.

Equipos y Herramientas

- GPS (Garmin).
- Planos Geológicos a escala.

- Picota
- Wincha

4. Geotecnia

La función de las calicatas es brindar información y muestras de carácter representativo del suelo a estudiar, las cuales serán analizadas en laboratorio para determinar las características tanto físicas como mecánicas del suelo. Los resultados fueron plasmados cuadros resumen, las cuales contienen los resultados de los análisis citados en el numeral anterior.

Exploración a cielo abierto de las calicatas

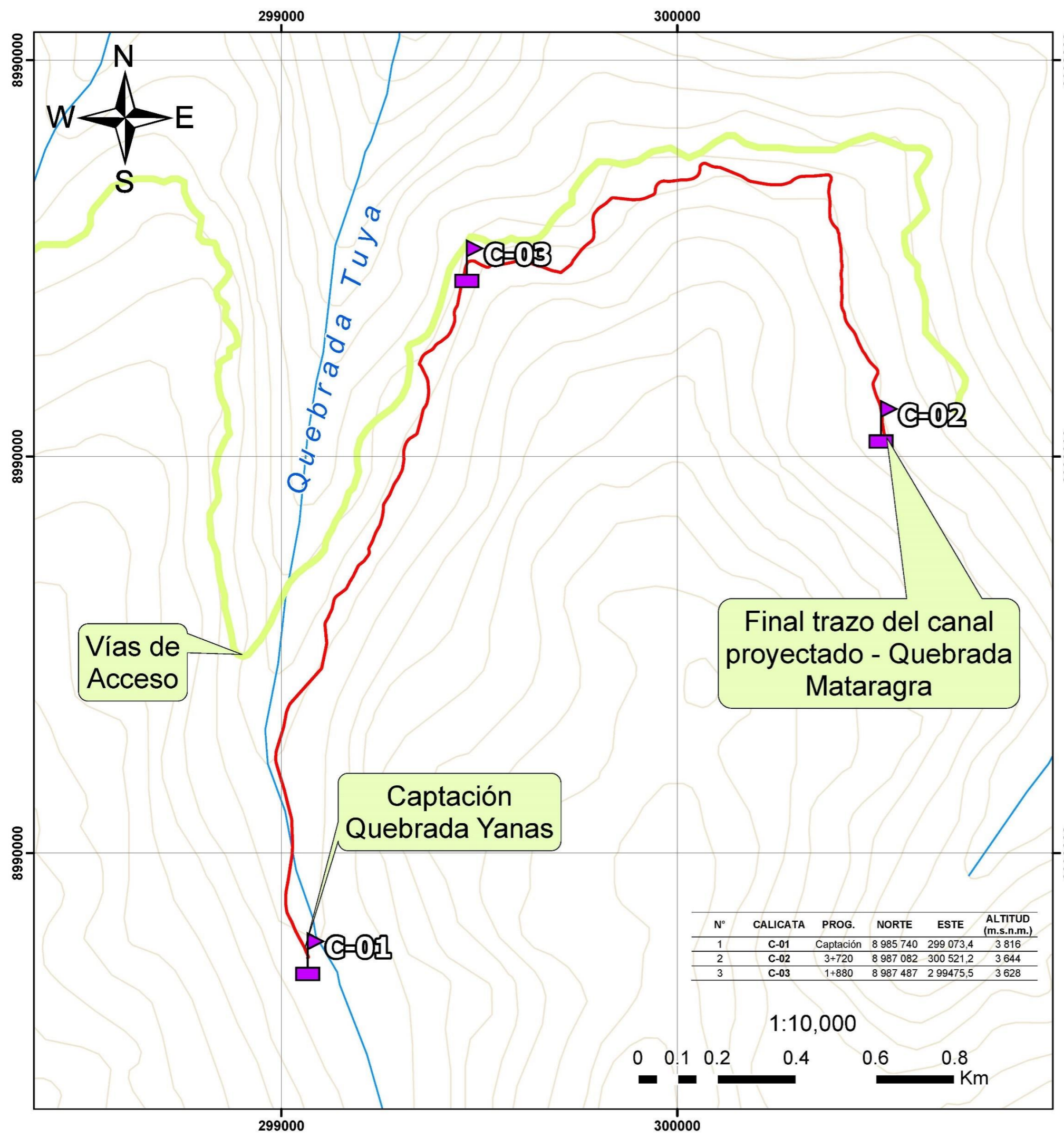
Conocido también como una exploración directa, cuyo fin es determinar las características físicas y mecánicas del suelo para la cimentación. En ese sentido se la apertura de 03 calicatas, siendo dos para el canal de conducción y otro para la zona de captación (quebrada Tuya). Las profundidades son de 1a 2 metros y se precisa que no se interceptó al nivel freático.

Tabla 1: *Ubicación de las calicatas*

N°	CALICATA	PROG.	NORTE	ESTE	ALTITUD (m.s.n.m.)
1	C-01	Captación	8 985 740	299 073,4	3 816
2	C-02	3+720	8 987 082	300 521,2	3 644
3	C-03	1+880	8 987 487	2 99475,5	3 628

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra un mapa con la ubicación de las calicatas C-01, C-02 y C-03.

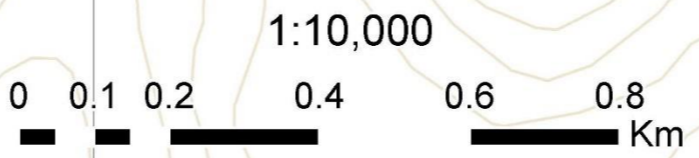


Vías de Acceso

Captación Quebrada Yanas

Final trazo del canal proyectado - Quebrada Mataragra






N°	CALICATA	PROG.	NORTE	ESTE	ALTITUD (m.s.n.m.)
1	C-01	Captación	8 985 740	299 073,4	3 816
2	C-02	3+720	8 987 082	300 521,2	3 644
3	C-03	1+880	8 987 487	2 99475,5	3 628



MAPA DEL PERÚ



LEYENDA

-  Calicatas
-  Carretera (trocha)
-  Canal de Conducción
-  Quebradas
-  Curvas de Nivel



UCV
UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
"DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA
HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE
RIEGO SECTORES TUYA -
MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS,
ANCASH"

PLANÓ: CALICATAS - SECTORES TUYA - MATARAGRA

PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov: Huari	CÓDIGO: CAL	LAMINA: CAL-01
ZONA: 18 SUR	Reg. Ancash	ESCALA: 1:10 000	
TESISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCACUZCO	FECHA: Abril de 2022	REVISADO:	

Perfil Estratigráfico

En base a las normas definidas por la ASTM con designación D-2488, se ha caracterizado al perfil estratigráfico, para ello, se utilizó la terminología sugerida por la designación D-653, así como también se realizó la obtención de muestras aplicando lo recomendado en la Norma ASTM D-420.

CALICATA C-1:

En la calicata C-01 se encontró en la profundidad de los 0,00 m a los 0,50 m un estrato conformado por materia orgánica de color marrón, con presencia de raíces. En la profundidad de 0,40 m a 1,50 m se encontró grava bien gradada (grava 51%, arena 46% y finos 3%), con un contenido de humedad de 9,14 y con ausencia de agua (nivel freático).

INFORME DOT.C - LMS - 059/2022

SOLICITANTE : ING. JOSÉ MEJÍA MARCACUZCO

PROYECTO : DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE RIEGO
: SECTORES TUYA - MATARAGRA, DISTRITO HUACCHIS - ANCASH

UBICACIÓN : C.P. YANAS, DISTRITO HUACHIS, PROVINCIA HUARI, DEPARTAMENTO ANCASH

CALICATA : C-01

PROFUNDIDAD : 2.00m

FECHA : La Molina , 16 de Setiembre de 2020 **Téc.Resp.:** FMQ



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Especimén	:	A	B	C
Lado (cm)	:	6.00	6.00	6.00
Altura (cm)	:	2.544	2.544	2.544
Densidad Seca (gr/cm³)	:	1.750	1.750	1.750
Humedad Inicial (%)	:	9.14	9.14	9.14
Esfuerzo Normal (kg/cm²)	:	0.50	1.00	2.00

Deformación Unitaria		Esfuerzo Cortante		
(E - %)		(kg/cm²)		
0.5		0.12	0.15	0.15
1.0		0.16	0.27	0.30
2.0		0.24	0.39	0.69
3.0		0.26	0.51	0.84
4.0		0.27	0.58	0.94
5.0		0.28	0.59	1.00
6.0		0.28	0.61	1.02
7.0		0.28	0.61	1.06
8.0		0.28	0.61	1.10
9.0		0.28	0.61	1.12
10.0		0.28	0.61	1.12
11.0		0.28	0.61	1.12
13.0		0.28	0.61	1.12
15.0		0.28	0.61	1.12

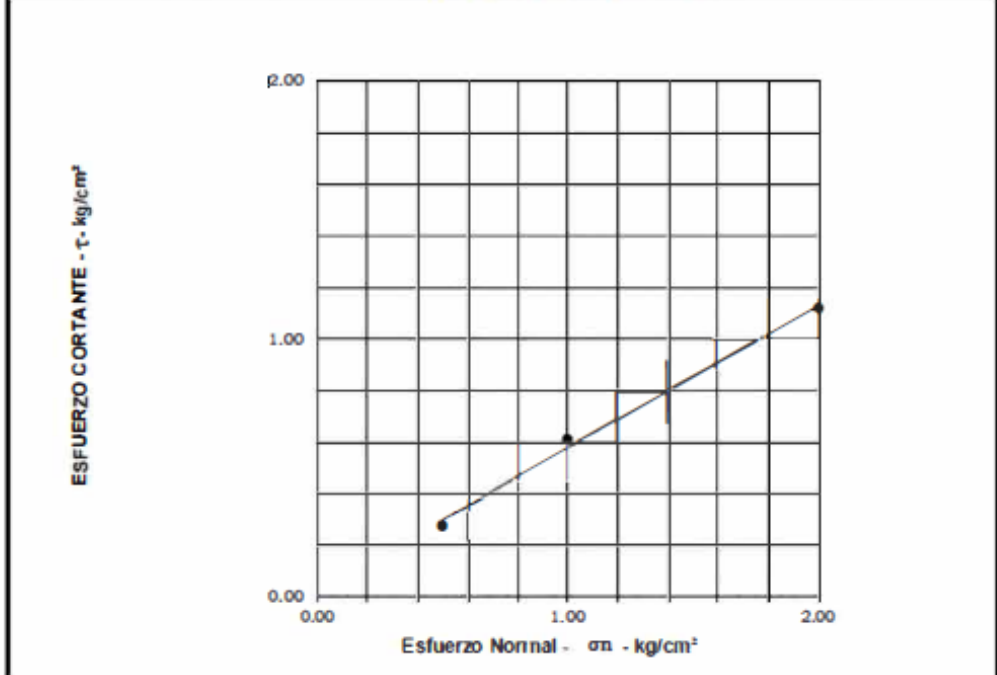
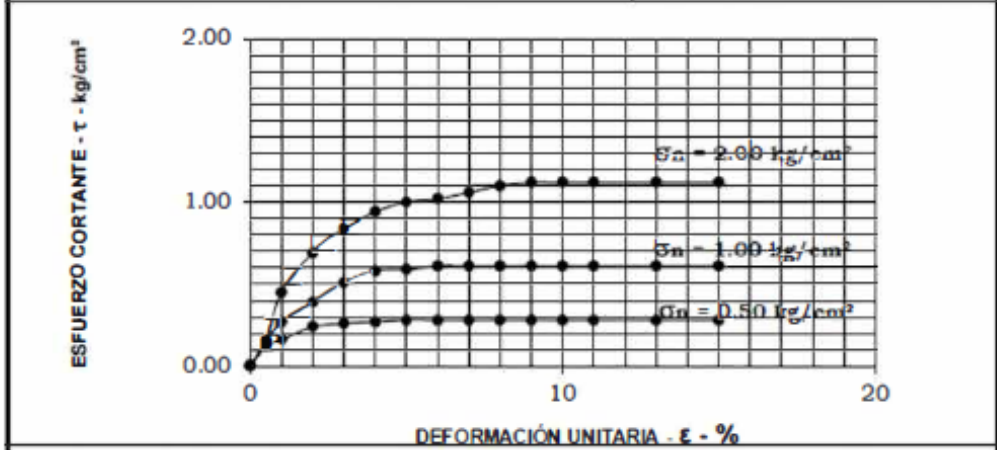
Ángulo de Fricción Interna del Suelo (°) 30.75
Cohesión Aparente del Suelo (kg/cm²) 0.00

INFORME DOT.C - LMS - 059/2022
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D - 3080

SOLICITANTE :	ING. JOSÉ MEJÍA MARCACUZCO		
PROYECTO :	DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE RIEGO SECTORES TUYA - MATARAGRA, DISTRITO HUACCHIS - ANCASH*		
UBICACIÓN :	C.P. YANAS, DISTRITO HUACHIS, PROVINCIA HUARI, DEPARTAMENTO ANCASH	Téc. Resp.:	FMQ
CALICATA :	C - 01	Fecha:	
MUESTRA :	ALTERADO	PROFUNDIDAD	2.00m
			16-05-22



Ángulo de fricción interna del suelo	:	30.75 °
Cohesión Aparente del suelo	:	0.00 kg/cm ²
Densidad Seca Promedio ($\gamma_d < N^{\circ} 4$)	:	1.75 gr/cm ³
Humedad Natural (%)	:	9.14 %



Observación : Densidad proporcionado por solicitante

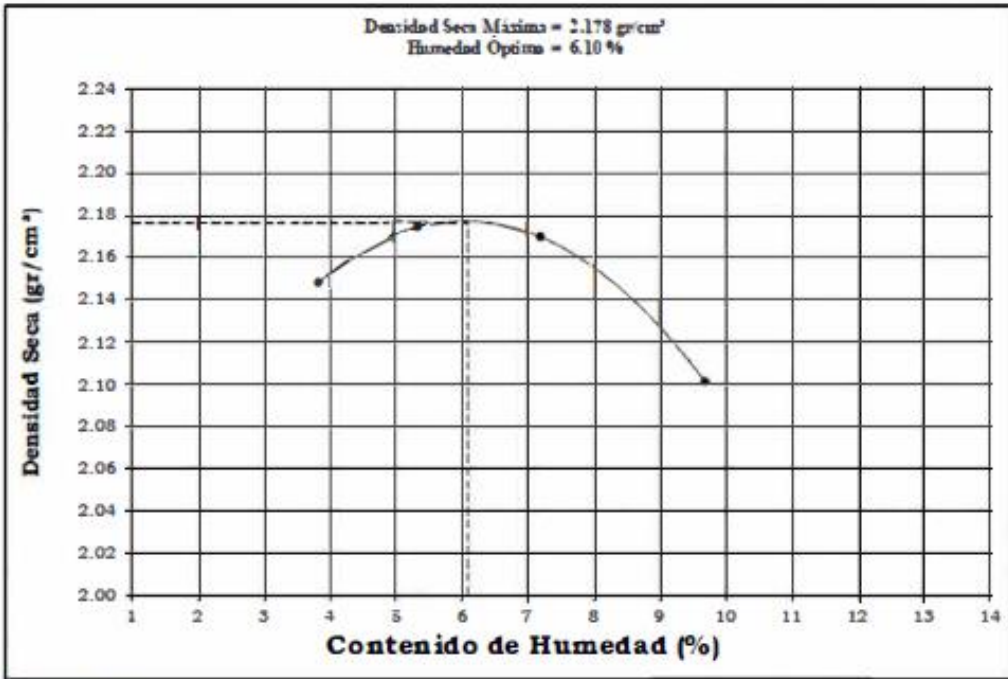
Fuente: Reporte de análisis de laboratorio (UNALM, 2022)

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 METODO "C"

SOLICITANTE : CONSORCIO HUARI
 PROYECTO : "DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE RIEGO SECTORES TUYA - MATARAGRA, DISTRITO HUACCHIS - ANCASH"
 UBICACIÓN : C.P. YANAS, DISTRITO HUACCHIS, PROVINCIA HUARI, DEPARTAMENTO DE ANCASH
 CALICATA : C - 01
 PROFUNDIDAD : 1.50m
 FECHA : 16 de Mayo de 2022 Téc. Resp.: FMQ



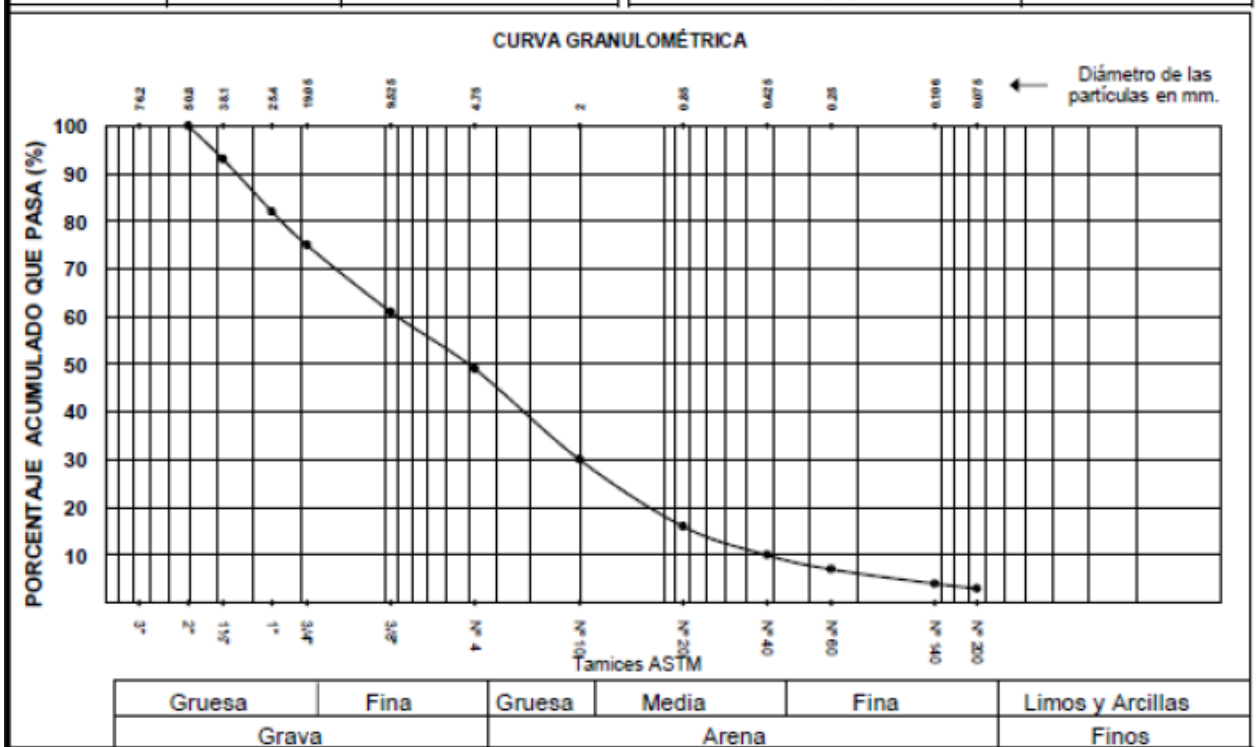
PROCTOR MODIFICADO - MTC E-115 - 2000 "C"					
Nº Capa		5	5	5	5
Golpes por capa Nº		56	56	56	56
Peso molde + suelo húmedo	(gr)	11178	11305	11380	11335
Peso de molde	(gr)	6440	6440	6440	6440
Peso del suelo húmedo	(gr)	4738	4865	4940	4895
Volumen del molde	(cm ³)	2124	2124	2124	2124
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.231	2.290	2.326	2.305
Densidad seca	(gr/cm ³)	2.15	2.17	2.17	2.10
Tarro Nº					
Tarro + Suelo húmedo	(gr)	205.3	226.5	248.3	312.5
Tarro + Suelo seco	(gr)	198.3	216.0	232.9	290.5
Peso del Agua	(gr)	7.00	10.54	15.38	22.03
Peso del tarro	(gr)	16.54	19.05	19.05	63.16
Peso del suelo seco	(gr)	181.7	196.9	213.9	227.3
Humedad	(%)	3.85	5.35	7.19	9.69



OBSERVACIONES :

Fuente: Reporte de análisis de laboratorio (UNALM, 2022)

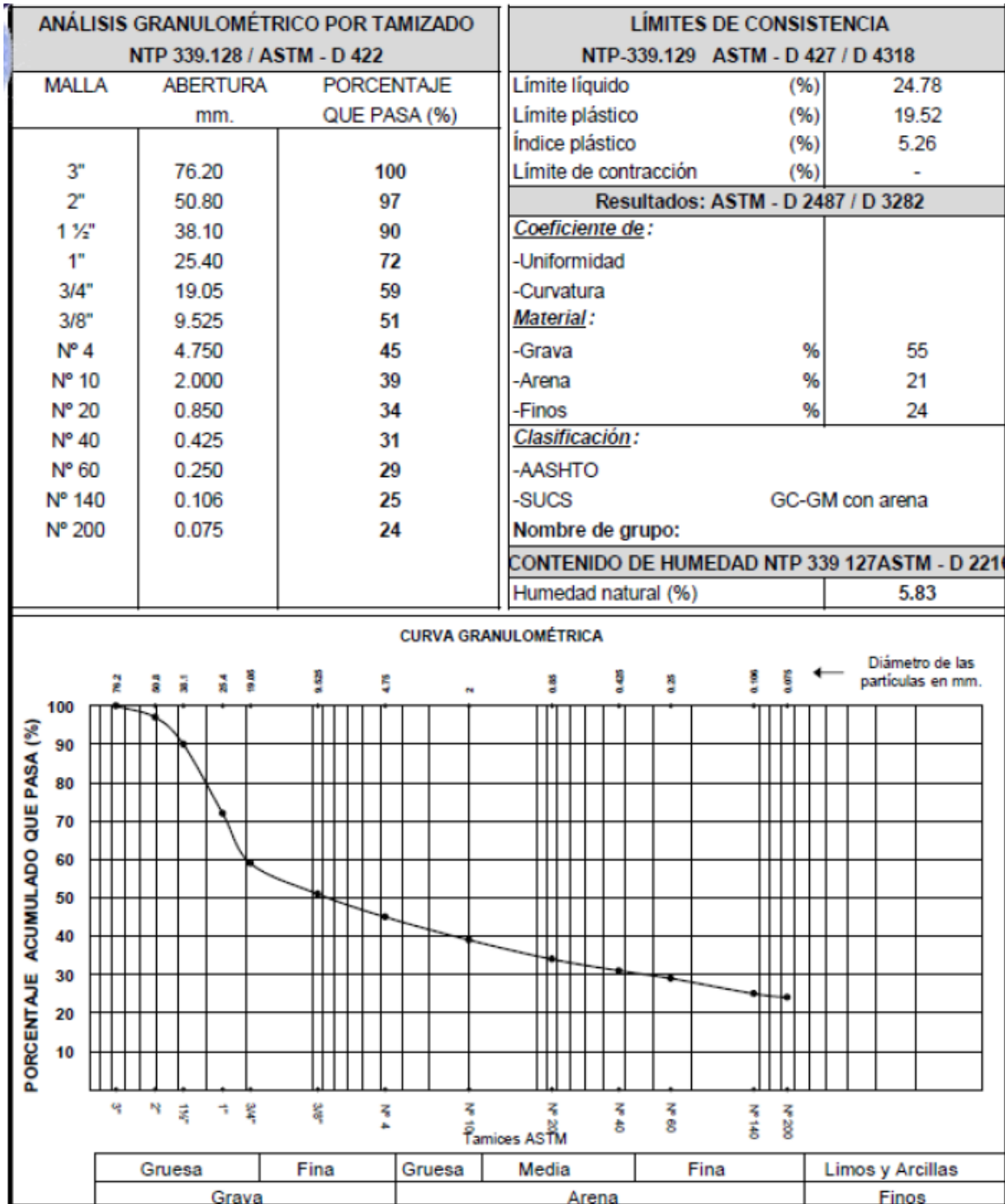
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LÍMITES DE CONSISTENCIA NTP-339.129 ASTM - D 427 / D 4318		
MALLA	ABERTURA mm.	PORCENTAJE QUE PASA (%)	Límite líquido (%)	NT	
3"	76.20	100	Límite plástico (%)	NP	
2"	50.80		Índice plástico (%)	-	
1 ½"	38.10		Límite de contracción (%)	-	
1"	25.40		Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282		
¾"	19.05		<u>Coefficiente de:</u>		
3/8"	9.525		-Uniformidad	21.41	
Nº 4	4.750		-Curvatura	2.66	
Nº 10	2.000		<u>Material:</u>		
Nº 20	0.850		-Grava %	51	
Nº 40	0.425		-Arena %	46	
Nº 60	0.250		-Finos %	3	
Nº 140	0.106		<u>Clasificación:</u>		
Nº 200	0.075		-AASHTO		
			-SUCS	GW con arena	
			Nombre de grupo:		
CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339 127ASTM - D 2216					
			Humedad natural (%)	9.14	



Fuente: Reporte de análisis de laboratorio (UNALM, 2022)

CALICATA C-2:

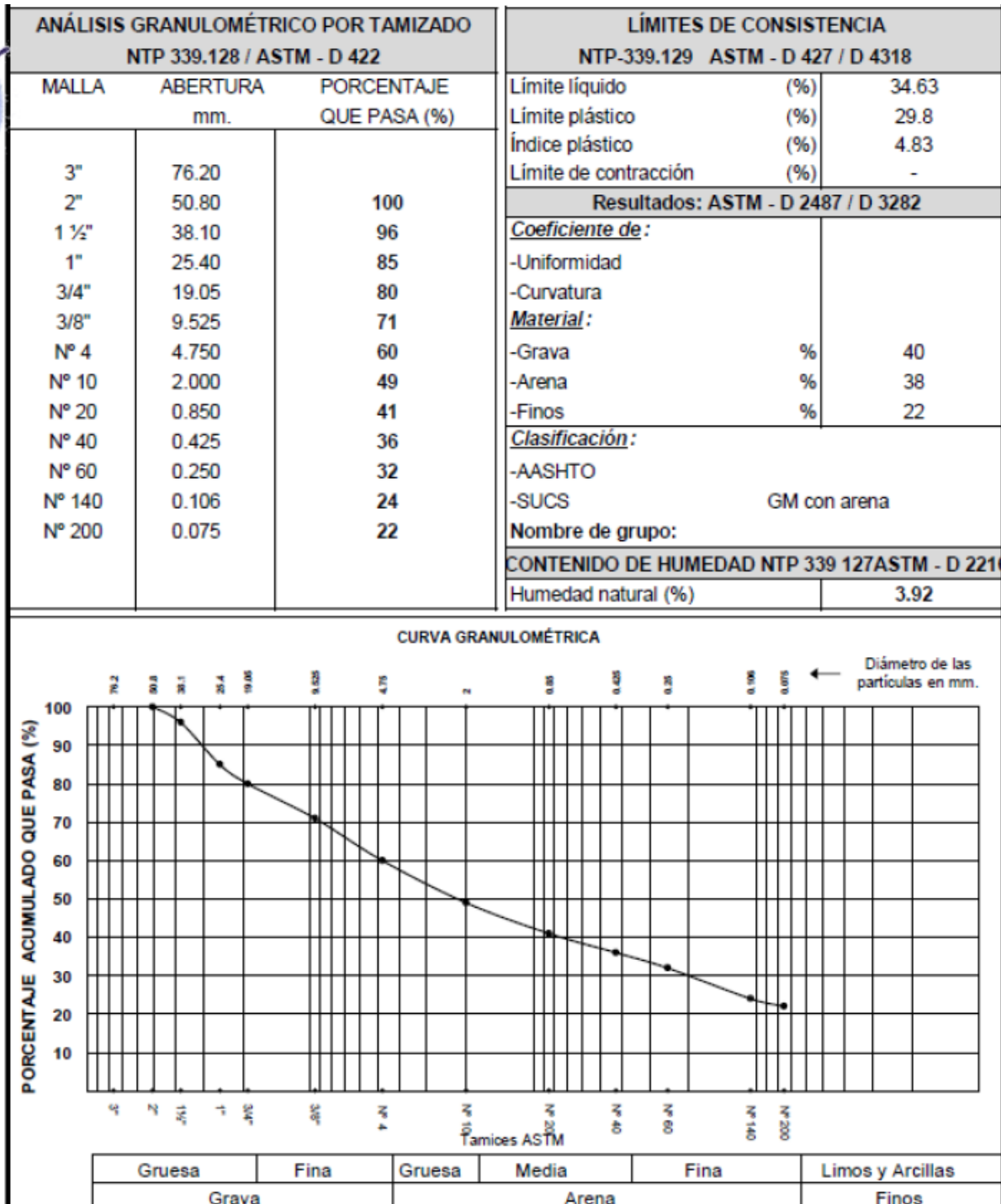
En la calicata C-02 se encontró en la profundidad de 0,00 m a 0,20 m estrato conformado por materia orgánica de color marrón, con presencia de raíces. En la profundidad de 0,20 m a 1,20 m se encontró grava bien gradada (grava 55%, arena 21% y finos 24%), con un contenido de humedad de 5,83 y con ausencia de agua (nivel freático).



Fuente: Reporte de análisis de laboratorio (UNALM, 2022)

CALICATA C-3:

En la calicata C-03 se encontró en la profundidad de 0,00 m a 1,20 m un estrato conformado por grava limosa (grava 40%, arena 38% y finos 22%), con un contenido de humedad de 3,92 y con ausencia de agua (nivel freático).



Fuente: Reporte de análisis de laboratorio (UNALM, 2022)

Resultados de laboratorio

Los resultados obtenidos de laboratorio en las tres calicatas, han permitido caracterizar los suelos en estudio, en la cual se concluyó que cuentan con una calidad adecuada, que se ajusta a lo propuesto por el presente trabajo de investigación. A continuación, se presenta el resumen de los resultados obtenidos para las tres calicatas.

Tabla 2: Resumen de resultados de ensayos en calicatas

CALICATA	PROG.	PROF.	% GRAVA	% ARENA	% FINOS	CLASIF. SUCS	LIM. LIQUIDO	LIM. PLASTICO	IP	%HUMEDAD
C-01	Captación	1.50	51	46	3	GW	NT	NP	NP	9.14
C-02	3+720	1.50	55.00	21.00	24.00	GC-GM	24.78	19.52	5.26	5.83
C-03	4+260	1.20	40.00	38.00	22.00	GM	34.63	29.80	4.83	3.92

Fuente: Elaboración Propia.

Ensayos Químicos

Los ensayos químicos realizados en laboratorio se alinean de acuerdo a la siguiente normativa:

- Contenido de Cloruros Soluble en suelos y agua subterránea (ASTM T291)
- Contenido de Sulfatos Soluble en suelos y agua subterránea (ASTM T290)
- Sales Solubles Totales en suelos y agua subterránea (NTP 339.152:2002)

Dichos ensayos químicos corresponden a la muestra de suelo ubicada en la captación (quebrada Tuya). La finalidad de estos análisis recae en verificar la presencia de agentes agresivos que puedan afectar a la integridad y consistencia del concreto armado.

REPORTE DE RESULTADOS		
Captación		
PARAMETRO	REPORTE	METODO
SALES SOLUBLES TOTALES, ppm	975.00	NTP 339.152
SULFATO como Ion SO4, ppm	421.9	NTP 339.178
CLORUROS como Ion CL, ppm	603.5	NTP 339.177

Fuente: Calicata C-01 (1,50 m de profundidad). Reporte de análisis de laboratorio (UNALM, 2022)

Ensayos especiales

De manera complementaria se realizó pruebas especiales en laboratorio con la muestra que corresponde a la captación, con la finalidad de hallar valores de importancia mediante ensayos de corte directo para determinar parámetros como el ángulo de rozamiento interno (ϕ) y la cohesión (c) de los materiales.

Ensayos Especiales

Corte Directo: Norma ASTM D-3080

Tabla 3: Resultados de prueba de corte directo

CALICATA	ESTRUCTURA	PROF.	CLASIF. SUCS	DENSIDAD g/cm ³	COHESION Kg/cm ²	ANGULO DE FRICCION INTERNA
C-01	Captación	1.5	GW	2.18	0	30.75

Fuente: Elaboración propia.

5. Análisis de Cimentación

Se consideró a los factores que afectan la capacidad de carga que son:

Profundidad De Cimentación (Df)

De los resultados de campo y del perfil estratigráfico del suelo analizado, se recomendó fijar la estructura sobre gravas arcillosas (GC), gravas bien gradadas, gravas limosas (GP-GM), arcillas de baja plasticidad (CL) a una profundidad mínima de 1.50 m. (Df=1.50 m). esta profundidad de cimentación será acotada desde cota del terreno.

Capacidad de carga admisible

Está en función del ángulo de fricción interna del suelo (ϕ).

Se aplicó la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), utilizando parámetros propuestos por Vesic (1973):

$$q_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$q_{adm} = q_{ult} / 3$$

Donde:

q_{ult} = Capacidad última de carga

q_{adm} = Capacidad admisible de carga

- γ = Densidad bajo la cimentación
 B = Ancho de cimiento corrido
 Df = Profundidad de cimentación
 Nc, Nq, N γ = Parámetros en función de (ϕ)

Tabla 4: Resultados de capacidad admisible en calicatas

CALICATA	ESTRUCTURA	DENSIDAD g/cm ³	COHESION Kg/cm ²	ANGULO		B (m)	q admisible Ton/m ²	q admisible Kg/cm ²
				DE FRICCION INTERNA	Df (m)			
C-01	Captación	2.18	0.00	30.75	1.50	1.00	21.0	2.1

Fuente: Elaboración propia.

Tipo De Cimentación

El tipo de cimentación será del tipo directa superficial y estará comprendido por cimiento corrido.

5.1. Cálculo del asentamiento instantáneo

Para el presente trabajo de investigación el asentamiento diferencial máximo no debe ser mayor de 1" (2.54 cm). Para ello, el asentamiento elástico inicial según la teoría de la elasticidad (Lambe y Withman, 1969) se calculó mediante la siguiente expresión matemática:

$$S_i = \frac{q B (1 - \mu^2) I_f}{E_s}$$

S_i = Asentamiento probable

q = capacidad admisible

B = Ancho de la cimentación

u = relación de poisson

E_s = Modulo de elasticidad

I_f = Factor de forma

Tabla 5: Resultados de Asentamiento obras de Arte

Ancho de Cimentación	q admisible Kg/cm ²	I _f	E Kg/cm ²	μ	S _i
B = 1.00	1.1	254	500	0.15	0.54

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo como resultado un valor de asentamiento probable $S_i = 0.54 \text{ cm/m}$ con lo cual se interpretó que los asentamientos diferenciales son menores a los máximos permisibles, cumpliendo la siguiente relación:

$$S_i = 0.54 \text{ cm} < 2.54 \text{ cm}$$

5.2. Agresividad del suelo a cimentar

De los resultados obtenidos, producto de los ensayos químicos para analizar a los agentes agresivos contra el concreto armado, se ha determinado que dichos agentes no son agresivos y se encuentran muy por debajo de los valores permisibles, tanto para sales solubles, cloruros y sulfatos, por lo tanto, se recomienda que el concreto a utilizar sea de Tipo I.

Tabla 6: Resultados de Agresividad del suelo a cimentar

REPORTE DE RESULTADOS	NORMA NTP	VALORES DE REFERENCIA		RESULTADOS DE ENSAYO							
		%	AGRESIVIDAD	Captación		Canoa		Reservorio 1		Reservorio 2	
				Valor (ppm)	Valor (%)	Valor (ppm)	Valor (%)	Valor (ppm)	Valor (%)	Valor (ppm)	Valor (%)
Iones de Cloruros Solubles en Suelos y Agua subterránea	339.177	<0.15	No	603.5	0.060	541.3	0.054	584.7	0.058	573.9	0.057
Sulfatos Solubles en agua (SO ₄) presente en el suelos y agua subterránea, porcentaje en peso	339.178	0.0-0.1	Insignificante	421.9	0.042	401.5	0.040	391.4	0.039	409.2	0.041
	0.1 - 0.2	Moderada									
	0.2-2.0	Severa									
	>2.0	Muy severa									
Sales Solubles Totales en Suelos y Agua subterránea	339.152	≤0.1	No Agresivo	975.0	0.098	742.3	0.074	931.0	0.093	892.6	0.089

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: INFORME DEL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA BOCATOMA (TIROLESA)

Se realizó el diseño hidráulico de la toma (bocatoma) de tipo tirolesa, para lo cual se requirió de la siguiente información:

Tabla 1: Datos de la quebrada

Datos de la quebrada Tuya			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Caudal máximo (avenidas)	Q _{max}	6,552	m ³ /s
Caudal promedio	Q	0,124	m ³ /s
Caudal de diseño	Q _d	0,058	m ³ /s
Ancho del río	B	3,15	m
Pendiente	S	0,0762	m/m
Coeficiente Manning río	n	0,050	
Proyección horizontal del talud del río	Z	0,00	

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Información obtenida del procesamiento hidrológico y topográfico.

Diseño de la rejilla

Para el diseño hidráulico de la rejilla se utilizó la fórmula general de vertederos, además se debe tener presente que sus coeficientes dependen de características que se desarrollaron en el marco teórico (ver figuras del 1 al 4).

Despejando la fórmula general del vertedero en función de la longitud de toma de la rejilla (L) se tiene:

$$L = \frac{3 * Q_d}{2 * c * \mu * B * \sqrt{2gh}} \quad (1)$$

Tabla 2: Datos para el diseño de la rejilla

Datos para el diseño de la rejilla			
Ancho de la rejilla	B	1,20	m
Espesor de la pletina de hierro	t _p	1/2	"
Altura de la pletina de hierro	h _p	2	"
Separación entre pletinas	a	2,00	cm
Angulo de inclinación de la rejilla	β	10	°

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Algunos valores son asumidos de acuerdo a la disponibilidad en el mercado como las dimensiones de la pletina de hierro.

Se determinó la distancia presente entre los ejes de las barras que es igual a 3,27 cm:

$$b = a + t_p, \text{ siendo } b = 2 + 0,5 * 2,54 = 3,27 \text{ cm}$$

Con ello se realizó el cálculo del Coeficiente de la rejilla "c", donde para la presente investigación se consideró un ángulo de inclinación (β) de 10° para la rejilla obteniéndose

un valor de $c = 0,3586$.

$$C = 0,6 * \frac{a}{b} * (\cos \beta)^{\frac{3}{2}} = 0,6 * \frac{2}{3,27} * (\cos 10 * \frac{\pi}{180})^{\frac{3}{2}} = 0,3586$$

Para el coeficiente de descarga de la rejilla se asumió el valor de $\mu=0,62$ (ver figura 3) que corresponde a barras rectangulares rectas.

La profundidad de agua en el borde superior de la rejilla "h" está definida por el producto $h = K_c x h_{cr}$, donde:

h_{cr} es el tirante crítico:

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{Q_d^2}{g * B}} = \sqrt[3]{\frac{0,058^2}{9,81 * 1,20}} = 0,062 \text{ m}$$

K_c es el factor de corrección:

$$(2x \cos \beta) * (k_c)^3 + (-3) * (k_c)^2 + (1) \rightarrow k_c = 0,910$$

Por lo tanto, el valor de $h = 0,062 * 0,910 = 0,0564 \text{ m}$

Reemplazando en (1):

$$L_{calculado} = \frac{3 * 0,058}{2 * 0,3586 * 0,62 * 1,20 * \sqrt{2 * 9,81 * 0 * 0564}} = 0,31 \text{ m}$$

Se recomienda agregar un 20% a la longitud calculada como factor de seguridad para evitar obstrucciones.

$$L = 1,20 * L_{calculado} = 1,20 * 0,31 = 0,37 \text{ m}$$

Se eligió un valor de 0,40 m como longitud de la toma de rejilla.

En la siguiente tabla se resume la verificación del ingreso máximo del agua:

Tabla 3: Verificación de ingreso máximo de agua

Variable	Fórmula	Valor	Unidades
Altura de agua sobre azud para la crecida máxima.	$H = (\frac{Q_{max}}{1,7 * B_{río}})^{\frac{2}{3}}$	1,144	m
Tirante crítico	$Y_{cr} = \frac{2}{3xH}$	0,763	m
Altura de entrada de agua por la rejilla	$h = k_c * y_{cr}$	0,694	m
Caudal máximo de entrada por la rejilla	$Q_{d,max} = \frac{2}{3} * c * \mu * B * L * \sqrt{2gh}$	0,263	m ³ /s
Caudal excedente (para aliviadero lateral)	$Q_v = Q_{d,max} - Q_d$	0,205	m ³ /s

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El valor de Q_v es el caudal que deberá utilizarse en el diseño del aliviadero lateral de la toma.

Diseño del canal colector

Se muestra la información requerida para el diseño del canal colector.

Tabla 4: Datos necesarios para el diseño del canal colector

Datos			
Coefficiente de Manning del canal colector	n		0.014
Pendiente del canal colector	S _o		3.00
Proyección horizontal del talud de colector	Z		0.00

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos corresponden a criterios asumidos acorde a la realidad en campo.

Primero se definió el ancho del canal colector “b_{cc}” mediante la siguiente expresión:

$$b_{cc} = L * \cos(\beta) = 0,40 * \cos\left(10 * \frac{\pi}{180}\right) = 0,39 \text{ m}$$

Por temas constructivos se tomará como valor b_{cc}=0,40 m.

Para las alturas del canal colector se determinó el caudal en función de la longitud del canal

colector, la cual se resume en la siguiente tabla: x=B; $Q_x = \frac{Q_d}{B} * x$

Tabla 5: Resultados de caudal en función de la longitud del canal colector

Posición	Caudal
x (m)	Q _x (m ³ /s)
0.60	0.0290
0.30	0.0145
0.60	0.0290
0.90	0.0435
x=B=1.20	0.0580

Fuente: Elaboración Propia

Nota: En caso no se pueda evacuar el agua, se recomienda aumentar su profundidad.

Se calculó la altura inicial “h_i”, para ello, se utilizó la fórmula de Manning para determinar el tirante “y_i”:

Tabla 6: Datos para determinar la altura inicial

Datos y cálculo del tirante “y _i ” y “h _i ”		
Variable	Valor	Unidades
Q _i	0.0290	m ³ /s
b _{cc}	0.4000	m

Datos y cálculo del tirante "y _i " y "h _i "		
Variable	Valor	Unidades
Z	0.0000	m
S _o	0.0300	m/m
n	0.0140	
y _i	0.0501	m
h _i =1,25*y _i	0.10	m

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para el cálculo de "h_i" la literatura recomienda añadir un 25% al tirante "y_i".

Se calculó la altura final "h_f", igual que en el caso anterior se aplicó la fórmula de Manning.

Tabla 7: Datos para determinar la altura final

Datos y cálculo del tirante "y _f " y "h _f "		
Variable	Valor	Unidades
Q _i	0.0580	m ³ /s
b _{cc}	0.4000	m
Z	0.0000	m
S _o	0.0300	m/m
n	0.0140	
y _f	0.0793	m
h _f =1,25*y _f	0.10	m

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para el cálculo de "h_f" la literatura recomienda añadir un 25% al tirante "y_f".

Asimismo, se calculó la altura máxima: $h_{max} = h_i + B + S_o = 0.14$ m, donde B es el ancho de la rejilla (B = 1.2 m) y S_o es la pendiente del canal colector (S_o = 3% >= 3%).

Se debe cumplir la siguiente relación: $h_f \leq h_{max} \rightarrow 0,10 \leq 0,14$, por lo tanto se cumple la relación y h_f = 0,10 m. También se realizó el cálculo de parámetros importantes como el área hidráulica (A), su espejo de agua (T), velocidad (V) y el número de Froude (F).

Tabla 8: Cálculo de parámetros hidráulicos del canal colector

Área hidráulica	$A = (b_{cc} + Z*y_i)*y_f$	0.03	m ²
Espejo de agua	$T = b_{cc} + 2*Z*y_f$	0.40	m
Velocidad	$V = Q_d/(b_{cc}*y_f)$	1.83	m/s
Froude	$F = v/(g*A/T)^{0,5}$	2.07	Flujo Supercrítico

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los resultados corresponden a la aplicación de la metodología de S. Krochin (1978) para el diseño del canal colector.

Diseño del Azud (perfil tipo Creager)

El diseño se basa en la teoría proporcionada en el “Bureau of Reclamation de la U.S. Army Corps of Engineers”, quienes desarrollaron diversas formas en la Estación Espacial de Vías Navegables. Se utilizó la forma estándar de vertedero WES que se muestra en la figura 13.

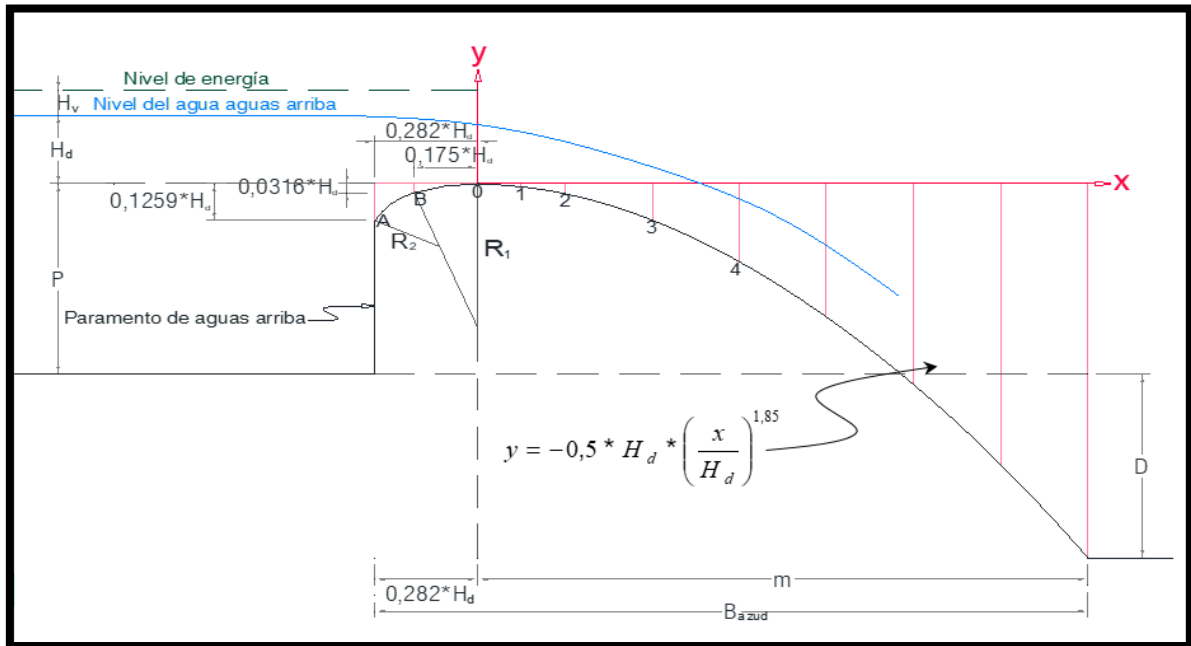


Figura 1: Vista de una forma de vertedero estándar WES (Elaboración propia.)

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los datos para el diseño del azud.

Tabla 9: Datos necesarios para el diseño del Azud

Datos			
Distancia superior del canal colector	d_s	0.20	m
Desnivel entre aguas arriba y aguas abajo del perfil tipo Creager	D	0.95	m
Longitud	L_a	0.50	m
Longitud	L_b	0.20	m
Longitud	L_d	0.50	m
Altura	h_1	0.20	m
Altura	h_3	0.20	m
Altura	h_4	1.00	m
Espesor mínimo del fondo del colector	h_b	0.15	m
Colchón amortiguador			

Datos			
Espesor	h_{cal}	0,30	m
Longitud de salida	L_4	0,30	m
Aletas de salida			
Aleta izquierda	L_{a2}	1,00	m
Ángulo izquierdo	θ	45	°

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos corresponden a criterios asumidos acorde a la realidad en campo.

Se determinó la carga de agua sobre el azud “ H_d ”:

Tabla 10: Resumen de cálculos de “ H_d ”

Variable	Fórmula	Valor	Unidades
Caudal máx. sobre el perfil	Q_{max}	6,552	m^3/s
Longitud del azud	$L_{azud} = B_{rio}$	3,15	m
Carga de agua	$H_d = \left(\frac{Q_{max}}{L_{azud}}\right)^{2/3}$	1,026	m

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los cálculos corresponden a la literatura del libro “Hidráulica de Canales Abiertos” (Chow, 2005).

Se calculó los parámetros iniciales del perfil tipo Creager:

Tabla 11: Resumen de cálculos geométricos para el azud

Variable	Fórmula	Valor	Unidad
P	$\geq 0,5 \cdot H_d$	0,60	m
m	$= [2 * (P+D) * H_d^{0,85}]^{1/1,85}$	1,866	m
B_{azud}	$= m + 0,282 \cdot H_d$	2,155	m
Verificación de la relación			
$B_{azud} > d_s + b_{cc}$			
	$2,155 > 0,590$	m	CUMPLE
R_1	$0,50 \cdot H_d$	0,513	m
R_2	$0,20 \cdot H_d$	0,205	m

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se verifica que el ancho del azud (B_{azud}) es mayor a la distancia superior del canal colector (d_s) más el ancho del canal colector (b_{cc}).

Se muestra el resultado de las coordenadas del perfil tipo Creager:

$$PUNTO A: X_A = -0,282 * H_d = -0,289 m$$

$$Y_A = -0,1259 * H_d = -0,129 m$$

$$PUNTO B: X_B = -0,175 * H_d = -0,180 m$$

$$Y_B = -0,0316 * H_d = -0,032 m$$

Para el cálculo de “y” se utilizó la siguiente fórmula: $y = -0,5 * H_d * \left(\frac{x}{H_d}\right)^{1,85}$.

Tabla 12: *Coordenadas del perfil tipo Creager*

Punto	%	Δx	x (m)	y (m)
A	-		-0.289	-0.129
B	-		-0.180	-0.032
0	0	0.000	0.000	0.000
1	5	0.093	0.093	-0.006
2	5	0.093	0.187	-0.022
3	10	0.187	0.373	-0.079
4	10	0.187	0.560	-0.167
5	10	0.187	0.746	-0.285
6	10	0.187	0.933	-0.430
7	10	0.187	1.119	-0.602
8	10	0.187	1.306	-0.801
9	10	0.187	1.492	-1.026
10	10	0.187	1.679	-1.275
11	10	0.187	1.866	-1.550

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Con los resultados obtenidos se procedió a elaborar el perfil de cimacio tipo Creager.

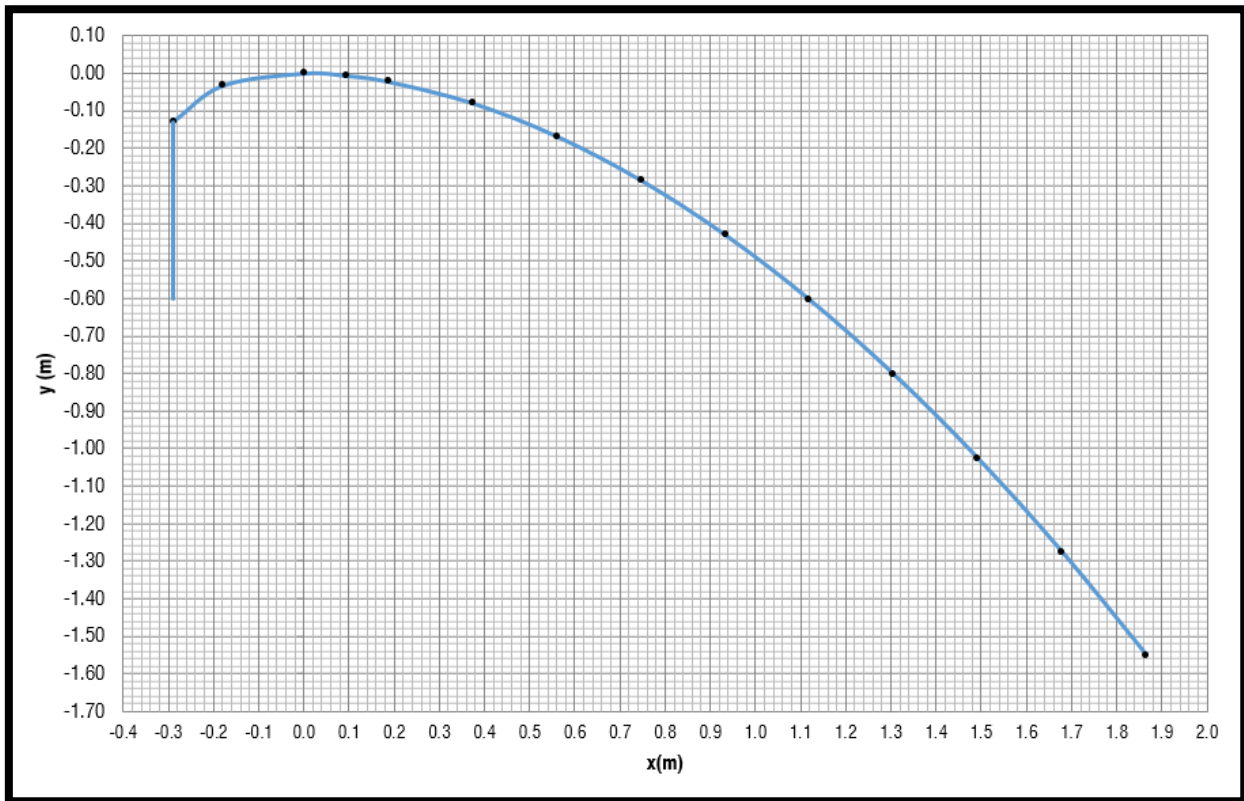


Figura 2: Vista del perfil Tipo Creager (Elaboración propia.)

Diseño de la poza disipadora de energía

Se realizó el cálculo del tirante conjugado menor aplicando la propiedad de conservación de la energía en el encauce de la sección rectangular, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$H_0 = H_1$$

$$D + P = H_d + \frac{v_o^2}{2 * g} = y_1 + \frac{v_1^2}{2 * g}$$

$$D + P = H_d + \frac{v_o^2}{2 * g} = y_1 + \frac{Q_{max}^2}{2 * g * B_{rio}^2 * y_1^2}$$

$$y_1^3 - \left(D + P + \frac{v_o^2}{2 * g} \right) * y_1^2 + \frac{Q_{max}^2}{2 * g * B_{rio}^2} = 0 \dots (2)$$

Para resolver la ecuación se requiere de datos, cuyo resumen y resultados se encuentran en la tabla 13.

Tabla 13. Datos y resultados para tirante conjugado menor

Datos		
Q_{max}	6,552	m ³ /s

B _{rio}		3,150	m
D		0,950	m
P		0,600	m
y ₀	D + P	1,550	m
A ₀	B _{rio} *y ₀	4,883	m ²
v ₀	Q _{max} / A ₀	1,342	m/s
Resultados de la ecuación (2)			
y ₁		1,550	m ²
A ₁	Brio*y1	4,883	m
T ₁	Brio + 2*y1	6,250	m/s
v ₁	Qmax / A1	1,342	
F ₁	v1 / (g*A1/T1)0,5	0,485	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos son producto de cálculos realizados anteriormente.

También se realizó el cálculo del tirante conjugado mayor mediante la siguiente expresión:

$$y_2 = -\frac{y_1}{2} + \sqrt{\frac{y_1^2}{4} + \frac{2*v_1^2}{g}} * y_1 = 0,307 \text{ m}$$

Con respecto a la longitud de la poza, se aplicó fórmulas propuestas por varios autores, tomando al final el promedio de estas.

Tabla 14: Resultados de la longitud de la poza

Longitud de la poza (L_R)				
Fórmula según	Variable	Fórmula	valor	Und.
U.S.Bureau	L _R	4*y ₂	1,23	m
Bakimnestev-Martzke	L _R	5*(y ₂ - y ₁)	6,22	m
Lafranetz	L _R	4,5*y ₂	1,38	m
Pavloski	L _R	2,5*(1,5*y ₂ - y ₁)	2,73	m
Pikalov	L _R	4*y ₁ *(1+2*F ₁ ²)	9,10	m
Aivasian	L _R	8*(10+F ₁)*(y ₂ - y ₁) ³ /(F ₁ ² *4*y ₁ *y ₂)	361	m
Chertouson	L _R	10,3*y ₁ *(F ₁ - 1)	8,23	m

Fuente: Elaboración propia.

Nota: De los resultados obtenidos se descartó el valor de 361 m calculado mediante la fórmula de Aivasian debido a que se aleja de la realidad. Se sacó el promedio a los demás resultados y se obtuvo un valor de 4,81 m.

Finalmente se eligió una longitud de la poza igual a L_R=4,00 m, considerando que hay valores cercanos a la unidad se optó una longitud moderada.

Para el cálculo de la profundidad de salida "r", se halló la tirante normal del río que sigue luego de la poza.

Tabla 15: Cálculo de la profundidad de salida “r”

Tirante normal del río luego de la poza		
Variable	Valor	Unidad
Q_{max}	6.5520	m ³ /s
B_{rio}	3.1500	m
Z	0.0000	m
S_r	0.0762	m/m
n	0.0500	
Utilizando la fórmula de Manning		
y_n	0,64	m
Profundidad de salida “r”		
r	$y_2 - y_n \leq D$	
r	$0,33 \leq 0,95$	m
r = 0,40 m		

Fuente: Elaboración propia.

Nota: De acuerdo a los resultados obtenidos se eligió una profundidad de salida “r” igual a 0,40 m.

Determinación de las Subpresiones

Para asegurar la estabilidad de la estructura se determina las subpresiones que actúan sobre la base de la estructura en dirección vertical hacia arriba, debido a la filtración de agua y que será contrarrestada por el peso propio. Para el desarrollo de los cálculos se empleó el Método de Lane en el caso en que el nivel de aguas arriba del barraje presenta misma elevación que la cresta sin la existencia de derrame y el caso en que el vertedero trabaja a caudales máximos.

Tabla 16: Longitudes horizontales y verticales de la sección del barraje

Longitudes verticales y horizontales de la sección			
Ptos	Lv	Ptos	Lh
1-2	0.20	2-3	1.00
3-4	1.05	4-5	0.50
5-6	0.25	6-7	0.76
7-8	0.25	8-9	0.50
11-12	0.70	9-10	4.00
		10-11	0.70
L_{VT}=	2.45 m	L_{HT}=	7.46 m

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso que no exista derrame sobre el barraje, se tiene las siguientes variables para determinar la longitud total de filtración compensada.

Tabla 17: Variables para el cálculo de la longitud de filtración en el caso de sin derrame

Datos para determinar la longitud de filtración necesaria				
Nombre	Variable	Valor	Unidad	
Camino de Percolación	S	4.94	m	
Cota aguas arriba	Zar	3,792.43	m	
Carga hidráulica efectiva a la cabeza del barraje	Δh	0.60	m	
Coefficiente de Lane (Grava y presencia de arcilla)	C_L	3.00		

Fuente: Elaboración propia.

Se determina que la longitud total de filtración compensada $L_N = C_L \cdot \Delta h = 1.80$ m es menor a la longitud del camino de percolación $S = 4.94$ m, por lo tanto, no es necesario implementar obras de filtración y se asegura que no se producirá efectos de tubificación. Posteriormente, se determina las subpresiones mediante la ecuación de Lane teniendo como resultado en la siguiente tabla 18.

Tabla 18: Subpresiones actuantes por debajo de la base de la estructura

Subpresiones con respecto a L_x						
Ptos	$H_x(m)$	$L_H(m)$	$L_V(m)$	$\Delta h/L$	$L_x(m)$	$S_x(kg/m^2)$
1	0.60	0.00	0.00	0.33	0.00	600.00
2	0.80	0.00	0.20	0.33	0.20	733.33
3	0.80	1.00	0.20	0.33	0.53	622.22
4	1.85	1.00	1.25	0.33	1.58	1,322.22
5	1.85	1.50	1.25	0.33	1.75	1,266.67
6	1.60	1.50	1.50	0.33	2.00	933.33
7	1.60	2.26	1.50	0.33	2.25	848.89
8	1.85	2.26	1.75	0.33	2.50	1,015.56
9	1.85	2.76	1.75	0.33	2.67	960.00
10	1.85	6.76	1.75	0.33	4.00	515.56
11	1.85	7.46	1.75	0.33	4.24	437.78
12	1.15	7.46	2.45	0.33	4.94	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Se toma los valores de la subpresión actuante en los puntos críticos 9 y 10, por lo que la subpresión en el colchón amortiguador es $S_P = 2951.11$ kg/m. El espesor mínimo de la poza disipadora que se debe considerar resulta al igualar el peso propio con la subpresión, dando como valor $h_{col} = 0.30$ m.

Para el caso de las máximas avenidas, se tiene las siguientes variables para determinar la longitud total de filtración compensada.

Tabla 19: Variables para el cálculo de la longitud de filtración en el caso de máximo caudal

Datos para determinar la longitud de filtración necesaria				
Nombre	Variable	Valor	Unidades	
Camino de Percolación	S	4.94	m	
Tirante normal del río luego de la poza	y_n	0.64	m	
Cota aguas arriba	Zar	3,792.43	m	
Cota aguas abajo	Zab	3,791.88	m	
Tirante normal del río	y_n	1.63	m	
Diferencia de nivel entre aguas arriba y aguas abajo del barraje	Δh	1.54	m	
Coeficiente de Lane (Grava con presencia de arcilla)	C_L	3.00		

Fuente: Elaboración propia.

Se determina que la longitud total de filtración compensada $L_N = C_L \cdot \Delta h = 4.62$ m es menor a la longitud del camino de percolación $S = 4.94$ m, por lo tanto, no es necesario implementar obras de filtración y se asegura que no se producirá efectos de tubificación. Posteriormente, se determina las subpresiones mediante la ecuación de Lane teniendo como resultado en la siguiente tabla 20.

Tabla 20: Subpresiones actuantes por debajo de la base de la estructura

Subpresiones con respecto a L_x						
Ptos	$H_x(m)$	$L_H(m)$	$L_V(m)$	$\Delta h/L$	$L_x(m)$	$S_x(kg/m^2)$
1	1.54	0.00	0.00	0.33	0.00	1,538.79
2	1.74	0.00	0.20	0.33	0.20	1,672.13
3	1.74	1.00	0.20	0.33	0.53	1,561.01
4	2.79	1.00	1.25	0.33	1.58	2,261.01
5	2.79	1.50	1.25	0.33	1.75	2,205.46
6	2.54	1.50	1.50	0.33	2.00	1,872.13
7	2.54	2.26	1.50	0.33	2.25	1,787.68
8	2.79	2.26	1.75	0.33	2.50	1,954.35
9	2.79	2.76	1.75	0.33	2.67	1,898.79
10	2.79	6.76	1.75	0.33	4.00	1,454.35
11	2.79	7.46	1.75	0.33	4.24	1,376.57
12	2.09	7.46	2.45	0.33	4.94	443.24

Fuente: Elaboración propia.

Se toma los valores de la subpresión actuante en los puntos críticos 9 y 10, por lo que la subpresión en la poza disipadora es $S_P = 2951.11$ kg/m. El espesor mínimo de la poza disipadora que se debe considerar resulta al igualar entre la subpresión y el peso propio de la estructura con el peso del agua sobre la poza, dando como valor $h_{col} = 0.30$ m.

Cálculo de la altura de muros

El cálculo de la altura de muros se resume en la siguiente tabla:

Tabla 21: Resultados de la altura de muros

Altura de muros antes del azud			
Variable	Fórmula	Valor	Unidad
BL		0	m
hm1	$P + Hd + BL$	1,70	m
Altura de muros después del azud			
hm2	$y_n + BL$	1,20	m
haz	$hm3 + r$	1,60	m
Desnivel entre muros			
Dm	$D + hm2 - hm3$	1,05	m

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los valores mostrados han sido redondeados a su múltiplo superior en 0,1.

Diseño del aliviadero para el canal de conducción

Para el presente diseño se realizó el cálculo de los tirantes utilizando la fórmula de Manning.

Los datos y resultados se presentan en la siguiente a continuación:

Tabla 22: Datos para el diseño del aliviadero del canal de conducción

Datos			
Borde libre	:	$b_l =$	0.30 m
Sobre ancho	:	$D_b =$	0.01 m
Pendiente del canal de conducción	:	$S_{oc} =$	0.0030 m/m
Proyección horizontal del talud de canal	:	$Z =$	0.00
Coefficiente de Manning del canal	:	$n =$	0.014
Espesor de muros	:	$t_{mc} =$	0.15 m
Longitud de canal de conducción	:	$L_c =$	1.00 m
Espesor de canal de conducción	:	$t_c =$	0.10 m

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos mostrados han sido obtenidos o asumidos previamente.

En el cálculo del tirante normal se utilizó datos como el caudal de diseño $Q_d = 0,058 \text{ m}^3/\text{s}$, $Z = 0,00 \text{ m}$, $S = 0,003 \text{ m/m}$, $n = 0,014$ y el $b = b_{oc} + 2 \cdot D_b = 0,42$. Se aplicó la fórmula de Manning obteniendo como tirante normal $Y_n = 0,17 \text{ m}$, con dicho valor se realizó el cálculo de otros parámetros como:

$$A = b * y_n = 0,072 \text{ m}^2$$

$$T = b + 2 * y_n = 0,761 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q_d}{A} = 0,809 \text{ m/s}$$

$$F = \frac{V}{\left(g * \frac{A}{T}\right)^{0,5}} = 0,842 \rightarrow \text{FLUJO SUBCRÍTICO}$$

Se calculó el tirante normal en época de máxima avenida utilizando el valor del tirante normal hallado previamente y el caudal $Q_{d,max} = 0,0263 \text{ m}^3/\text{s}$, aplicando la fórmula de Manning.

$$y_{n,max} = 0,58 \text{ m}$$

$$A = b * y_{n,max} = 0,242 \text{ m}^2$$

$$T = b + 2 * y_{n,max} = 1,573 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q_{d,max}}{A} = 1,084 \text{ m/s}$$

$$F = \frac{V}{\left(g * \frac{A}{T}\right)^{0,5}} = 0,882 \rightarrow \text{FLUJO SUBCRÍTICO}$$

Finalmente, se determinó el borde libre y la altura del canal de conducción que será igual a 0,70 m.

$$bl = y_{n,max}/5 = 0,12 \text{ m}$$

$$h = y_{n,max} + bl = 0,69 \text{ m}$$

También se determinó otras longitudes y alturas. Ver tabla 23.

Tabla 23: Longitudes y Alturas adicionales del canal de conducción

Longitudes y alturas			
Variable	Fórmula	Valor	Unidad
h_2	$P - h_1$	0,40	m
h_d	$h_i + B * S_o$	0,14	m
h_c	$h_d + L * \text{sen}(\beta)$	0,21	m
h_a	$h_2 + h_3 + h_4 - (h_b + h_c)$	1,24	m
L_c	$B_{azud} - (L_a + 2 * L_b + L_d)$	0,76	m

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los resultados obtenidos se utilizarán para la elaboración de los planos.

1.1. Diseño Estructural de los Muros

Se realizó el diseño estructural de los muros utilizando información que se resume en la siguiente tabla:

Tabla 24: Información para el diseño estructural de los muros

Datos para diseño estructural			
Definición	Variable	Valor	Unidad
Suelo de relleno			

Datos para diseño estructural			
Definición	Variable	Valor	Unidad
Angulo de inclinación del nivel de terreno	i	20	°
Tipo de suelo de relleno	Arena Limosa		
Peso específico del suelo de relleno	γ_s	2,18	kg/m ³
Angulo de fricción interna del relleno	ϕ	30,8	°
Suelo de cimentación			
Tipo de suelo de relleno de cimentación	1. Arcilloso firme, 2. Arcilloso blando, 3. Arenoso		
Capacidad admisible del suelo	σ_s	2,10	kg/cm ²
Coefficiente de fricción	f	0,75	
Concreto			
Recubrimiento lateral	r	0,04	m
Recubrimiento inferior	r	0,075	m
Resistencia a la compresión del concreto	f'_c	210	kg/cm ²
Parámetros para diseño	λ	1,00	
	β_1	0,85	
Para diseño por flexión	ϕ	0,9	
Para diseño por corte	ϕ	0,75	ACI 318S-11: R.9.3.2.3
Acero por flexión en la pantalla	d_{b1}	5/8	"
Acero por flexión en la zapata	d_{b2}	1/2	"
Acero exterior de pantalla	d_{b3}	3/8	"
Acero horizontal	d_{b4}	3/8	"
Peso específico del concreto simple	γ_{cs}	2 300	kg/m ³
Peso específico del concreto reforzado	γ_{cr}	2 400	kg/m ³
Esfuerzo de fluencia del acero	f_y	4 200	kg/cm ²
Sobrecarga	SC	500	kg/m ²

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Valores obtenidos de acuerdo a los resultados del estudio geológico y geotécnico.

Para el diseño estructural del muro de encausamiento se utilizó un esquema general para visualizar la información requerida. A continuación, se muestra una vista del muro de encausamiento:

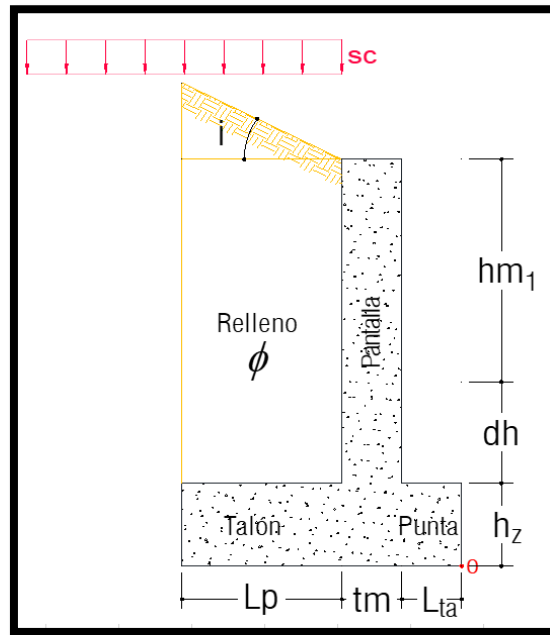


Figura 3: Esquema del muro de encausamiento (Elaboración propia)

Predimensionamiento de la zapata

Primero se realizó el predimensionamiento de la zapata aplicando las recomendaciones del “Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318R-2011: 12.3.2.)”, cuyo resumen se muestra a continuación:

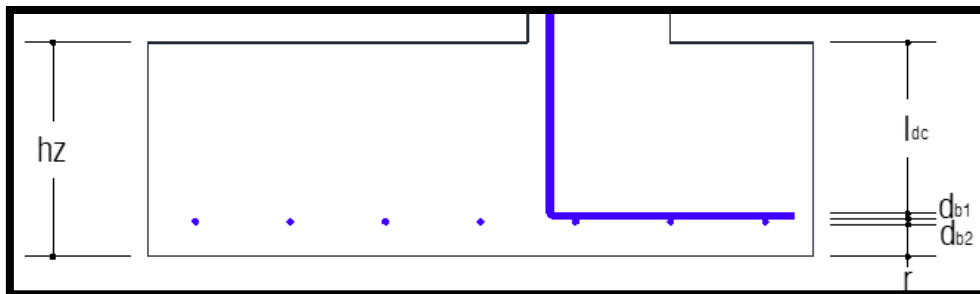


Figura 4: Predimensionamiento de la zapata (Elaboración propia)

Según la norma citada anteriormente, se sugiere que para barras y alambres de tipo corrugados la longitud de desarrollo l_{dc} debe tener un valor mayor a la siguiente relación:

$$l_{dc} = \left(\frac{0,075 * f_y}{\lambda * \sqrt{f_c}} \right) * d_b \geq (0,0044 * f_y) * db \geq 20 \text{ cm}$$

$$l_{dc} = 34,5 \text{ cm} \geq 18,5 \text{ cm} \geq 20 \text{ cm}$$

$$l_{dc} = 34,5 \text{ cm}$$

De los resultados se toma un valor de longitud de desarrollo igual a 34,5 cm y con ello se calcula la altura de la zapata “ h_z ” mediante la siguiente expresión:

$$h_z = l_{dc} + d_{b2} + r = 43,3 \text{ cm} = 0,43 \text{ m}$$

Como el valor obtenido de la altura de la zapata es muy próximo a la longitud de

desarrollo, se optó por aumentar la altura a $h_z = 0,60$ m. Con este valor se puede calcular la altura del muro con cimiento que está descrita por la siguiente adición:

$$H = h_{m1} + d_h + h_z = 2,80 \text{ m}$$

Predimensionamiento de la base del cimiento

Para su diseño se aplicó los criterios y/o sugerencias del Dr. Jorge E. Alva Hurtado en su ponencia "Diseño de muros de Contención" en la Universidad Nacional de Ingeniería, las cuales se desarrollan a continuación:

$$0,4 * H \leq B_z \leq 0,7 * H$$

$$1,12 \leq B_z \leq 1,96 \text{ m}$$

Se sugiere que la longitud de la base del cimiento se encuentre entre 1,12 m y 1,96 m. Además, se tiene que la longitud de la base del cimiento es igual a la suma de la longitud de la punta (L_p) con el espesor de las aletas de ingreso (t_m) y la longitud del talón (L_{ta}), realizando el cálculo se tiene:

$$B_z = L_p + t_m + L_{ta} = 1,55 + 0,25 + 0,60 = 2,40 \text{ m}$$

Para facilidades constructivas se tomó el valor de $B_z = 2,40$ m.

Predimensionamiento del espesor inferior de la pantalla

De igual manera se utilizó los criterios y/o sugerencias del Dr. Jorge E. Alva Hurtado, quien sugiere la siguiente relación:

$$H/12 \leq t_m \leq H/10$$

$$0,23 \leq t_m \leq 0,28 \text{ m}$$

De la relación obtenida se verifica que el valor del espesor inferior de la pantalla será de 0,25 m como se había asumido anteriormente.

Predimensionamiento de la longitud de la punta

De igual manera se utilizó los criterios y/o sugerencias del Dr. Jorge E. Alva Hurtado, quien sugiere la siguiente relación:

$$L_{ta} \geq B_z/3$$

$$L_{ta} \geq 0,8 \text{ m}$$

Además, según el autor Braja M. Das en su libro "*Fundamentos de ingeniería geotécnica*" sugiere lo siguiente:

$$L_{ta} \geq 0,1 * H$$

$$L_{ta} \geq 0,28$$

En ese sentido, se optó por definir un valor de 0,60 m como longitud de la punta. Con ello, se terminó de definir la geometría del muro. Ver tabla 25.

Tabla 25: Resumen de datos de la geometría del muro

Geometría del muro				
Nombre	Variable	Fórmula	Valor	Unidad
Altura de muros antes del azud	h_{m1}	-	1.70	m
Profundidad de muro	d_h	-	0.50	m
Espesor de zapata	h_z	-	0.60	m
Longitud de la punta	L_p	-	1.55	m
Espesor inferior de la pantalla	t_m	-	0.25	m
Longitud del talón	L_{ta}	-	0.60	m
Longitud base del cimiento	B_z	-	2,40	m
$H_t - H$	h_s	$L_p \cdot \tan(i)$	0,56	m
-	H_p	$h_{m1} + d_h$	2,20	m
-	H	$H_p + h_z$	2,80	m
-	H_t	$H + h_s$	3,36	m

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El cuadro de resultados es producto de los cálculos geométricos y aplicación de criterios de diseño.

Cargas sobre el muro y brazos de palanca

En la tabla 26 se presentan los resultados del análisis de cargas que se ejercen sobre el muro con sus respectivos brazos de palanca (distancias).

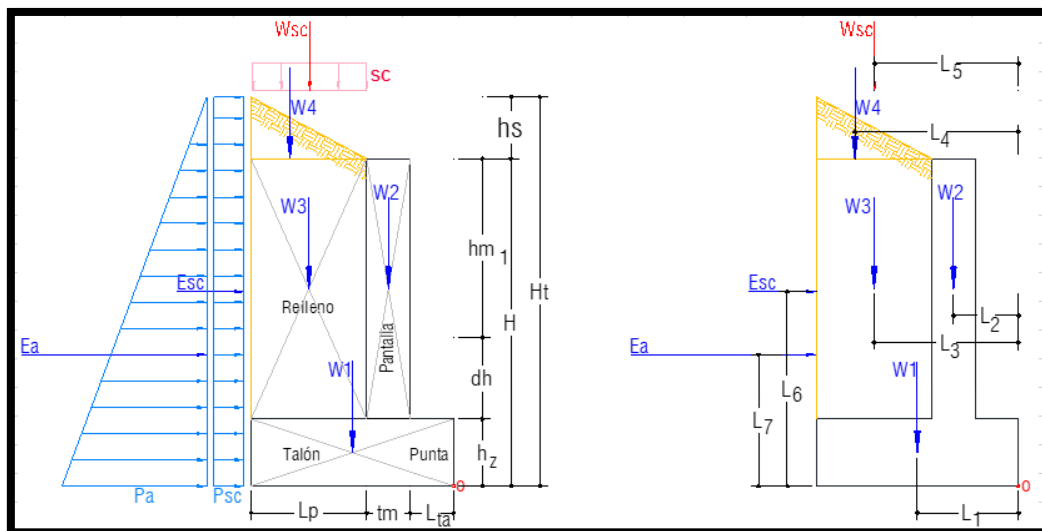


Figura 5: Vista geométrica de las cargas que se ejercen sobre el muro (Elaboración propia)

Tabla 26: Cálculo de cargas y longitud de brazos de palanca

Cargas					
Nombre	Variable	Fórmula	Valor	Unidad	
Peso del concreto	W1	$B_z * h_z * b_w * \gamma_{cr}$	3 456,0	kg	
Peso del concreto	W2	$t_m * H_p * b_w * \gamma_{cr}$	1 320,0	kg	
Peso del suelo	W3	$L_p * H_p * b_w * \gamma_s$	7 433,8	kg	
Peso del suelo	W4	$(1/2) * L_p * h_s * b_w * \gamma_s$	953,14	kg	
Carga de la sobrecarga	Wsc	$L_p * b_w * SC$	775,00	kg	
Coefficiente de empuje activo	K_a	$K_a = \cos(i) * \frac{\cos(i) - \sqrt{\cos^2(i) - \cos^2(\phi)}}{\cos(i) + \sqrt{\cos^2(i) - \cos^2(\phi)}}$	0,397	-	
Presión de la sobrecarga	Psc	$K_a * SC$	198,73	kg/m ²	
Presión de la sobrecarga	Esc	$Psc * H_t * b_w$	668,55	kg	
Presión del suelo	Pa	$K_a * \gamma_s * H_t$	2 914,86	kg/m ²	
Presión del suelo	Ea	$(1/2) * Pa * H_t * b_w$	4 903,02	kg	
Brazos de palanca					
Brazos de palanca	L ₁	$B_z/2$	1,20	m	
	L ₂	$L_{ta} + t_m/2$	0,73	m	
	L ₃	$L_{ta} + t_m + L_p/2$	1,63	m	
	L ₄	$L_{ta} + t_m + (2/3) * L_p$	1,88	m	
	-	L ₅	$L_{ta} + t_m + L_p/2$	1,63	m
	-	L ₆	$H_t/2$	1,68	m
	-	L ₇	$H_t/3$	1,12	m

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los resultados corresponden al cálculo de las cargas presentes en el muro.

Estabilidad del muro

Para el análisis de estabilidad del muro se consideró la sobrecarga calculada anteriormente.

Tabla 27: Estabilidad del muro, cargas actuantes y resistentes con sobrecarga

Cargas actuantes			
Cargas horizontales	Carga	Brazo	Momento actuante
	(kg)	(m)	(kg*m)
Esc	668,55	1,68	1 124,55
Ea	4 903,02	1,12	5 498,17
ΣF_h	5 571,57	ΣM_a	6 622,72
Cargas resistentes			
Cargas verticales	Carga	Brazo	Momento actuante
	(kg)	(m)	(kg*m)
W1	3 456,0	1,20	4 147,20
W2	1 320,0	0,73	957,00

W3	7 433,8	1,63	12 079,93
W4	953,14	1,88	1 795,08
Wsc	775,0	1,63	1 259,38
ΣF_v	13 937,9	ΣM_r	20 238,58

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados de la tabla 27 se determinó los factores de seguridad por volteo, por deslizamiento, así como el chequeo por excentricidad y capacidad portante, tal como se muestra a continuación:

Factor de seguridad por volteo

$$F.S.V. = \frac{\Sigma M_r}{M_a} > 2$$

$$F.S.V. = 3,06 > 2 \rightarrow \text{Se verifica}$$

Factor de seguridad por deslizamiento

$$F.S.D. = \frac{f * \Sigma F_v}{\Sigma F_h} > 1,5$$

$$F.S.D. = 1,90 > 1,5 \rightarrow \text{Se verifica}$$

Chequeo por excentricidad

Punto de paso de la resultante:

$$X_0 = \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_a}{\Sigma F_v} = 0,98$$

Excentricidad:

$$e = \frac{Bz}{2} - X_0 < Bz/6$$

$$e = 0,223 < 0,40 \text{ m} \rightarrow \text{Se verifica}$$

Chequeo por capacidad portante:

$$q_{n1,2} = \frac{\Sigma F_v}{L * B} \pm \frac{6 * \Sigma F_v * e}{L * B^2} < \sigma_2$$

$$q_{n1} = 0,58 < 2,10 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{Se verifica}$$

$$q_{n2} = 0,58 < 2,10 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{Se verifica}$$

Estabilidad sin considerar la sobrecarga

Se realizó el análisis de estabilidad sin considerar la sobrecarga, para ello se utilizó el mismo procedimiento que en el análisis con sobrecarga.

Tabla 28: Estabilidad del muro, cargas actuantes y resistentes, sin sobrecarga

Cargas actuantes			
Cargas horizontales	Carga	Brazo	Momento actuante
	(kg)	(m)	(kg*m)
Ea	4 903,02	1,12	5 498,17
ΣF_h	4 903,02	ΣM_a	5 498,17
Cargas resistentes			
Cargas verticales	Carga	Brazo	Momento actuante
	(kg)	(m)	(kg*m)
W1	3 456,0	1,20	4 147,20
W2	1 320,0	0,73	957,00
W3	7 433,8	1,63	12 079,93
W4	953,14	1,88	1 795,08
ΣF_v	13 162,9	ΣM_r	18 979,20

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados de la tabla 28 se determinó los factores de seguridad por volteo, por deslizamiento, así como el chequeo por excentricidad y capacidad portante, tal como se muestra a continuación:

Factor de seguridad por volteo

$$F.S.V. = \frac{\Sigma M_r}{M_a} > 2$$

$$F.S.V. = 3,45 > 2 \rightarrow \text{Se verifica}$$

Factor de seguridad por deslizamiento

$$F.S.D. = \frac{f * \Sigma F_v}{\Sigma F_h} > 1,5$$

$$F.S.D. = 2,01 > 1,5 \rightarrow \text{Se verifica}$$

Chequeo por excentricidad

Punto de paso de la resultante:

$$X_0 = \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_a}{\Sigma F_v} = 1,02$$

Excentricidad:

$$e = \frac{Bz}{2} - X_0 < Bz/6$$

$$e = 0,176 < 0,40 \text{ m} \rightarrow \text{Se verifica}$$

Chequeo por capacidad portante:

$$q_{n1,2} = \frac{\Sigma F_v}{L * B} \pm \frac{6 * \Sigma F_v * e}{L * B^2} < \sigma_2$$

$$q_{n1} = 0,55 < 2,10 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{Se verifica}$$

$$q_{n2} = 0,55 < 2,10 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{Se verifica}$$

Estabilidad considerando cargas de sismo

Se empleó método de Mononobe-Okabe para el cálculo de cargas sísmicas que desarrolla el suelo y actúa sobre los muros de contención.

Tabla 29: Factores sísmicos, ángulo de fricción y del muro

Nombre	Variable	Valor	Unidad
Factor de Zona	Z	0,25	
Factor del Suelo – Perfil S2	S	1,20	
Categoría de edificaciones- Edificaciones comunes	U	1,00	
Factor pseudo estático horizontal	k_H	0,30	
Factor pseudo estático vertical	K_v	0,20	
Ángulo de fricción interna del suelo	ϕ	30,80	°
Ángulo entre la superficie del suelo con la horizontal	i	20,00	°
Ángulo de fricción entre el muro y el suelo	δ	15,40	°
Ángulo entre la pared interior del muro con la vertical	Θ	0,00	°

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre el ángulo de fricción interna y el ángulo entre la superficie del suelo con la horizontal es $10,80^\circ$, y el valor de ψ es $10,80^\circ$ para cumplir la condición $\phi - i \geq \psi$.

Con los datos anteriores se determina el coeficiente dinámico de presión de suelo activo, resultando $k_{AE} = 1.00$, calculándose el empuje activo total $P_{AE} = 6849,33 \text{ kg/m}$. Se muestra a continuación la siguiente tabla con los valores del empuje activo estático calculado con el método de Coulomb y el empuje dinámico debido al sismo.

Tabla 30: Empuje Activo Total y sus componentes

Nombre	Variable	Valor	Unidad
Empuje de componente estático	P_A	4911.84	Kg/m
Empuje Activo Total	P_{AE}	6849.33	Kg/m
Empuje de componente dinámico	ΔP_{AE}	1937.50	Kg/m

Fuente: Elaboración propia.

Se realiza el análisis de estabilidad debido al volteo y al desplazamiento, se determina los momentos debido a los empujes y al peso del muro.

Tabla 31: Momentos actuantes y resistentes

Momentos actuantes			
Nombre	Variable	Valor	Estado
Empuje lateral debido a la sobrecarga	M_{LSC}	780.41	Kg*m
Empuje activo del suelo	M_{AS}	4584.38	Kg*m
Empuje debido al sismo	M_S	3254.99	kg*m
ΣM_A		8619.78	kg*m
Momentos resistentes			
Peso del muro	M_{PP}	18979.20	Kg*m
Empuje debido a la sobrecarga	M_{SC}	1259.38	Kg*m
ΣM_R		20238.58	kg*m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32: Fuerzas actuantes y resistentes

Fuerzas actuantes			
Nombre	Variable	Valor	Estado
Empuje lateral debido a la sobrecarga	F_{LSC}	557.43	Kg*m
Empuje activo del suelo	F_{AS}	4911.84	Kg*m
Empuje debido al sismo	F_S	1937.50	kg*m

ΣF_A		7406.77	kg*m
Fuerzas resistentes			
Peso del muro	F_{PP}	9872.20	Kg*m
Empuje debido a la sobrecarga	F_{SC}	775.00	Kg*m
ΣF_R		10647.20	kg*m

Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene los Factores de Seguridad debido al volteo y deslizamiento respectivamente, verificándose que cumple de acuerdo a la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.

Tabla 33: Resultados de la estabilidad del muro considerando cargas de sismo

Nombre	Variable	Valor	Estado
Factor de seguridad por volteo	F.S.V.	2,35	> 1,5; Se verifica
Factor de seguridad por deslizamiento	F.S.D.	1,44	> 1,25; Se verifica

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de la pantalla

Se realizó el análisis estructural del diseño de la pantalla, para ello se consideró el análisis de la presión de la sobrecarga, la presión del suelo, determinar los brazos de palanca, calcular el momento flector máximo y la fuerza cortante máxima (ver figura 18). Se utilizó como material de consulta el “Reglamento para Concreto estructural” (ACI 318S-2011: 9.2.5 y 9.2.1).

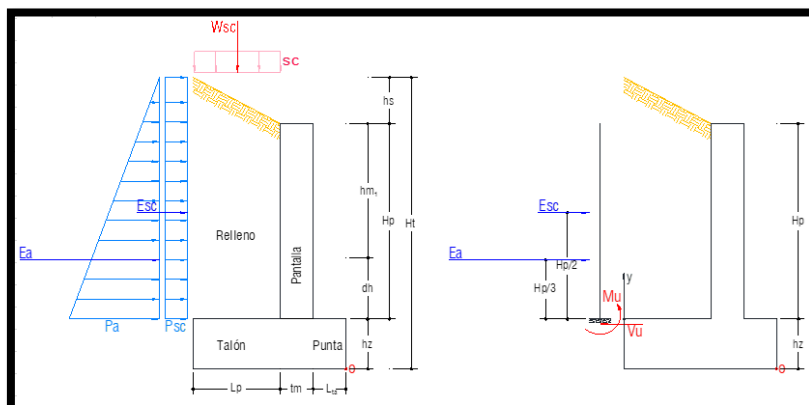


Figura 6: Vista de las cargas y momentos presentes en el diseño de la pantalla (Elaboración propia)

Tabla 34: Resumen del análisis estructural del diseño de la pantalla

Variable	Fórmula	Valor	Unidad
Presión de la sobrecarga			
Psc	$K_a * S_c$	198,73	kg/m ²
Esc	$P_{sc} * (H_p + h_s) * b_w$	549,31	kg
Presión del suelo			
Pa	$K_a * \gamma_s * (H_p + h_s)$	2 394,99	kg/m ²
Ea	$P_{a/2} * (H_p + h_s) * b_w$	3 310,07	kg
Brazos de palanca			
dsc	$H_p/2$	1,10	m
da	$H_p/3$	0,73	m
Momento flector máximo (ACI 318-2011: 9.2.5)			
$M_{u,max}$	$1,6 * (E_{sc} * d_{sc} + E_a * d_a)$	4 850,60	kg*m
Fuerza cortante máximo (ACI 318-2011: 9.2.1.)			
$V_{u,max}$	$1,6 * (E_{sc} + E_a)$	6 175,00	kg

Fuente: Elaboración propia.

Acero vertical principal (interno) “A_{si}”

Para definir el acero vertical principal se utilizó el “Reglamento para Concreto estructural” (ACI 318S-2011: 10.5).

Parámetros:

Recubrimiento: $r = 4,0 \text{ cm}$

Acero colocado: $d_{b1} = 5/8''$

Área del acero colocado: $A_{sb} = 1,98 \text{ cm}^2$

Peralte efectivo: $d = t_m - \left(r + \frac{d_{b1}}{2} \right) = 20,2 \text{ cm}$

Acero por flexión:

$$A_{si} = \frac{M_u}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right)} ; a = \frac{A_{si} * f_y}{0,85 * f_c * b_w} ; \phi = 0,9$$

$A_{sf} = 6,60 \text{ cm}^2$; $a = 1,55 \text{ cm}$

Acero mínimo (ACI 318S-2011: 10.5.1.):

$$A_{s,min} = \frac{0,8 * \sqrt{f'_c}}{f_y} * b_w * d \geq 14/f_y$$

$$A_{s,min1} = 3,49 \geq 6,74 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min1} = 6,74 \text{ cm}^2$$

Límite del acero mínimo (ACI 318S-2011: 10.5.3; R10.5.3):

$$A_{s,min2} = \frac{4}{3} * A_f = 8,8 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luego: } A_{s,min} = \text{MIN}(A_{s,min1}; A_{s,min2}) = 6,74 \text{ cm}^2$$

Acero interior por flexión:

$$A_{si} = \text{MAX}(A_{sf}; A_{s,min}) = 6,74 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento:

$$S = \frac{A_{sb}}{A_s} * b_w = 29,4 \text{ cm} = 0,29 \text{ m}$$

Se tomará un valor moderado para el espaciamiento de $S = 0,25 \text{ m}$.

$\emptyset 5/8" @ 0,25 \text{ m ACERO VERTICAL INTERIOR (PRINCIPAL)}$

Acero vertical exterior "A_{se}"

Parámetros:

Recubrimiento: $r = 4,0 \text{ cm}$

Acero colocado: $d_{b3} = 3/8"$

Área del acero colocado: $A_{sb} = 0,71 \text{ cm}^2$

Peralte efectivo: $d = t_m - \left(r + \frac{d_{b3}}{2} \right) = 20,5 \text{ cm}$

Acero mínimo (ACI 318S-2011: 14.3.2. – Cuantía mínima del refuerzo vertical):

$\rho t = 0,0012$ para $d_b \leq 5/8"$ y $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$$A_{s,min1} = \rho t * b_w * t_m$$

$$A_{s,min1} = 3,00 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento:

$$S = \frac{A_{sb}}{A_{s,min}} * b_w = 23,75 \text{ cm} = 0,24 \text{ m}$$

Se tomará un valor moderado para el espaciamiento de $S = 0,25 \text{ m}$.

$\emptyset 3/8" @ 0,25 \text{ m ACERO VERTICAL EXTERIOR}$

Acero horizontal

Parámetros:

Recubrimiento: $r = 4,0 \text{ cm}$

Acero colocado: $d_{b4} = 3/8"$

Área del acero colocado: $A_{sb} = 0,71 \text{ cm}^2$

$$\text{Peralte efectivo: } d = t_m - \left(r + \frac{d_{b4}}{2} \right) = 20,5 \text{ cm}$$

Cuantía mínima (ACI 318S-2011: 14.3.3. – Cuantía mínima para refuerzo horizontal)

$$\rho t = 0,002; db \leq 5/8" \text{ y } f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{s,t} = \rho t * 100 * b$$

$$A_{s,t} = 5,00 \text{ cm}^2$$

Acero en la corona

Límite de espaciamiento (ACI 318S-2011: 14.3.4b):

$$2 \text{ cm} \leq S \leq b/3$$

$$2 \text{ cm} \leq S \leq 8,33 \text{ cm} \rightarrow \text{Se asume un valor de } S = 10 \text{ cm} = 0,10 \text{ m}$$

Acero exterior:

$$A_{s,he1} = \left(\frac{2}{3} \right) * A_{s,t} = 3,33 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_{sb}}{A_{s,he1}} = 0,21 \text{ m} \rightarrow \text{Se asumirá un valor de } S = 0,20 \text{ m}$$

$\emptyset 3/8" @ 0,20 \text{ m ACERO HORIZONTAL EN LA CORONA (EXTERIOR)}$

Acero interior:

$$A_{s,hi1} = A_{st} - A_{s,he1} = 1,67 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_{sb}}{A_{s,hi1}} = 0,43 \text{ m} \rightarrow \text{Se asumirá un valor moderado de } S = 0,20 \text{ m}$$

$\emptyset 3/8" @ 0,20 \text{ m ACERO HORIZONTAL EN LA CORONA (INTERIOR)}$

Acero en el tramo inferior

Límite de espaciamiento (ACI 318S-2011: 14.3.4b):

$$2 \text{ cm} \leq S \leq b/3$$

$$2 \text{ cm} \leq S \leq 8,33 \text{ cm} \rightarrow \text{Se asume un valor de } S = 10 \text{ cm} = 0,10 \text{ m}$$

Acero exterior:

$$A_{s,he1} = \left(\frac{2}{3} \right) * A_{s,t} = 3,33 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_{sb}}{A_{s,he1}} = 0,21 \text{ m} \rightarrow \text{Se asumirá un valor de } S = 0,20 \text{ m}$$

$\emptyset 3/8" @ 0,20 \text{ m ACERO HORIZONTAL INFERIOR (EXTERIOR)}$

Acero interior:

$$A_{s,hi1} = A_{st} - A_{s,he1} = 1,67 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_{sb}}{A_{s,hi1}} = 0,20 \text{ m} \rightarrow \text{Se asumirá un valor moderado de } S = 0,20 \text{ m}$$

$\emptyset 3/8'' @ 0,20 \text{ m ACERO HORIZONTAL INFERIOR (INTERIOR)}$

Chequeo por corte

Cortante actuante:

$$V_{u,max} = 6\,175,0 \text{ kg}$$

Cortante resistente (ACI 318-2011: 11.2.1.1.):

$$\emptyset V_c = \emptyset * 0,53 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

$$\emptyset V_c = 11\,639,45 \text{ kg} \geq V_{u,max} = 6\,175,0 \text{ kg} \rightarrow \text{Se cumple lo propuesto.}$$

1.2. Diseño de vertedero rectangular

Para el diseño del vertedero rectangular se utilizó el software HCanales; con ello, se determinó el valor de la carga sobre el vertedero (h), para ello se realizó iteraciones hasta obtener el caudal de diseño que es igual a $Q_d = 0,058 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabla 35: Datos de diseño del vertedero rectangular

Datos y resultado de la carga sobre el vertedero			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	0,058	m ³ /s
Longitud de cresta	L	0,40	m
Número de contracciones	n	0	-
Coefficiente de descarga	Cd	1,84	-
Carga sobre el vertedero	h	0,178	m

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El valor de la carga sobre el vertedero fue hallado utilizando el software HCanales.

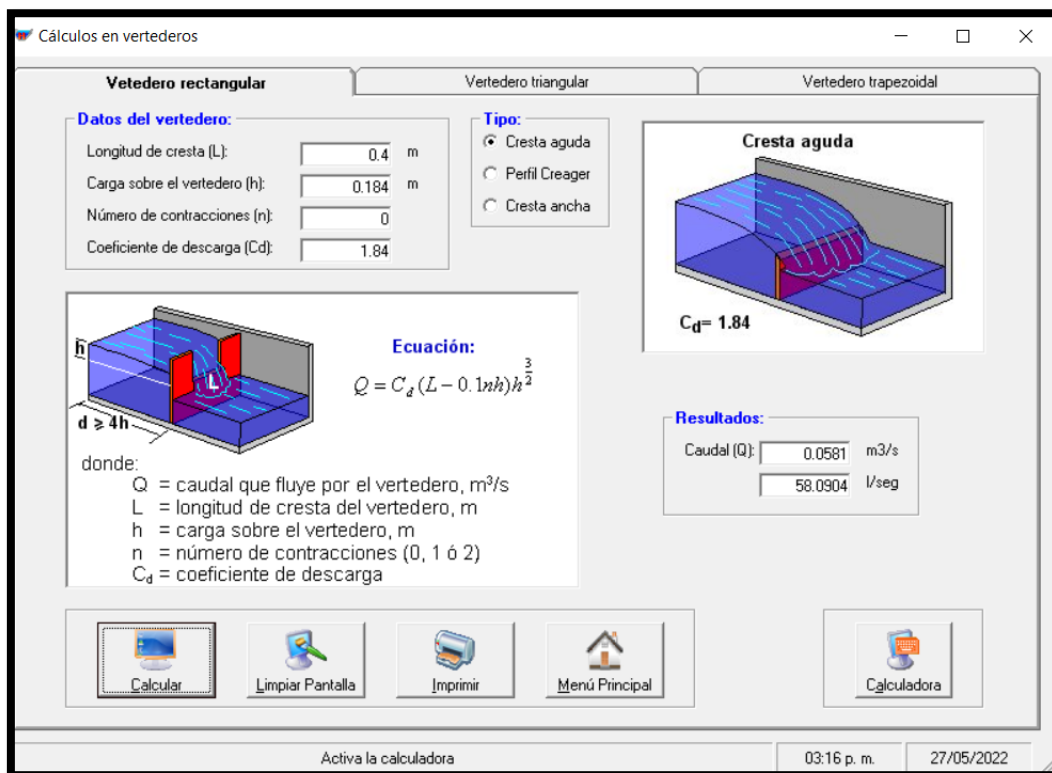


Figura 7: Vista de cálculo de carga sobre el vertedero en HCanales (Elaboración propia)

Tabla 36: Resultado de iteraciones de cargas y caudales para el vertedero rectangular

N	Carga sobre vertedero		Caudal	
	h		Q	
	(m)	(mm)	(m ³ /s)	(l/s)
1	0.010	10	0.0007	0.7
2	0.020	20	0.0021	2.1
3	0.030	30	0.0038	3.8
4	0,040	40	0,0059	5,9
5	0,050	50	0,0082	8,2
6	0,060	60	0,0108	10,8
7	0,070	70	0,0136	13,6
8	0,080	80	0,0167	16,7
9	0,090	90	0,0199	19,9
10	0,100	100	0,0233	23,3
11	0,110	110	0,0269	26,9
12	0,120	120	0,0306	30,6
13	0,130	130	0,0345	34,5
14	0,140	140	0,0386	38,6
15	0,150	150	0,0428	42,8
16	0,160	160	0,0471	47,1
17	0,170	170	0,0516	51,6
18	0,180	180	0,0562	56,2
19	0,184	184	0,0581	58,1
20	0,190	190	0,0610	61,0
21	0,200	200	0,0658	65,8

N	Carga sobre vertedero		Caudal	
	h		Q	
	(m)	(mm)	(m ³ /s)	(l/s)
22	0,210	210	0,0708	70,8
23	0,220	220	0,0759	75,9
24	0,230	230	0,0812	81,2
25	0,240	240	0,0865	86,5
26	0,250	250	0,0920	92,0
27	0,260	260	0,0976	97,6
28	0,270	270	0,1033	103,3
29	0,280	280	0,1090	109,0
30	0,290	290	0,1149	114,9
31	0,300	300	0,1209	120,9

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Las iteraciones se realizaron con la finalidad de obtener la carga sobre el vertedero para un caudal semejante al caudal de diseño.

2. Diseño Hidráulico del Desarenador

Una captación de tipo tirolesa requiere necesariamente de un desarenador, para lo cual se utilizó los siguientes datos.

Tabla 37: Datos requeridos para el diseño hidráulico del desarenador

Datos para el diseño hidráulico del desarenador			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Datos de campo			
Caudal promedio	Q	0,058	m ³ /s
Caudal en época de avenidas	Q _{max}	0,0667	m ³ /s
Peso específico del material a sedimentar	ρ _s	2 600	kg/m ³
Peso específico del agua turbia	ρ _w	1 030	kg/m ³
Diámetro de partículas a sedimentar	d	0,00025	m
Datos de canales			
Canal de entrada	b	0,40	m
	h	0,55	m
	z	0,00	m
	y _{max}	0,30	m
Canal de salida	b	0,40	m
	h	0,55	m
	z	0,00	m
	y _n	0,08	m
Datos de diseño			
Profundidad	d _d	0,68	m ≥ y _{max}
Profundidad adicional	ΔZ	0,00	m
Pendiente del fondo del desarenador	S	0,10	%
Coefficiente de descarga para aliviadero	C _d	1,6	-

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La información es obtenida de cálculos anteriores para el diseño de la bocatoma. El valor del caudal en época de avenidas es el 15 % más del caudal promedio y se

verifica que la profundidad d_d es mayor al tirante máximo y_{max} .

Cálculo de la velocidad del flujo “ V_H ” en el tanque

Para los cálculos se utilizó la fórmula de Camp y se tuvo en consideración que la velocidad de flujo se entre 0,20 m/s y 0,50 m/s.

$$\text{Fórmula de Camp: } V_H = a\sqrt{d} \left(\frac{cm}{s}\right)$$

Donde:

a = Constante en función del diámetro

d = Diámetro (mm)

Tabla 38: Constante “a” en función del diámetro

Constante “a” en función de “d”	
a	d (mm)
51	<0,1
44	0,1 - 1,0
36	>1,0

Fuente “Diseño de Estructuras Hidráulicas” (Villón Bejar, 2005).

Nota: Se tomará un valor de “a” igual a 44 debido a que se trabaja con un diámetro de partículas de 0,25 mm.

En ese sentido se tiene que la velocidad de flujo es igual a:

$$V_H = 44\sqrt{0,25} = 22 \frac{cm}{s} = 0,22 m/s$$

Cálculo de la velocidad de caída “ V_d ”

Se tomó en consideración algunos criterios recomendados para micro centrales hidráulicas cuya velocidad de caída debe ser menor a 0,03 m/s ($V_d > 0,03 m/s$); además, se requirió de información de carácter medible como el peso específico del material a sedimentar y el peso específico del agua turbia.

Tabla 39: Tabla elaborada por Arkhangelski (1935)

Velocidades de sedimentación	
d (mm)	V_d (cm/s)
0.05	0.178
0.10	0.692
0.15	1.560
0.20	2.160
0.25	2.700
0.30	3.240

Velocidades de sedimentación	
d (mm)	V _d (cm/s)
0.35	3.780
0.40	4.320
0.45	4.860
0.50	5.400
0.55	5.940
0.60	6.480
0.70	7.320
0.80	8.070
1.00	9.440
2.00	15.290

Nota: Arkhangelski elaboró una tabla de velocidades de sedimentación con relación al diámetro de partículas (1935).

De acuerdo a la tabla 39, se tiene para un diámetro de partícula de 0,25 mm le corresponde una velocidad de sedimentación V_d igual a 2,70 cm/s.

$$V_d = 2,70 \frac{cm}{s} = 0,027 m/s$$

También, se aplicó la fórmula de Owens para calcular la velocidad de decantación "V_d".

$$V_d = k\sqrt{d(\rho_s - 1)}$$

Donde:

V_d = Velocidad de decantación (m/s)

d = Diámetro de partículas (m)

ρ_s = Peso específico del material (gr/cm³)

k = constante que varía de acuerdo a la forma y naturaleza de los granos.

Tabla 40: Valores para la constante "k"

Forma y naturaleza	k
Arena esférica	9,35
Granos redondeados	8,25
Granos cuarzo d>3 mm	6,12
Granos cuarzo d<0,7 mm	1,28

Fuente: Villón Bejar, 2005

Nota: Se consideró un valor de k = 8,25 para granos redondeados.

Reemplazando en la fórmula de Owens se tiene:

$$V_d = 8,25\sqrt{0,00025 * (2,6 - 1)} = 0,17 \frac{m}{s} \rightarrow \text{Se verifica}$$

También se aplicó la fórmula de Scotti – Foglieni para calcular la velocidad de decantación "V_d".

$$V_d = 3,8\sqrt{d} + 8,3 * d$$

Donde:

V_d = Velocidad de decantación (m/s)

d = Diámetro de la partícula (m)

Reemplazando en la fórmula de Scotti – Foglieni se tiene:

$$V_d = 3,8\sqrt{0,00025} + 8,3 * 0,00025 = 0,06 \frac{m}{s} \rightarrow \text{Se verifica}$$

Asimismo, se determinó la velocidad de decantación en función de las partículas de arena.

Ver tabla 41.

Tabla 41: Velocidad de decantación de partículas de arena

d (mm)	V_d (m/s)
0.1	0.01
0.3	0.03
0.5	0.05
1.0	0.10

Nota: De manera teórica se asume una velocidad de decantación de 0,03 m/s para un diámetro de 0,3 mm.

Por lo tanto, de los cálculos obtenidos para la velocidad de decantación, se trabajó con el promedio de dichos resultados, cuyo valor es $V_d = 0,071$ m/s. Ver tabla 42.

Tabla 42: Cuadro resumen para la velocidad de decantación " V_d "

Resumen de resultados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Tabla Arkhangelski	V_d	0,027	m/s
Fórmula de Owens	V_d	0,170	m/s
Fórmula de Scotti – Foglieni	V_d	0,060	m/s
Tabla V_d partículas de arena	V_d	0,025	m/s
Promedio	V_d	0,071	m/s

Nota: Con ello se tiene que la velocidad de flujo es $V_h = 0,220$ m/s y la velocidad de decantación es $V_d = 0,071$ m/s. Elaboración propia.

Velocidad vertical de reducción por efectos de la turbulencia

Para su cálculo se utilizó los siguientes criterios:

Criterio de Eghiazaroff

$$w = \frac{V_h}{5,7 + 2,3 * d_d} = 0,0303 \text{ m/s}$$

Criterio de Bestelli et al

$$\alpha = \frac{0,132}{\sqrt{d_d}} = 0,1601$$

Criterio de Levin

$$w = \alpha * V_h = 0,0352 \text{ m/s}$$

Cálculo de las dimensiones del tanque

Se realizó el predimensionamiento determinando variables como la profundidad, la longitud del desarenador, el ancho del desarenador, así como la verificación de la capacidad del tanque; los cuales se presentan a continuación:

Profundidad “d_d”: Se recomienda un valor de $d_d \leq 1,00 \text{ m}$, por ello se asumió un valor $d_d = 0,68 \text{ m}$ que cumple con ser mayor que el tirante máximo.

Cálculo de la longitud del desarenador “L_d”: Se calculó a partir de varios métodos matemáticos y al final se trabajó con el promedio de dichos resultados.

Longitud por la teoría simple de sedimentación

$$L_d = d_d * \frac{V_h}{V_d} = 2,11 \text{ m}$$

Longitud por efecto retardador de la turbulencia

$$L_d = d_d * \frac{V_h}{V_d - w}$$

$$\text{Para } w = 0,0303 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow L_d = 3,67 \text{ m}$$

$$\text{Para } w = 0,0352 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow L_d = 4,18 \text{ m}$$

Longitud por criterio de bajas velocidades y altas velocidades

$$L_d = K * d_d * \frac{V_h}{V_d}$$

Tabla 43: Coeficiente para el cálculo de desarenadores de baja velocidad

Velocidad de escurrimiento	K
V _d (m/s)	
0.20	1.25
0.30	1.50
0.50	2.00

Para hallar el valor de "K", se realizó una interpolación:

Para $V_d = 0,0710 \text{ m/s} \rightarrow K = 1,41 \rightarrow L_d = 2,97 \text{ m}$

Tabla 44: Coeficiente para el cálculo de desarenadores de alta velocidad

Dimensiones de las partículas a eliminar	
d	K
(mm)	
1.00	1.00
0.50	1.30
0.25	2.00
0.30	2.00

En el rango de diámetro de partículas entre 0,25 y 0,30 el coeficiente de K es igual a 2,00, para efectos de mayor precisión se realizó una interpolación para calcular el valor de K para un diámetro de partículas de 0,25 mm.

Para $d = 0,25 \text{ mm} \rightarrow K = 1,23 \rightarrow L_d = 2,58 \text{ m}$, se tomará el promedio de ambos resultados, siendo $L_d = 2,55 \text{ m}$ y por seguridad se tomará su múltiplo superior aumentado en 0,15; entonces: **$L_d = 2,65 \text{ m}$** .

Cálculo del ancho del desarenador "w"

$$Q = V_h * A = V_h * (d_d * W) \rightarrow W = \frac{Q}{V_h * d_d}$$

$$W = \frac{0,66}{0,22 * 0,68} = 0,40 \text{ m}$$

Se asumirá un ancho de desarenador igual a $W = 1,00 \text{ m}$.

Verificación de la capacidad del tanque

Por tiempo de sedimentación: $t = \frac{d_d}{V_d} = 9,58 \text{ s}$

Volumen de agua conducido en un tiempo "t": $Vol_1 = Q * t = 0,5555 \text{ m}^3$

Volumen de agua: $Vol_2 = W * d_d * L_d = 0,7208 \text{ m}^3$

Finalmente se debe verificar que $Vol_2 \geq Vol_1$, lo cual es correcto.

Cálculo de "d_r": $d_r = \Delta Z + L_d * S = 0,00 \text{ m}$

Cálculo de "h_s": $h_s = d_d - y_{max} = 0,38 \text{ m}$

Diseño del aliviadero

Para el diseño del aliviadero se trabajó con un caudal $Q = 0,058 \text{ m}^3/\text{s}$ y un caudal máximo $Q_{\max} = 0,0667 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ecuación del vertedero: $Q_v = C_d * L_v * (h_v)^{3/2}$

Donde:

Q_v = Caudal vertido

C_d = Coeficiente de descarga

L_v = Longitud del vertedero

h_v = Carga sobre el vertedero

$Q_v = Q_{\max} - Q = 0,0087 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = (w * d_1) * V_h \rightarrow d_1 = \frac{Q}{W * V_h} = 0,26 \text{ m}$$

$$Q_{\max} = (w * d_2) * V_h \rightarrow d_2 = \frac{Q_{\max}}{W * V_h} = 0,30 \text{ m}$$

Entonces: $h_v = d_2 - d_1 = 0,040 \text{ m}$

Reemplazando en la ecuación del vertedero se tiene:

$$L_v = \frac{Q}{C_d (h_v)^{3/2}} = 0,68 \text{ m, se asumirá un valor de } L_v = 0,70 \text{ m}$$

Además, se debe cumplir la siguiente relación: $H_v = h - d_1 \geq h_v$

$\rightarrow H_v = 0,20 \geq 0,040 \text{ m}$, se cumple la relación.

Transiciones

Longitud de transición en la entrada " L_{Te} "

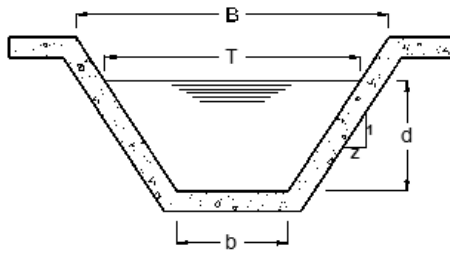
Se calculó aplicando su fórmula: $L_{Te} = \frac{T_{1e} - T_{2e}}{2 * \tan \alpha}$

Donde:

T_{1e}, T_{2e} = Espejos de agua (m)

α = Ángulo que forma n los espejos de agua. Se utilizó el criterio de Julian Hinds, y según el Bureau of Reclamation para un $\alpha = 12,5^\circ$, con la cual se consiguen pérdidas de carga mínimas en transición.

Características del canal de entrada



$b = 0,40$ (ancho de plantilla)

$B = 0,40$ (ancho superior)

$Z = 0,00$ (talud)

$y = 0,30$ (tirante de agua)

$T = 0,40$ (base mojada)

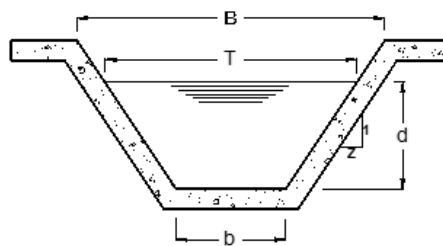
$T_{1e} = W = 1,00$ m

$T_{2e} = T = 0,40$ m (ancho del espejo de agua en la entrada del desarenador)

Reemplazando:

$L_{Te} = 1,35$ m = 1,40 m por temas constructivos se asumirá ese valor.

Longitud de transición en la salida " L_{Ts} "



Para el diseño se utilizó las siguientes características del canal de salida:

$b = 0,40$ m (ancho de plantilla)

$B = 0,40$ m (ancho superior)

$Z = 0,00$ (talud)

$y = 0,30$ m (tirante de agua)

$T = 0,40$ m (base mojada)

$T_{1s} = W = 1,00$ m

$T_{2s} = b = 0,40$ m (ancho del canal en la salida del desarenador)

Reemplazando en la fórmula de " L_{Ts} ":

$L_{Ts} = 1,40$ m

Diseño de la compuerta de lavado

Caudal:

$$Q = C_d * A_0 * \sqrt{2 * g * h}$$

Donde:

Q = Caudal a descargar por el orificio

C_d = Coeficiente de descarga = 0,60 para un orificio de pared delgada

A₀ = Área del orificio en este caso igual al área de la compuerta

h = Carga sobre el orificio (desde la superficie del agua hasta el centro del orificio)

g = Aceleración de la gravedad 9,81 m/s²

Velocidad de salida

$$V = Q/A_0$$

Donde:

V = Velocidad de salida por la compuerta, debe ser de 3 a 5 m/s, para el concreto cuyo límite erosivo es de 6 m/s

Q = Caudal descargado por la compuerta

A₀ = Área del orificio en este caso igual al área de la compuerta

$$A_0 = b_c * h_c$$

$$h = y - h_c/2$$

$$y = d_d + d_r = 0,68$$

$$C_d = 0,60$$

Reemplazando en la ecuación del caudal se tiene:

$$(0,5) * h_c^2 + (-y) * h_c + \left(\frac{Q}{C_d * \sqrt{2 * g * b_c}} \right)^2 = 0$$

Asumiendo: b_c = 0,40, se obtiene un valor de h_c = 0,10 m.

Se debe cumplir la siguiente relación: h_c ≤ d_r + d_d

$$0,10 \text{ m} \leq 0,68 \text{ m} \text{ (cumple)}$$

$$Q = 0,0667 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 2,1 \text{ m/s} < 5,0 \text{ m/s} \text{ (cumple)}$$

Por lo tanto: b_c = 0,40 m y h_c = 0,10 m, para una mayor eficiencia y seguridad se asumirá un valor de h_c = 0,40 m.

Perfil del azud

$$P = 0,68 \text{ (} P = d_d + d_r \text{)}$$

$$Q_v = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_v = 0,70 \text{ m}$$

$$h_v = 0,04 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$V_0 = \frac{Q_v}{L_v(P + h_v)} = 0,017 \text{ m/s}$$

$$H_0 = h_v + \frac{V_0^2}{2 * g} = 0,04 \text{ m}$$

Con todos los resultados se obtiene el perfil de la cresta:

Tabla 45: Perfil de la cresta

Punto	X	Y	x'	y'
A	0.10	1.00		
B	0.10	1.68		
C	0.11	1.69		
0	0.11	1.69	0.00	0.00
1	0.11	1.69	0.01	0.00
2	0.13	1.69	0.02	0.00
3	0.15	1.66	0.05	-0.03
4	0.18	1.63	0.07	-0.06
5	0.22	1.56	0.11	-0.13
6	0.25	1.48	0.14	-0.20
7	0.28	1.40	0.17	-0.29
8	0.31	1.29	0.20	-0.39
9	0.34	1.18	0.23	-0.51
10	0.37	1.05	0.26	-0.64
11	0.40	0.90	0.29	-0.78
12	0.43	0.75	0.32	-0.94
13	0.46	0.58	0.35	-1.11
14	0.49	0.40	0.38	-1.29
15	0.52	0.20	0.41	-1.48
16	0.55	0.00	0.44	-1.69
17	0.58	-0.22	0.47	-1.91
18	0.61	-0.46	0.50	-2.14

Fuente: Elaboración propia.

2.1. Diseño Estructural del Desarenador

Para realizar el análisis estructural se utilizó los siguientes datos:

Tabla 46: Datos empleados para el diseño

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Espesor del muro	t _m	0,15	m
Espeso de solera	t _b	0,15	m
Ancho de solera	b	1,00	m
Talud	Z	0,0	-
Peso unitario del suelo	γ _s	2 180	m
Peso unitario del suelo saturado	γ _{sat}	0	kgf/m ³
Peso unitario del agua	γ _w	998	kgf/m ³
Profundidad del suelo	h _{ns}	0,0	m

Profundidad del nivel freático	h_{nf}	0,0	m
Ángulo de fricción interna del suelo	ϕ	20	°
Descripción del suelo debajo del canal	Arenas arcillosas (SC)		
Sobrecarga	SC	500	kgf/m ²
Peso unitario del concreto	γ_c	2 300	kgf/m ³
Resistencia del concreto a la compresión	f'_c	210	kgf/cm ²
Esfuerzo de fluencia del refuerzo	f_y	4 200	kgf/cm ²
Refuerzo del muro – Cara 1			
Refuerzo por flexión	$d_{b1,m}$	3/8	pulg
Refuerzo longitudinal	$d_{bl,m}$	3/8	pulg
Recubrimiento	$r_{1,m}$	4,0	cm
Refuerzo de la solera – Cara 2			
Refuerzo por flexión	$d_{b2,s}$	3/8	pulg
Refuerzo longitudinal	$d_{bt,s}$	3/8	pulg
Recubrimiento	$r_{2,s}$	2,0	cm

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los valores son resultado de los estudios básicos de ingeniería.

Criterios utilizados para el diseño estructural

Se utilizó el texto “Diseño de Obras Hidráulicas, Sistemas de Conducción: Canales, Sifones y Acueductos”, del Capítulo de Estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería, en su capítulo VI: Aplicaciones de diseño estructural del Ing. Marco Zavala Castillo.

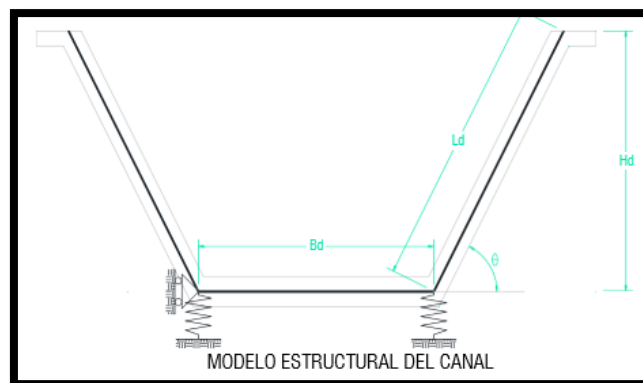


Figura 8: Cargas sobre el muro de un canal (Elaboración propia)

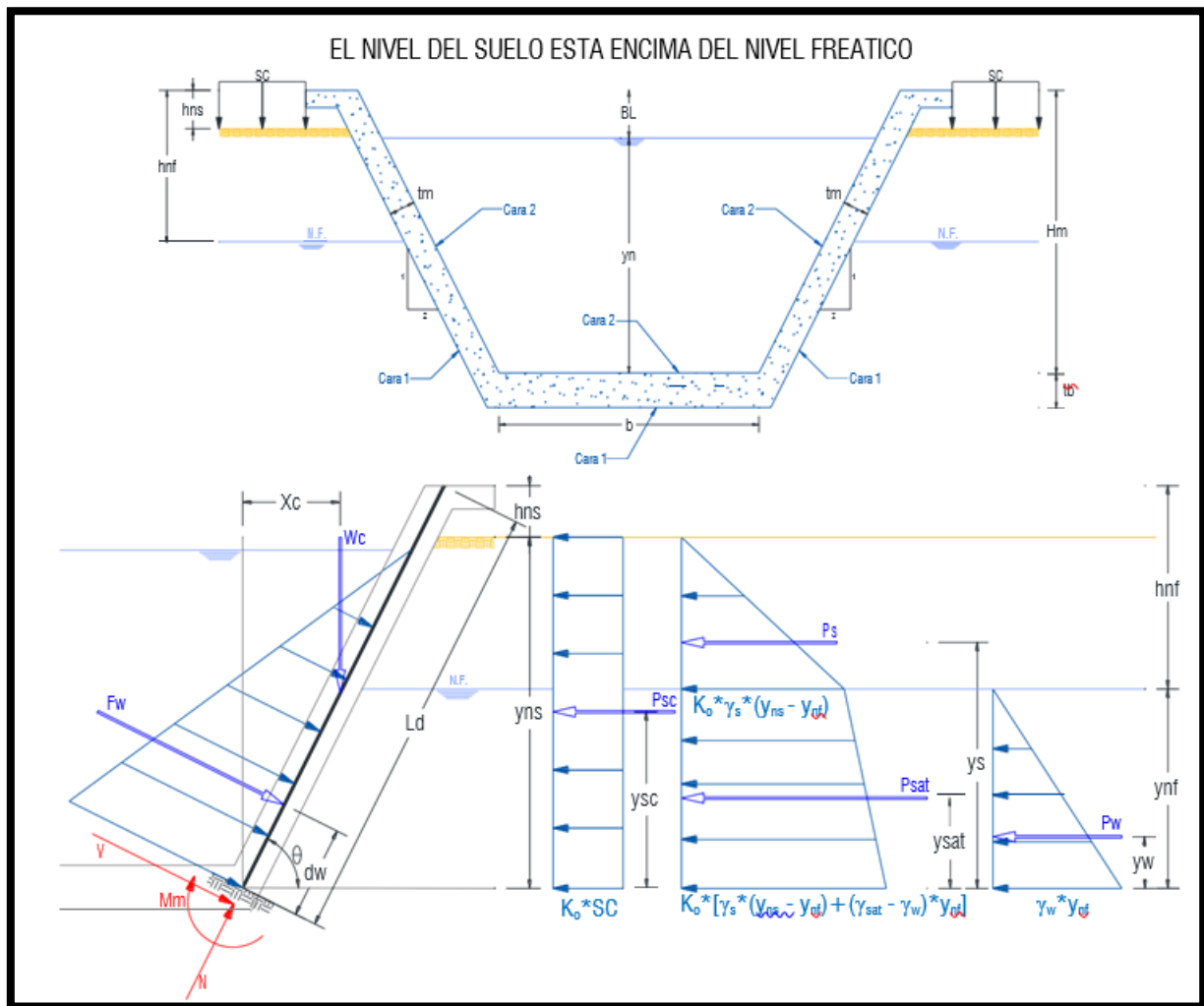


Figura 9: Vista de las cargas que se ejercen al muro de un canal típico (Elaboración propia)

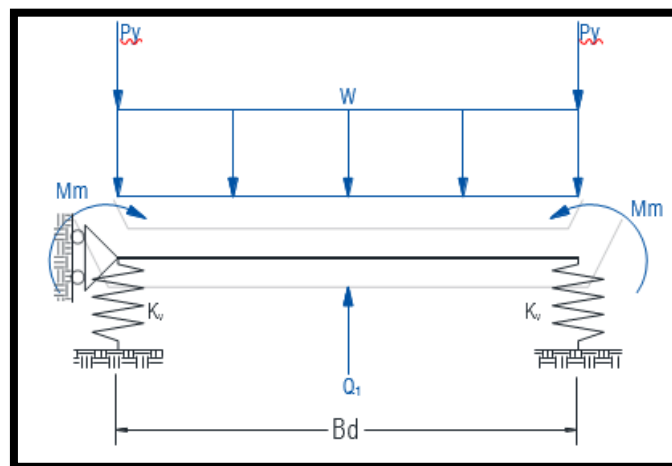


Figura 10: Vista de las cargas sobre la solera del canal (Elaboración propia)

PARAMETROS

Altura del muro " H_m "

$$H_m = y_n + BL = 0.05 + 0.87$$

$$H_m = 0.92 \text{ m}$$

Angulo " θ "

$$\theta = \tan^{-1}(1/Z) = \tan^{-1}(1/0.0)$$

$$\theta = 90^\circ$$

Altura de diseño " H_d "

$$H_d = H_m + t_m/2 = 0.92 + 0.15/2$$

$$H_d = 0.995 \text{ m}$$

Longitud " L_d "

$$L_d = H_d / \text{sen}(\theta) = 0.995 / \text{sen}(90)$$

$$L_d = 0.995 \text{ m}$$

Ancho de la solera de diseño " B_d "

$$B_d = b + t_m \cdot \tan(\theta/2) = 1.00 + 0.15 \cdot \tan(90/2)$$

$$B_d = 1.15 \text{ m}$$

Espesor del suelo " y_{ns} "

$$y_{ns} = H_d - h_{ns} = 0.995 - 0.00$$

$$y_{ns} = 0.995 \text{ m}$$

Espesor del agua freática " y_{nf} "

$$y_{nf} = H_d - h_{nf} = 0.995 - 0.00$$

$$y_{nf} = 0.00 \text{ m}$$

Coefficiente de presión de tierra en reposo " K_0 "

Se asumió que el canal se encontrará "enterrada" o "semi enterrada", en ese sentido, la presión será igual en ambos lados, por lo que se entiende que dicha estructura se encuentra en reposo.

Para suelos de grano grueso, el coeficiente de presión de tierra en reposo se estima por la relación empírica de Jaky (1944). (Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das, página 292)

$$K_0 = 1 - \text{sen}(\phi) = 1 - \text{sen}(20)$$

$$K_0 = 0.658$$

2.2. Análisis estructural del muro

CARGAS

Fuerza de la sobrecarga:

$$P_{sc} = K_0 \cdot SC \cdot y_{ns} \cdot b_w = 0.658 \cdot 500.00 \cdot 0.995 \cdot 1.00$$
$$P_{sc} = 327.36 \text{ kgf}$$

Fuerza del suelo no saturado:

$$P_s = 0.5 \cdot K_0 \cdot \gamma_s \cdot (y_{ns} - y_{nf})^2 \cdot b_w = 0.5 \cdot 0.658 \cdot 2180 \cdot (0.995 - 0.00)^2 \cdot 1.00$$
$$P_s = 710.07 \text{ kgf}$$

Fuerza del suelo saturado:

$$P_{sat} = 0.5 \cdot K_0 \cdot [2 \cdot \gamma_s \cdot (y_{ns} - y_{nf}) + (\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot y_{nf}] \cdot y_{nf} \cdot b_w$$
$$P_{sat} = 0.5 \cdot 0.658 \cdot [2 \cdot 2180 \cdot (0.995 - 0.00) + (0 - 998.00) \cdot 0.00] \cdot 0.00 \cdot 1.00$$
$$P_{sat} = 0.00$$

Fuerza del agua freática:

$$P_w = 0.5 \cdot \gamma_w \cdot y_{nf}^2 \cdot b_w = 0.5 \cdot 998.00 \cdot 0.000^2 \cdot 1.00$$
$$P_w = 0.00 \text{ kgf}$$

Peso del muro del canal:

$$W_c = \gamma_c \cdot L_d \cdot t_m \cdot b_w = 2300 \cdot 0.995 \cdot 0.15 \cdot 1.00$$
$$W_c = 343.28 \text{ kgf}$$

BRAZOS DE PALANCA

$$y_{sc} = y_{ns} / 2 = 0.995 / 2$$
$$y_{sc} = 0.498 \text{ m}$$

$$y_s = (y_{nf} + (y_{ns} - y_{nf}) / 3) = 0.00 + (0.995 - 0.00) / 3$$
$$y_s = 0.332 \text{ m}$$

$$y_{sat} = \frac{y_{nf} \cdot \frac{3 \cdot \gamma_s \cdot (y_{ns} - y_{nf}) + (\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot y_{nf}}{2 \cdot \gamma_s \cdot (y_{ns} - y_{nf}) + (\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot y_{nf}}}{3}$$
$$y_{sat} = \frac{0.00}{3} \cdot \frac{3 \cdot 2180 \cdot (0.995 - 0.00) + (0 - 998) \cdot 0.00}{2 \cdot 2180 \cdot (0.995 - 0.00) + (0 - 998) \cdot 0.00}$$

$$y_{sat} = 0.00 \text{ m}$$

$$y_w = y_{nf} / 3 = 0.00 / 3$$
$$y_w = 0.00 \text{ m}$$

$$d_w = (L_d - BL / \sin(\theta)) / 3 = (0.995 - 0.87 / \sin(90^\circ)) / 3$$
$$d_w = 0.042 \text{ m}$$

$$X_c = L_d / 2 \cdot \cos(\theta) = 0.995 / 2 \cdot \cos(90^\circ) = 0 \text{ m}$$

MOMENTO FLECTOR, NORMAL Y CORTANTE

Para canal vacío

$$\begin{aligned}M_{m1} &= P_{sc} * y_{sc} + P_s * y_s + P_{sat} * y_{sat} + P_w * y_w - W_c * X_c \\M_{m1} &= 327.36 * 0.498 + 710.07 * 0.332 + 0.00 * 0.00 + 0.00 * 0.00 - 343.28 * 0.00 \\M_{m1} &= 398.7685 \text{ kgf*m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_1 &= (P_{sc} + P_s + P_{sat} + P_w) * \cos(\theta) + W_c * \sin(\theta) \\N_1 &= (327.36 + 710.07 + 0.00 + 0.00) * \cos(90^\circ) + 343.28 * \sin(90^\circ) \\N_1 &= 343.28 \text{ kgf}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_1 &= (P_{sc} + P_s + P_{sat} + P_w) * \sin(\theta) - W_c * \cos(\theta) \\V_1 &= (327.36 + 710.07 + 0.00 + 0.00) * \sin(90^\circ) - 343.28 * \cos(90^\circ) \\V_1 &= 1037.43 \text{ kgf}\end{aligned}$$

Para canal con agua

$$\begin{aligned}M_{m2} &= P_{sc} * y_{sc} + P_s * y_s + P_{sat} * y_{sat} + P_w * y_w - W_c * X_c - F_w * d_w \\M_{m2} &= 327.36 * 0.498 + 710.07 * 0.332 + 0.00 * 0.00 + 0.00 * 0.00 - 343.28 * 0.00 - 7.92 * 0.042 \\M_{m2} &= 398.4359 \text{ kgf*m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_2 &= (P_{sc} + P_s + P_{sat} + P_w) * \cos(\theta) + W_c * \sin(\theta) \\N_2 &= (327.36 + 710.07 + 0.00 + 0.00) * \cos(90^\circ) + 343.28 * \sin(90^\circ) \\N_2 &= 343.28 \text{ kgf}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_2 &= (P_{sc} + P_s + P_{sat} + P_w) * \sin(\theta) - W_c * \cos(\theta) - F_w \\V_2 &= (327.36 + 710.07 + 0.00 + 0.00) * \sin(90^\circ) - 343.28 * \cos(90^\circ) - 7.92 \\V_2 &= 1029.51 \text{ kgf}\end{aligned}$$

CARGA VERTICAL QUE SE TRANSFIERE A LA SOLERA

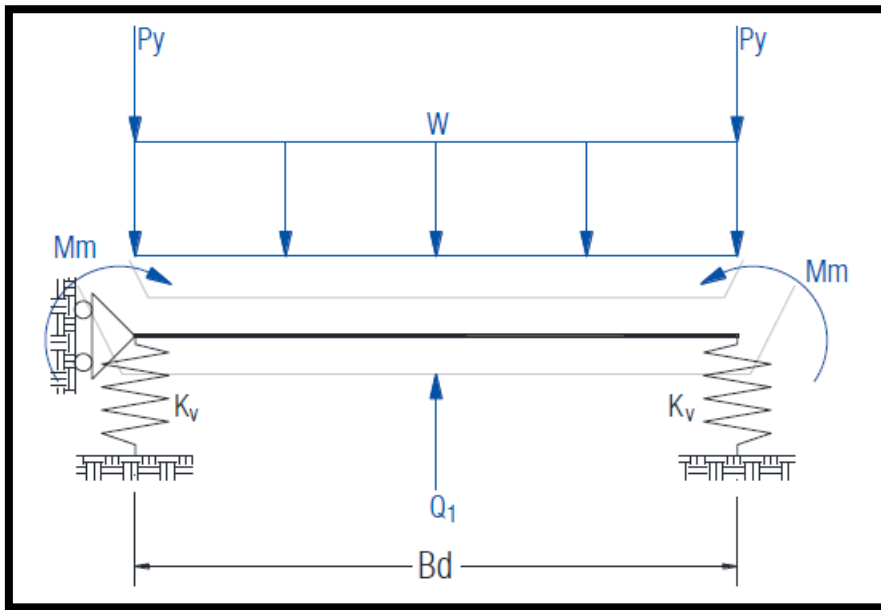
Para canal vacío

$$\begin{aligned}P_{y1} &= N_1 * \sin(\theta) - V_1 * \cos(\theta) \\P_{y1} &= 343.28 * \sin(90^\circ) - 1037.43 * \cos(90^\circ) \\P_{y1} &= 343.28 \text{ kgf}\end{aligned}$$

Para canal con agua

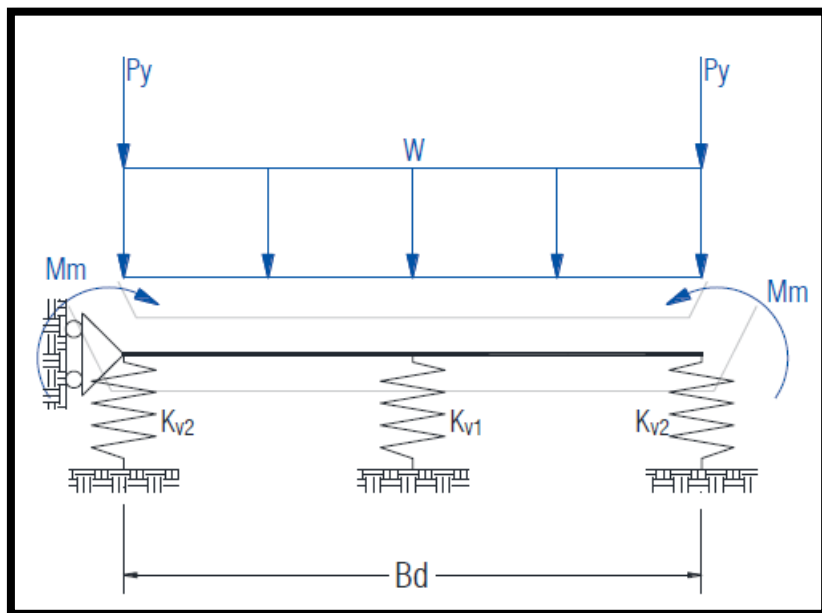
$$\begin{aligned}P_{y2} &= N_2 * \sin(\theta) - V_2 * \cos(\theta) \\P_{y2} &= 343.28 * \sin(90^\circ) - 1029.51 * \cos(90^\circ) \\P_{y2} &= 343.28 \text{ kgf}\end{aligned}$$

2.3. Análisis estructural de la solera



Q1: Representa a la reacción que ejerce el suelo, para poder calcular su valor se asumió un comportamiento como otro resorte lineal, esto ayudó a calcular el asentamiento en la solera, a continuación, se muestra una representación gráfica:

K_{v1} , K_{v2} : Constantes elásticas de los resortes lineales.



CALCULO DE LA CARGA DISTRIBUIDA SOBRE LA SOLERA "W"

Para canal vacío:

$$W_1 = (\gamma_c * t_b - \gamma_w * y_{nf}) * b_w$$

$$W_1 = (2\,300 * 0.15 - 998 * 0.00) * 1.00 = 345.00 \text{ kgf/m}$$

Para canal con agua:

$$W_2 = (\gamma_c * t_b + \gamma_w * y_n - \gamma_w * y_{nf}) * b_w$$

$$W_2 = (2\,300 * 0.15 + 998 * 0.051 - 998 * 0.00) * 1.00 = 395.90 \text{ kgf/m}$$

CALCULO DE LAS CONSTANTE ELASTICAS DE LOS RESORTES LINEALES

$$K_{vi} = K_s * A_i \text{ (Fuente: ANALISIS DE EDIFICIOS, Angel San Bartolomé. Página 162)}$$

El coeficiente de Balasto "K_s" se obtiene de la siguiente tabla:

Coefficientes de Reacción de Subrasante o Coeficiente de Balasto "K_s" (Kgf/cm²/cm)

Descripción de los suelos	Símbolo	K _s (kgf/cm ³)		
		Mínimo	Máximo	Promedio
Gravas bien graduadas	GW	14	20	17
Gravas arcillosas	QC	11	19	15
Gravas mal graduadas	GP	8	14	11
Gravas limosas	GM	6	14	10
Arenas bien graduadas	SW	6	16	11
Arenas arcillosas	SC	6	16	11
Arenas mal graduadas	SP	5	9	7
Arenas limosas	SM	5	9	7
Limos orgánicos	ML	4	8	6
Arcillas con grava o con arena	CL	4	6	5
Limos orgánicos y arcillas limosas	OL	3	5	4
Limos orgánicos	MH	1	5	3
Limos inorgánicos	CH	1	5	3
Arcillas orgánicas	OH	1	4	2

Fuente: CIMENTACIONES DE CONCRETO ARMADO EN EDIFICACIONES. ACI capítulo peruano. Capítulo 04: ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES, Ing. Julio Rivera Feijoo. Página 107.

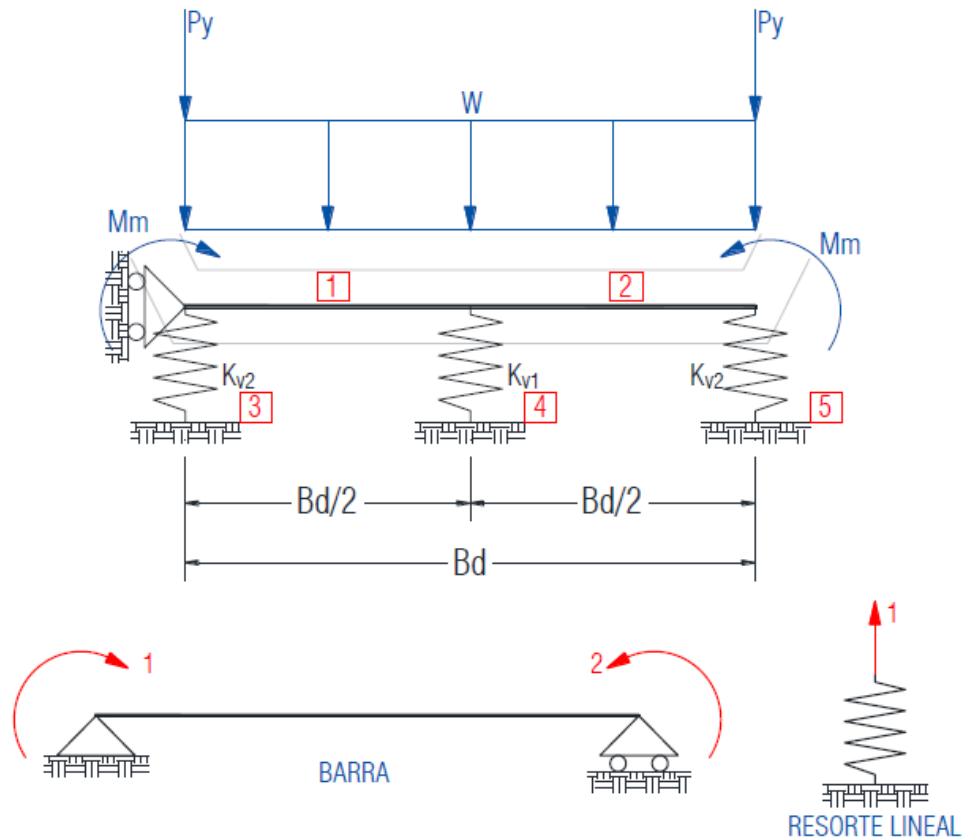
Luego, de acuerdo a la descripción del suelo debajo del canal se tiene:

$$K_s = 11.0 \text{ kgf/cm}^3$$

$$K_{v1} = K_s * (B_d/2 * b_w) = 11.0 * (1.15 * 100/2 * 100) = 63\,250 \text{ kgf/cm} = 6\,325\,000 \text{ kgf/m}$$

$$K_{v2} = K_s * (B_d/4 * b_w) = 11.0 * (1.15 * 100/4 * 100) = 31\,625 \text{ kgf/cm} = 3\,162\,500 \text{ kgf/m}$$

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA SOLERA (Por Método de Flexibilidad o Método de las fuerzas)



Ecuación general del Método de Flexibilidad (Método de las fuerzas)

$$\{D_Q\} = \{D_{QL}\} + [F] * \{Q\}$$

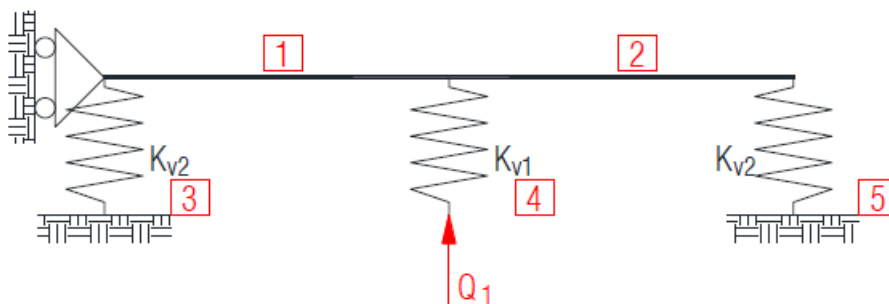
$$\{D_Q\} - \{D_{QL}\} = [F] * \{Q\}$$

$$\{D\} = \{D_Q\} - \{D_{QL}\}$$

$$\{D\} = [F] * \{Q\}$$

Grado de hiperestaticidad total e isostatización de la estructura

$$\text{GHT} = 1$$

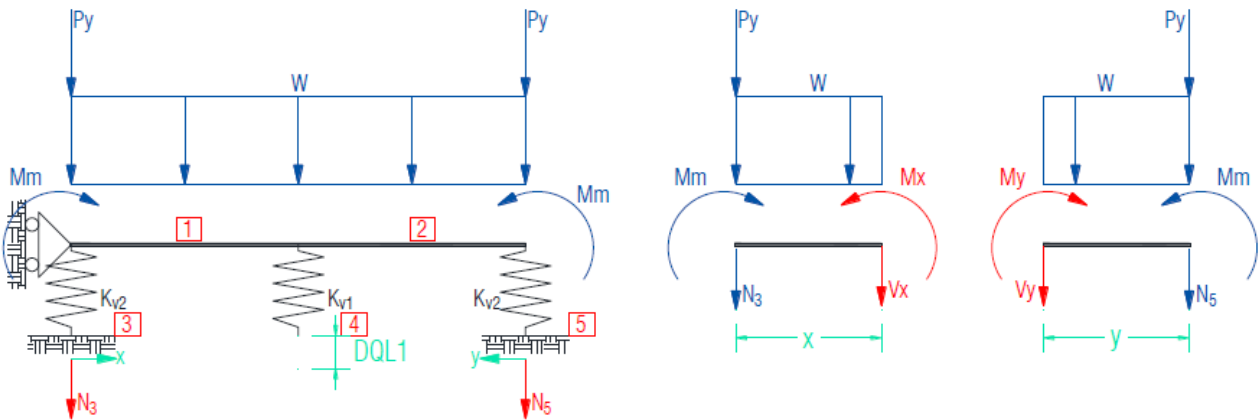


Hallamos $\{D_Q\}$ (Desplazamiento final en dirección de la redundante)

$$\{D_Q\} = \{0\} = 0$$

Hallamos $\{D_{QL}\}$ (Desplazamiento debido a las cargas externas)

$$\{D_{QL}\} = D_{QL1}$$



$$N_3 = -(P_y + W \cdot B_d / 2)$$

$$N_5 = -(P_y + W \cdot B_d / 2)$$

Para canal vacío:

$$N_3 = -(343.28 + 345.00 \cdot 1.15 / 2) = -541.66 \text{ kgf}$$

$$N_5 = -(343.28 + 345.00 \cdot 1.15 / 2) = -541.66 \text{ kgf}$$

Para canal con agua:

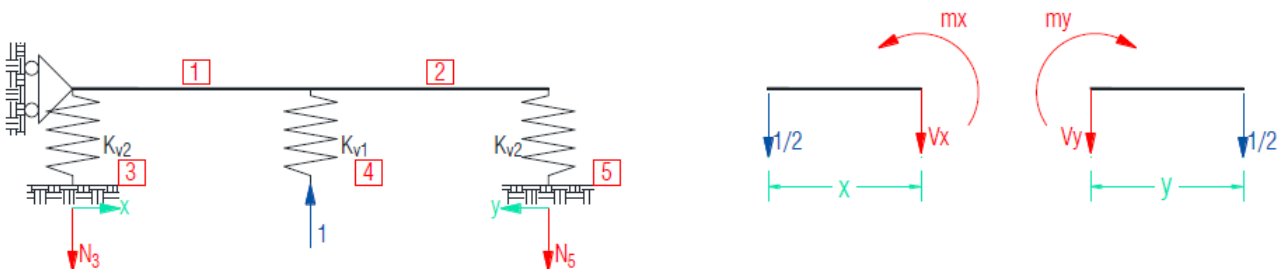
$$N_3 = -(343.28 + 395.90 \cdot 1.15 / 2) = -570.92 \text{ kgf}$$

$$N_5 = -(343.28 + 395.90 \cdot 1.15 / 2) = -570.92 \text{ kgf}$$

$$0 \leq x \leq B_d / 2 : M_x = -(N_3 + P_y) \cdot x - \frac{W \cdot x^2}{2} + M_m$$

$$0 \leq y \leq B_d / 2 : M_y = -(N_5 + P_y) \cdot y - \frac{W \cdot y^2}{2} + M_m$$

Para hallar $D_{QL1} \rightarrow Q_1 = 1$



$$0 \leq x \leq B_d / 2 : m_x = -x / 2$$

$$0 \leq y \leq B_d / 2 : m_y = -y / 2$$

Elemento	Intervalo	M; N	m; n
1	$0 \leq x \leq B_d/2$	$M_m - W \cdot x^2/2 - (N_3 + P_y) \cdot x$	$-x/2$
2	$0 \leq y \leq B_d/2$	$M_m - W \cdot y^2/2 - (N_3 + P_y) \cdot y$	$-y/2$
3	-	$-(P_y + W \cdot B_d/2)$	$1/2$
4	-	0	-1
5	-	$-(P_y + W \cdot B_d/2)$	$1/2$

$$D_{QL1} = \sum \int \frac{M_i \cdot m_i}{E \cdot I} \cdot ds + \sum \frac{N_i \cdot n_i}{K_{vi}}$$

$$D_{QL1} = \int_0^{B_d/2} \frac{[M_m - (N_3 + P_y) \cdot x - W \cdot x^2/2] \cdot (-x/2)}{E \cdot I} dx +$$

$$\int_0^{B_d/2} \frac{[M_m - (N_3 + P_y) \cdot y - W \cdot y^2/2] \cdot (-y/2)}{E \cdot I} dy - \frac{(P_y + W \cdot B_d/2) \cdot (1/2)}{K_{v2}}$$

$$- \frac{(P_y + W \cdot B_d/2) \cdot (1/2)}{K_{v2}}$$

$$D_{QL1} = \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left[-\frac{M_m \cdot B_d^2}{8} + \frac{(N_3 + P_y) \cdot B_d^3}{24} + \frac{W \cdot B_d^4}{128} \right] - \frac{P_y + W \cdot B_d/2}{K_{v2}} \dots\dots\dots (I)$$

Hallamos [F] (Matriz de flexibilidad)

$$[F] = [f_{11}]$$

$$f_{11} = \int_0^{B_d/2} \frac{(-x/2)^2}{E \cdot I} dx + \int_0^{B_d/2} \frac{(-y/2)^2}{E \cdot I} dy + \frac{(1/2)^2}{K_{v2}} + \frac{(1/2)^2}{K_{v2}} + \frac{(-1)^2}{K_{v1}}$$

$$f_{11} = \frac{B_d^3}{48 \cdot E \cdot I} + \frac{1}{2 \cdot K_{v2}} + \frac{1}{K_{v1}} \dots\dots\dots (II)$$

Hallamos {Q} (Redundante)

$$\{D\} = [F] \cdot \{Q\} \rightarrow \{Q\} = [F]^{-1} \cdot \{D\}$$

$$\{Q\} = Q_1$$

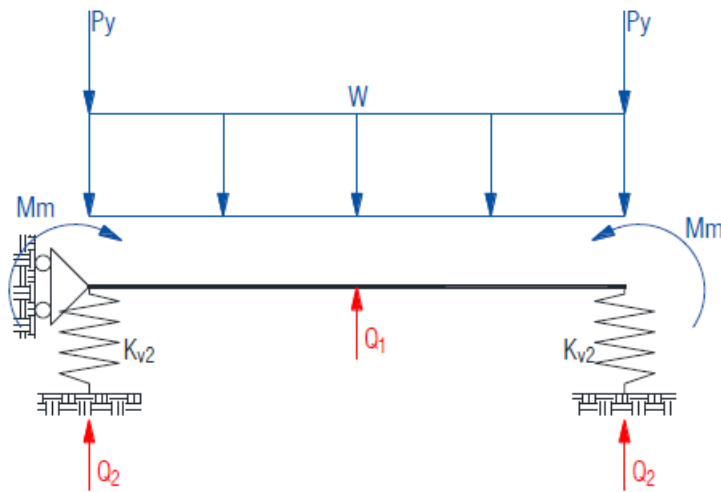
$$[F] = f_{11}$$

$$\{D\} = \{D_Q\} - \{D_{QL}\}$$

$$\{D\} = -D_{QL1}$$

Entonces:

$$Q_1 = (1/f_{11}) \cdot (-D_{QL1}) \dots\dots\dots (III)$$



Hallamos Q_2

$$Q_2 = P_y + W \cdot B_d / 2 - Q_1 / 2 \dots\dots\dots (IV)$$

Hallamos los desplazamientos

$$\delta_1 = Q_1 / K_{v1} \dots\dots\dots (V)$$

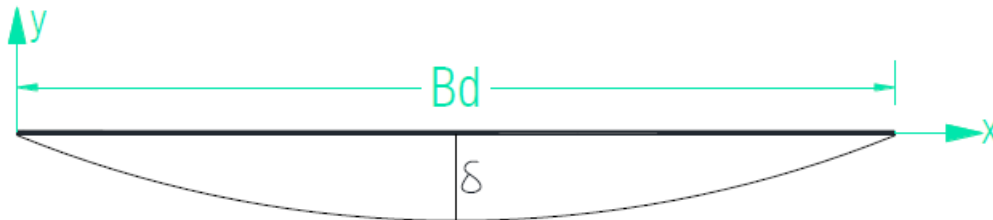
$$\delta_2 = Q_2 / K_{v2} \dots\dots\dots (VI)$$

Hallamos la deflexión en el centro de la solera

$$\delta = \delta_1 - \delta_2 \dots\dots\dots (VII)$$

Hallamos la curva elástica

Asumimos una curva elástica cuadrática en función de la deflexión " δ " y el ancho de solera " B_d "



$$Y(x) = A \cdot x^2 + B \cdot x + C$$

Luego se tiene:

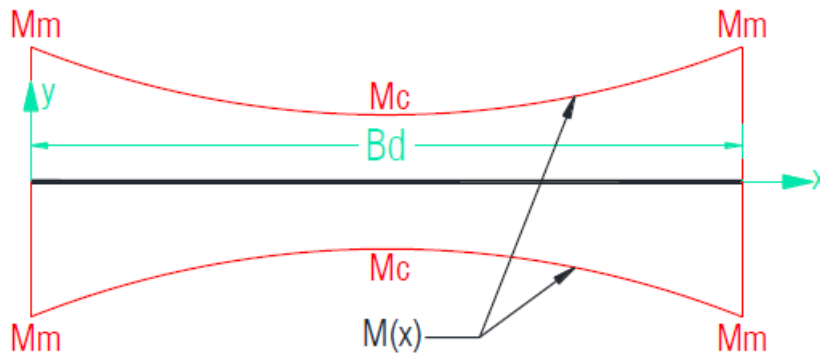
$$Y(x) = \frac{4 \cdot \delta}{B_d^2} \cdot (x^2 - B_d \cdot x) \dots\dots\dots (VIII)$$

Hallamos el momento flector en el centro de la solera

$$M(x) = E \cdot I \cdot \frac{d^2 y}{dx^2}$$

$$M_c = E \cdot I \cdot \left(\frac{8 \cdot \delta}{B_d^2} \right) \dots\dots\dots (IX)$$

Momento flector en función de "x"



Asumimos una Momento flector cuadrática en función de " M_m ", " M_c " y " B_d ":

$$M(x) = A \cdot x^2 + B \cdot x + C$$

$$M(x) = \frac{4 \cdot (M_m - M_c)}{B_d^2} \cdot (x^2 - B_d \cdot x) + M_m \dots\dots\dots (X)$$

Módulo de Elasticidad del concreto

$$E_c = 15\,000 \cdot \sqrt{f'_c} = 15\,000 \cdot \sqrt{210.0} = 217\,370.70 \text{ kgf/cm}^2$$

Cálculo del producto " $E \cdot I$ " para la solera de concreto

$$E \cdot I = (E_c) \cdot (1/12 \cdot b_w \cdot t_b^3) = (217\,370.70) \cdot (1/12 \cdot 100 \cdot (0.15 \cdot 100)^3)$$

$$E \cdot I = 6\,113\,551\,000.00 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$$

$$E \cdot I = 611\,355.1 \text{ kgf} \cdot \text{m}^2$$

Cuando el canal está vacío

- ❖ En (I) :
 $D_{QL1} = (1/611\,355.1) \cdot [-398.7685 \cdot 1.15^2/8 + (-541.66 + 343.28) \cdot 1.15^3/24 + 345.00 \cdot 1.15^4/128] - (343.28 + 345.00 \cdot 1.15/2)/3\,162\,500$
 $D_{QL1} = -0.000292 \text{ m}$
- ❖ En (II) :
 $f_{11} = 1.15^3/(48 \cdot 611\,355.1) + 1/(2 \cdot 3\,162\,500) + 1/6\,325\,000$
 $f_{11} = 0.0000003680$
- ❖ En (III) :
 $Q_1 = (1/0.0000003680) \cdot (-0.000292)$
 $Q_1 = 793.478 \text{ kgf}$
- ❖ En (IV) :
 $Q_2 = 343.28 + 345.00 \cdot 1.15/2 - 793.478/2$
 $Q_2 = 144.916 \text{ kgf}$
- ❖ En (V) :
 $\delta_1 = 793.478/6\,325\,000$
 $\delta_1 = 0.000125 \text{ m}$
- ❖ En (VI) :
 $\delta_2 = 144.916/3\,162\,500$
 $\delta_2 = 0.000046 \text{ m}$
- ❖ En (VII) :
 $\delta = 0.000125 - 0.000046$
 $\delta = 0.000079 \text{ m}$
- ❖ En (VIII) :

$$Y(x) = \frac{4 \cdot 0.000079}{1.15^2} \cdot (x^2 - 1.15 \cdot x) \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{En (IX)} : \\ M_c = 611\,355.1 * 8 * 0.000079 / 1.15^2 \quad \text{kgf*m} \end{aligned}$$

$$M_c = 292.1561 \text{ kgf*m}$$

$$\begin{aligned} \text{En (X)} : \\ M(x) = \frac{4 * (398.7685 - 292.1561)}{1.15^2} * (x^2 - 1.15 * x) + 398.7685 \text{ kgf*m} \end{aligned}$$

Cuando el canal está con agua

$$\begin{aligned} \text{En (I)} : \\ D_{QL1} = (1/611\,355.1) * [-398.4359 * 1.15^2 / 8 + (-570.92 + 343.28) * 1.15^3 / 24 + \\ 395.90 * 1.15^4 / 128] - (343.28 + 395.90 * 1.150 / 2) / 3\,162\,500 \end{aligned}$$

$$D_{QL1} = -0.000303 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{En (II)} : \\ f_{11} = 1.15^3 / (48 * 611\,355.1) + 1 / (2 * 3\,162\,500) + 1 / 6\,325\,000 \\ f_{11} = 0.0000003680 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En (III)} : \\ Q_1 = (1 / 0.0000003680) * (-0.000303) \\ Q_1 = 823.37 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En (IV)} : \\ Q_2 = 343.28 + 395.90 * 1.15 / 2 - 823.37 / 2 \\ Q_2 = 159.237 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En (V)} : \\ \delta_1 = 823.37 / 6\,325\,000 \\ \delta_1 = 0.000130 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En (VI)} : \\ \delta_2 = 159.237 / 3\,162\,500 \\ \delta_2 = 0.000050 \text{ m} \end{aligned}$$

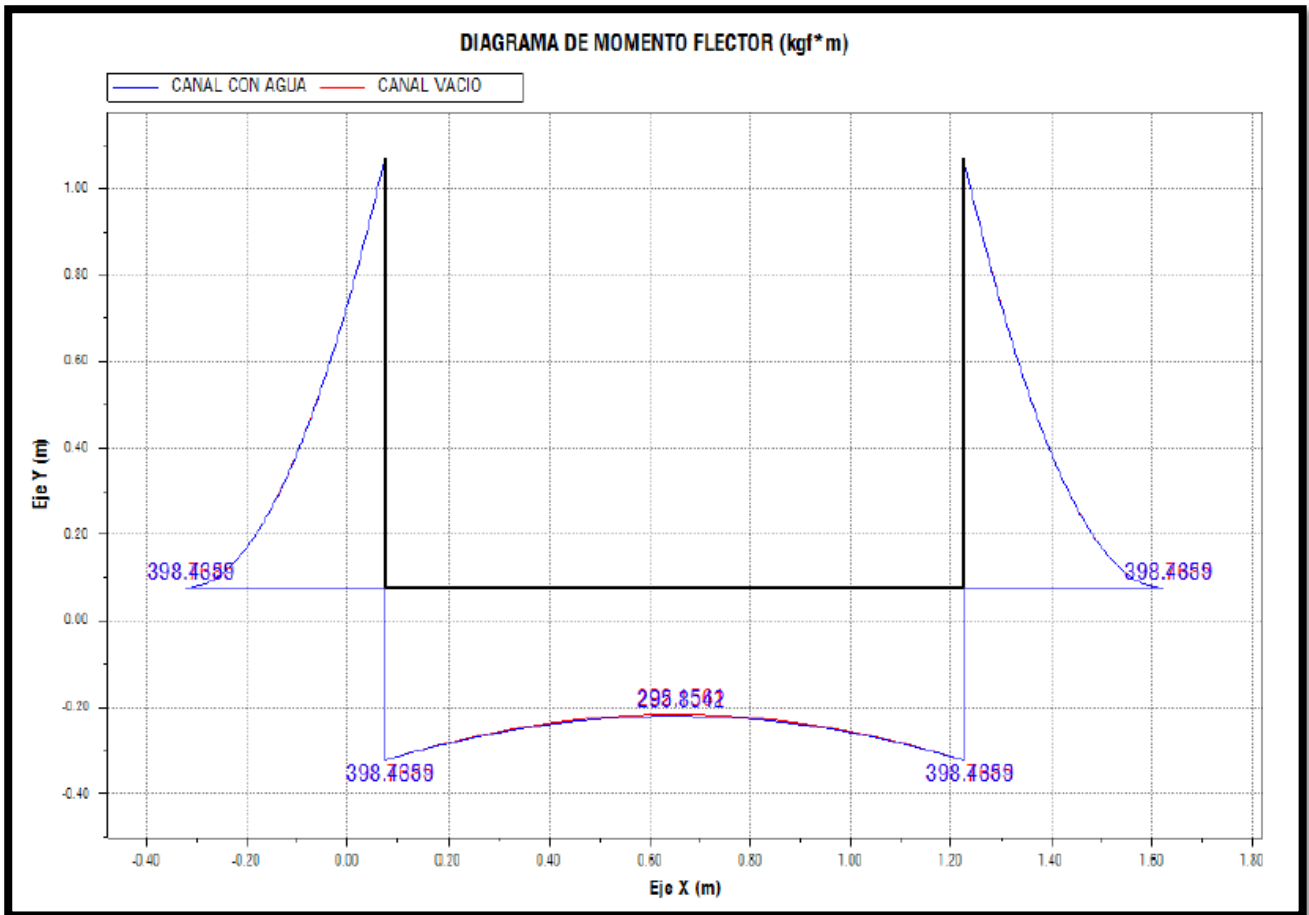
$$\begin{aligned} \text{En (VII)} : \\ \delta = 0.000130 - 0.000050 \\ \delta = 0.000080 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En (VIII)} : \\ Y(x) = \frac{4 * 0.000080}{1.15^2} * (x^2 - 1.15 * x) \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En (IX)} : \\ M_c = 611\,355.1 * \frac{8 * 0.000080}{1.15^2} \quad \text{kgf*m} \end{aligned}$$

$$M_c = 295.8542 \text{ kgf*m}$$

$$\begin{aligned} \text{En (X)} : \\ M(x) = \frac{4 * (398.4359 - 295.8542)}{1.15^2} * (x^2 - 1.15 * x) + 398.4359 \text{ kgf*m} \end{aligned}$$



2.4. Resistencia del concreto

Resistencia del concreto del muro

VERIFICAMOS EL ESPESOR DEL MURO DE CONCRETO

Momento máximo en el muro

$$M_{m,max} = \text{MAX}(M_{mp}; M_{mn}) = \text{MAX}(398.7685; 0.0000) = 398.7685 \text{ kgf*m}$$

Esfuerzo permisible en la fibra extrema en compresión del concreto (ACI-83)

$$f_c = 0.4 * f'_c = 0.4 * 210 = 84 \text{ kgf/cm}^2$$

Módulo de Elasticidad del concreto

$$E_c = 15\,000 * \sqrt{f'_c} = 15\,000 * \sqrt{210} = 217\,370.70 \text{ kgf/cm}^2$$

Esfuerzo permisible de tracción del acero

$$f_s = 0.4 * f_y = 0.4 * 4200 = 1\,680 \text{ kgf/cm}^2$$

Módulo de Elasticidad del acero

$$E_s = 2\,100\,000 \text{ kgf/cm}^2$$

Relación de módulos de elasticidad "n"

$$n = E_s / E_c = 2\,100\,000 / 217\,370.70 = 9.661$$

Parámetro "r"

$$r = f_s / f_c = 1\,680 / 84 = 20.000$$

Parámetro "k"

$$k = n / (n + r) = 9.661 / (9.661 + 20.000) = 0.326$$

Parámetro "j"

$$j = 1 - k/3 = 1 - 0.326/3 = 0.891$$

6.1.1.10 Peralte efectivo requerido

$$d_{efm} = \sqrt{\frac{2 * M_{m,max}}{f_c * j * k * b_w}} = \sqrt{\frac{2 * 398.7685 * 100}{84 * 0.891 * 0.326 * 100}}$$

$$d_{efm} = 5.7 \text{ cm}$$

Recubrimiento máximo y mínimo

$$r_{m,max} = \text{MAX}(r_{1,m}; r_{2,m}) = \text{MAX}(4.0; 0.0) = 4.0 \text{ cm}$$

$$r_{m,min} = \text{MIN}(r_{1,m}; r_{2,m}) = \text{MIN}(4.0; 0.0) = 0.0 \text{ cm}$$

Espesor de concreto requerido

$$t_{m,req} = d_{efm} + r_{m,max} = 5.7 + 4.0$$

$$t_{m,req} = 9.7 \text{ cm} = 0.10 \text{ m}$$

6 Verificamos

$$t_{m,req} \leq t_m \dots\dots\dots \text{C.C.D.D.}$$

RESISTENCIA DEL MURO POR CORTANTE

Peralte efectivo real

$$d_{efm,r} = t_m - r_{m,max} = 0.15 * 100 - 4.0$$

$$d_{efm,r} = 11.0 \text{ cm}$$

Fuerza cortante máximo

$$V_{m,max} = \text{MAX}(V_{m1}; V_{m2}) = \text{MAX}(1\ 037.43; 1\ 029.51) = 1\ 037.43 \text{ kgf}$$

Esfuerzo cortante actuante

$$\tau_m = \frac{V_{m,max}}{b_w * d_{efm,r}} = \frac{1\ 037.43}{100 * 11.0}$$

$$\tau_m = 0.94 \text{ kgf/cm}^2$$

Esfuerzo cortante permisible del concreto

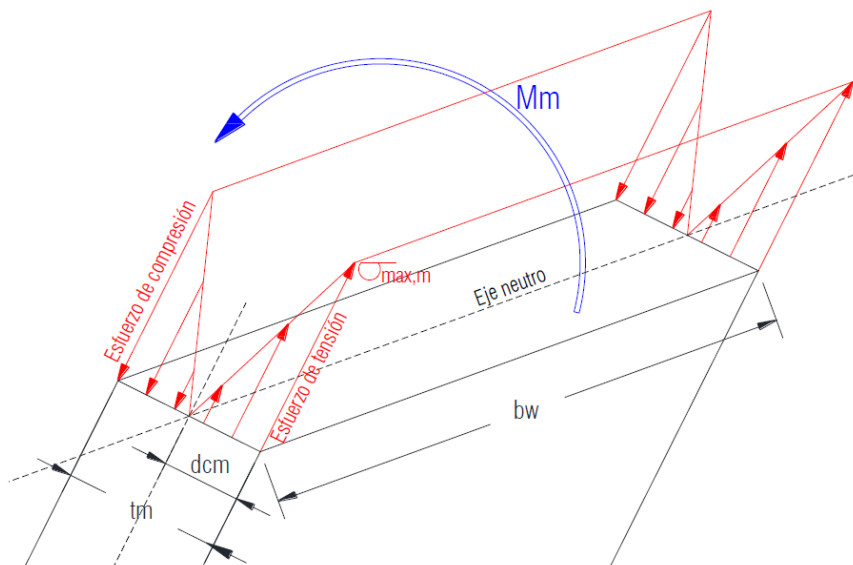
$$\tau_{perm} = 0.29 * \sqrt{f'_c} = 0.29 * \sqrt{210} \text{ (Fuente: ACI-83)}$$

$$\tau_{perm} = 4.20 \text{ kgf/cm}^2$$

Verificamos

$$\tau_{perm} \geq \tau_m \dots\dots\dots \text{C.C.D.D.}$$

Resistencia del muro por flexión, sin refuerzo



Momento de inercia del muro

$$I_m = \frac{1}{12} * b_w * t_m^3 = (1/12)*(100)*(0.15*100)^3$$

$$I_m = 28\ 125.01\ \text{cm}^4$$

Distancia desde el eje neutro del concreto a la fibra extrema en flexión

$$d_{cm} = t_m/2 = (0.15*100)/2$$

$$d_{cm} = 7.50\ \text{cm}$$

Momento máximo positivo en el muro

$$M_{mp} = \text{MAX}(M_{m1}; M_{m2}; 0) = \text{MAX}(398.7685; 398.4359; 0)$$

$$M_{mp} = 398.7685\ \text{kgf}\cdot\text{m}$$

Momento mínimo negativo en el muro

$$M_{mn} = \text{MIN}(M_{m1}; M_{m2}; 0) = \text{MIN}(398.7685; 398.4359; 0)$$

$$M_{mn} = 0.0000\ \text{kgf}\cdot\text{m}$$

Esfuerzo máximo normal por flexión en el muro, en la cara 1 (Por Mecánica de Materiales)

$$\sigma_{\text{max1,m}} = \frac{M_{mp} * d_{cm}}{I_m} = \frac{(398.7685*100)*7.50}{28\ 125.01}$$

$$\sigma_{\text{max1,m}} = 10.63\ \text{kgf}/\text{cm}^2$$

Esfuerzo máximo normal por flexión en el muro, en la cara 2 (Por Mecánica de Materiales)

$$\sigma_{\text{max2,m}} = \frac{M_{mn} * d_{cm}}{I_m} = \frac{(0.0000*100)*7.50}{28\ 125.01}$$

$$\sigma_{\text{max2,m}} = 0.00\ \text{kgf}/\text{cm}^2$$

Esfuerzo permisible del concreto a la tracción

(FUENTE: DISEÑO EN CONCRETO ARMADO, Ing. Gianfranco Ottazzi Pasino, página 31)

Módulo de rotura (ACI-02)

$$f_r = 1.3*\sqrt{f'_c} = 1.3*\sqrt{210} = 18.84\ \text{kgf}/\text{cm}^2$$

Esfuerzo de compresión diametral (Método Brasileño)

$$f_{sp} = 1.7*\sqrt{f'_c} = 1.7*\sqrt{210} = 24.64\ \text{kgf}/\text{cm}^2$$

Esfuerzo a la tracción

$$f_{t1} = 0.9*f_{sp} = 0.9*24.64 = 22.18\ \text{kgf}/\text{cm}^2$$

$$f_{t2} = 0.5*f_r = 0.5*18.84 = 9.42\ \text{kgf}/\text{cm}^2$$

$$f_t = \text{MIN}(f_{t1}; f_{t2}) = \text{MIN}(22.18; 9.42) = 9.42\ \text{kgf}/\text{cm}^2$$

Verificamos

$$\sigma_{\text{max1,m}} \leq f_t \dots\dots\dots \text{NO CUMPLE}$$

¡LA CARA 1 DEL MURO NECESITA REFUERZO POR FLEXION!

$$\sigma_{\text{max2,m}} \leq f_t \dots\dots\dots \text{C.C.D.D.}$$

(NO ES NECESARIO EL REFUERZO POR FLEXION EN LA CARA 2 DEL MURO)

Resistencia del concreto de la solera, sin refuerzo

Se verificó el espesor de la solera de concreto:

Momento máximo en la solera

$$M_{s,max} = \text{MAX}(M_{m1}; M_{m2}) = \text{MAX}(398.7685; 0.0000) = 398.7685 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

Esfuerzo permisible en la fibra extrema en compresión del concreto (ACI-83)

$$f_c = 0.4 \cdot f'_c = 0.4 \cdot 210 = 84 \text{ kgf/cm}^2 \quad 6.2.1.3 \text{ Módulo de Elasticidad del concreto}$$

$$E_c = 15\,000 \cdot \sqrt{f'_c} = 15\,000 \cdot \sqrt{210} = 217\,370.70 \text{ kgf/cm}^2$$

Esfuerzo permisible de tracción del acero

$$f_s = 0.4 \cdot f_y = 0.4 \cdot 4200 = 1680 \text{ kgf/cm}^2$$

Módulo de Elasticidad del acero

$$E_s = 2\,100\,000 \text{ kgf/cm}^2$$

Relación de módulos de elasticidad "n"

$$n = E_s/E_c = 2\,100\,000/217\,370.70 = 9.661$$

Parámetro "r"

$$r = f_s/f_c = 1680/84 = 20.000$$

Parámetro "k"

$$k = n/(n+r) = 9.661/(9.661+20.000) = 0.326$$

Parámetro "j"

$$j = 1-k/3 = 1-0.326/3 = 0.891 \quad 6.2.1.10 \text{ Peralte efectivo requerido}$$

$$d_{efs} = \sqrt{\frac{2 \cdot M_{s,max}}{f_c \cdot j \cdot k \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 398.7685 \cdot 100}{84.00 \cdot 0.891 \cdot 0.326 \cdot 100}}$$

$$d_{efs} = 5.7 \text{ cm}$$

Recubrimiento máximo y mínimo

$$r_{s,max} = \text{MAX}(r_{1,s}; r_{2,s}) = \text{MAX}(0.0; 2.0) = 2.0 \text{ cm}$$

$$r_{s,min} = \text{MIN}(r_{1,s}; r_{2,s}) = \text{MIN}(0.0; 2.0) = 0.0 \text{ cm}$$

Espesor de concreto requerido

$$t_{b,req} = d_{efs} + r_{s,max} = 5.7 + 2.0$$

$$t_{b,req} = 7.7 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$$

Verificamos

$$t_{s,req} \leq t_b \dots\dots\dots \text{C.C.D.D.}$$

RESISTENCIA DE LA SOLERA POR CORTANTE

Peralte efectivo real

$$d_{efs,r} = t_b - r_{s,max} = 0.15 \cdot 100 - 2.0$$

$$d_{efs,r} = 13.0 \text{ cm}$$

Fuerza cortante máximo

$$V_{s,max} = \text{MAX}(V_{s1}; V_{s2}) = \text{MAX}(198.36; 184.04) = 198.36 \text{ kgf}$$

Esfuerzo cortante actuante

$$\tau_s = \frac{V_{s,max}}{b_w \cdot d_{efs,r}} = \frac{198.36}{100 \cdot 13.0}$$

$$\tau_s = 0.15 \text{ kgf/cm}^2$$

Esfuerzo cortante permisible del concreto

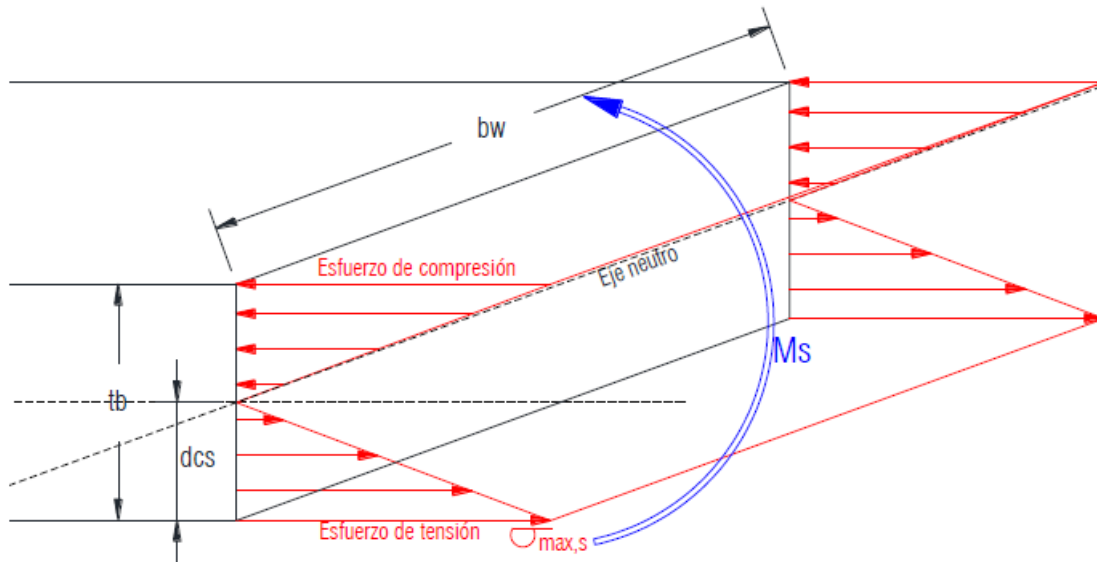
$$\tau_{perm} = 0.29 \cdot \sqrt{f'_c} = 0.29 \cdot \sqrt{210} \text{ (ACI-83)}$$

$$\tau_{perm} = 4.20 \text{ kgf/cm}^2$$

Verificamos

$$\tau_{perm} \geq \tau_s \dots\dots\dots \text{C.C.D.D.}$$

Resistencia de la solera por flexión, sin esfuerzo



Momento de inercia de la solera

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot b_w \cdot t_b^3 = (1/12) \cdot (100) \cdot (0.15 \cdot 100)^3$$

$$I_b = 28\,125.01 \text{ cm}^4$$

Distancia desde el eje neutro del concreto a la fibra extrema en flexión

$$d_{cs} = (t_b \cdot 100) / 2 = (0.15 \cdot 100) / 2$$

$$d_{cs} = 7.50 \text{ cm}$$

Momento máximo positivo en la solera, cara 1

$$M_{s1} = 398.7685 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Momento mínimo negativo en la solera, cara 2

$$M_{s2} = 0.0000 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Esfuerzo máximo normal por flexión en la solera, en la cara 1 (Por Mecánica de Materiales)

$$\sigma_{max1,s} = \frac{M_{s1} \cdot d_{cs}}{I_b} = \frac{(398.7685 \cdot 100) \cdot 7.50}{28\,125.01}$$

$$\sigma_{max1,s} = 10.63 \text{ kgf/cm}^2$$

Esfuerzo máximo normal por flexión en la solera, en la cara 2 (Por Mecánica de Materiales)

$$\sigma_{max2,s} = \frac{M_{s2} \cdot d_{cs}}{I_b} = \frac{0.0000 \cdot 100 \cdot 7.50}{28\,125.01}$$

$$\sigma_{max2,s} = 0.00 \text{ kgf/cm}^2$$

Esfuerzo permisible del concreto a la tracción

(FUENTE: DISEÑO EN CONCRETO ARMADO, Ing. Gianfranco Ottazzi Pasino, página 31)

Módulo de rotura (ACI-02)

$$f_r = 1.3 \cdot \sqrt{f'_c} = 1.3 \cdot \sqrt{210} = 18.84 \text{ kgf/cm}^2$$

Esfuerzo de compresión diametral (Método Brasileño)

$$f_{sp} = 1.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 1.7 \cdot \sqrt{210} = 24.64 \text{ kgf/cm}^2$$

Esfuerzo a la tracción

$$f_{t1} = 0.9 \cdot f_{sp} = 0.9 \cdot 24.64 = 22.18 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{t2} = 0.5 \cdot f_r = 0.5 \cdot 18.84 = 9.42 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_t = \text{MIN}(f_{t1}; f_{t2}) = \text{MIN}(22.18; 9.42) = 9.42 \text{ kgf/cm}^2$$

Verificamos

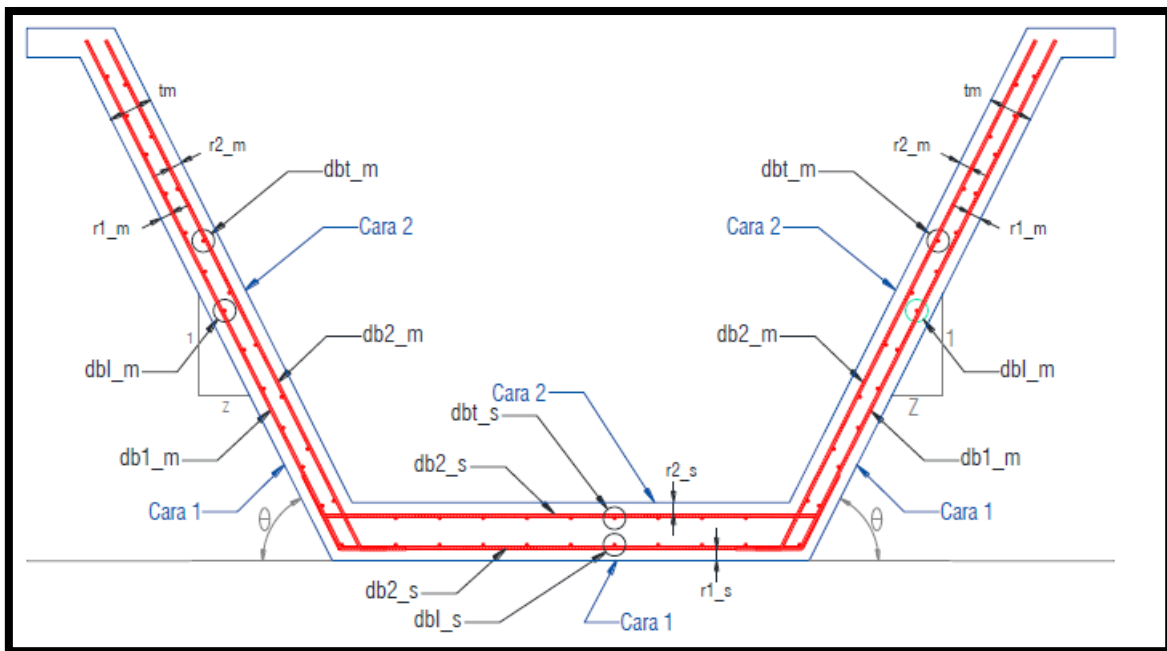
$$\sigma_{\max 1, s} \leq f_t \dots\dots\dots \text{NO CUMPLE}$$

¡LA CARA 1 DE LA SOLERA NECESITA REFUERZO POR FLEXIÓN!

$$\sigma_{\max 2, s} \leq f_t \dots\dots\dots \text{C.C.D.D.}$$

(NO ES NECESARIO EL REFUERZO POR FLEXIÓN EN LA CARA 2 DE LA SOLERA)

2.5. Diseño por flexión



Diseño por flexión del muro del canal

Acero en la cara 1:

Peralte efectivo

$$d_{1,m} = t_m - r_{1,m} = 0.15 \cdot 100 - 4.0 = 11.0 \text{ cm}$$

Refuerzo por flexión

Acero por flexión (DISEÑO POR METODO ELASTICO CON CONTROL DE FISURACION)

$$A_{sf1,m} = \frac{M_{mp}}{f_s \cdot j \cdot d_{1,m}} = \frac{398.7685 \cdot 100}{1680 \cdot 0.891 \cdot 11.0}$$

$$A_{sf1,m} = 2.42 \text{ cm}^2$$

Acero mínimo por flexión (CIP 1972)

$$A_{smin,1m} = 0.0025 * b_w * d_{1,m} = 0.0025 * 100 * 11.0$$

$$A_{smin,1m} = 2.75 \text{ cm}^2$$

Acero en la cara 1

$$A_{s1,m} = \text{MAX}(A_{sf1,m}; A_{smin,1m}) = \text{MAX}(2.42; 2.75)$$

$$A_{s1,m} = 2.75 \text{ cm}^2$$

Acero unitario colocado, por flexión

$$a_{sb1,m} = \pi * d_{b1,m}^2 / 4 = \pi * (3/8 \text{ pulg})^2 / 4$$

$$a_{sb1,m} = 0.71 \text{ cm}^2$$

Separación entre varillas por flexión

$$S_{f1,m} = a_{sb1,m} * 100 / A_{s1,m} = 0.71 * 100 / 2.75$$

$$S_{f1,m} = 25.8 \text{ cm}$$

Separación máxima (Fuente: ACI 318S-2011: 14.3.5)

$$S_{max1,m} = 3 * t_m = 3 * (0.15 * 100) = 45.0 \text{ cm}$$

$$S_{max2,m} = 45 \text{ cm}$$

$$S_{max,m} = \text{MIN}(S_{max1,m}; S_{max2,m}) = \text{MIN}(45.0; 45) = 45.0 \text{ cm}$$

Separación elegida

$$S_{1,m} = \text{MIN}(S_{f1,m}; S_{max,m}) = \text{MIN}(25.8; 45.0) = 26.0 \text{ cm}$$

$$S_{1,m} = 0.26 \text{ m}$$

Distribución del acero por flexión, en la cara 1 del muro

$\phi 3/8 \text{ pulg} @ 0.20 \text{ m}$

Refuerzo por temperatura (refuerzo longitudinal)

Acero por temperatura

$$A_{st1,m} = 0.0018 * b_w * d_{1,m} \text{ (Fuente: ACI)}$$

$$A_{st1,m} = 0.0018 * 100 * 11.0$$

$$A_{st1,m} = 1.98 \text{ cm}^2$$

Acero unitario colocado, por temperatura

$$a_{sbt1,m} = \pi * d_{b1,m}^2 / 4 = \pi * (3/8 \text{ pulg})^2 / 4$$

$$a_{sbt1,m} = 0.71 \text{ cm}^2$$

Separación entre varillas por temperatura

$$S_{t1,m} = a_{sbt1,m} * 100 / A_{st1,m} = 0.71 * 100 / 1.98$$

$$S_{t1,m} = 35.9 \text{ cm}$$

Separación máxima (Fuente: ACI 318S-2011: 14.3.4a)

$$S_{max,m} = 45 \text{ cm}$$

Separación elegida

$$S_{t1,m} = \text{MIN}(S_{t1,m}; S_{max,m}) = \text{MIN}(35.9; 45) = 35.9 \text{ cm}$$

$$S_{t1,m} = 0.36 \text{ m}$$

Distribución del acero por temperatura, en la cara 1 del muro

$\phi 3/8 \text{ pulg} @ 0.20 \text{ m}$

Diseño por flexión de la solera del canal

Acero en la cara 2:

Peralte efectivo

$$d_{2,s} = t_b - r_{2,s} = 0.15 \cdot 100 - 2.0 = 13.0 \text{ cm}$$

Refuerzo por flexión

Acero por flexión (DISEÑO POR METODO ELASTICO CON CONTROL DE FISURACION)

$$A_{sf2,s} = \frac{M_{s2}}{f_s \cdot j \cdot d_{2,s}} = \frac{0.0000 \cdot 100}{1.680 \cdot 0.891 \cdot 13.0}$$

$$A_{sf2,s} = 0.00 \text{ cm}^2$$

Acero mínimo por flexión (CIP 1972)

$$A_{smin,2s} = 0.0025 \cdot b_w \cdot d_{2,s} = 0.0025 \cdot 100 \cdot 13.0$$

$$A_{smin,2s} = 3.25 \text{ cm}^2$$

Acero en la cara 2

$$A_{s2,s} = \text{MAX}(A_{sf2,s}; A_{smin,2s}) = \text{MAX}(0.00; 3.25)$$

$$A_{s2,s} = 3.25 \text{ cm}^2$$

Acero unitario colocado, por flexión

$$a_{sb2,s} = \pi \cdot d_{b2,s}^2 / 4 = \pi \cdot (3/8 \text{ pulg})^2 / 4$$

$$a_{sb2,s} = 0.71 \text{ cm}^2$$

Separación entre varillas por flexión

$$S_{f2,s} = a_{sb2,s} \cdot 100 / A_{s2,s} = 0.71 \cdot 100 / 3.25$$

$$S_{f2,s} = 21.8 \text{ cm}$$

Separación máxima (ACI 318S-2011: 14.3.5)

$$S_{max1,s} = 3 \cdot t_b = 3 \cdot (0.15 \cdot 100) = 45.0 \text{ cm}$$

$$S_{max2,s} = 45 \text{ cm}$$

$$S_{max,s} = \text{MIN}(S_{max1,s}; S_{max2,s}) = \text{MIN}(45.0; 45) = 45.0 \text{ cm}$$

Separación elegida

$$S_{2,s} = \text{MIN}(S_{f2,s}; S_{max,s}) = \text{MIN}(21.8; 45.0) = 21.8 \text{ cm}$$

$$S_{2,s} = 0.22 \text{ m}$$

Distribución del acero por flexión, en la cara 2 de la solera

$\phi 3/8 \text{ pulg} @ 0.20 \text{ m}$

Refuerzo por temperatura

Acero por temperatura

$$A_{st2,s} = 0.0018 \cdot b_w \cdot d_{2,s} \text{ (Fuente: ACI)}$$

$$A_{st2,s} = 0.0018 \cdot 100 \cdot 13.0$$

$$A_{st2,s} = 2.34 \text{ cm}^2$$

Acero unitario colocado, por temperatura

$$a_{sbt2,s} = \pi \cdot d_{bt,s}^2 / 4 = \pi \cdot (3/8 \text{ pulg})^2 / 4$$

$$a_{sbt2,s} = 0.71 \text{ cm}^2$$

Separación entre varillas por temperatura

$$S_{t2,s} = a_{sbt2,s} \cdot 100 / A_{st2,s} = 0.71 \cdot 100 / 2.34$$

$$S_{t2,s} = 30.3 \text{ cm}$$

Separación máxima (Fuente: ACI 318S-2011: 14.3.4a)

$$S_{max,s} = 45 \text{ cm}$$

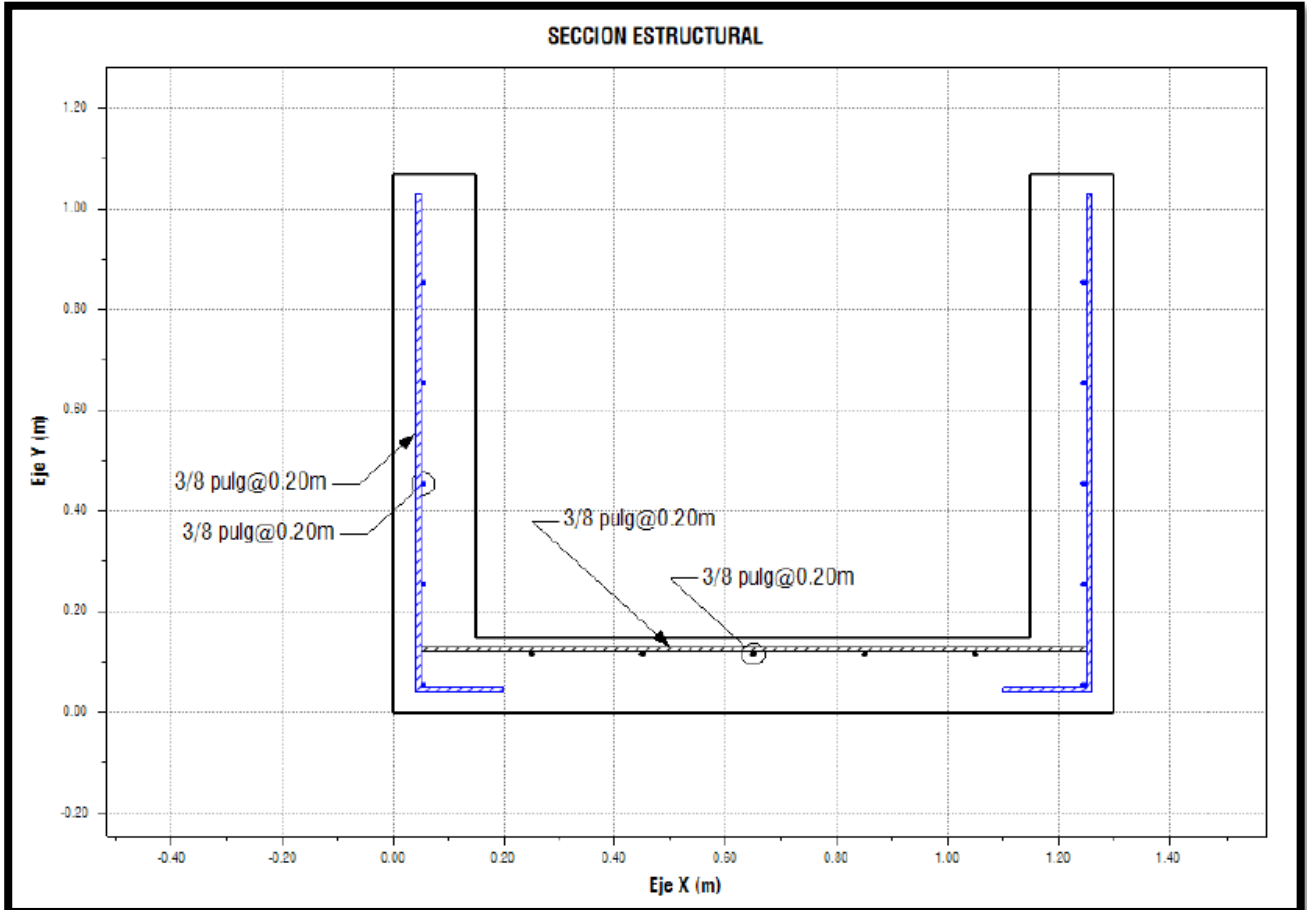
Separación elegida

$$S_{t2,s} = \text{MIN}(S_{t2,s}; S_{\text{max},s}) = \text{MIN}(30.3; 45) = 30.3 \text{ cm}$$

$$S_{t2,s} = 0.30 \text{ m}$$

Distribución del acero por temperatura, en la cara 1 de la solera

$\phi 3/8 \text{ pulg} @ 0.20 \text{ m}$

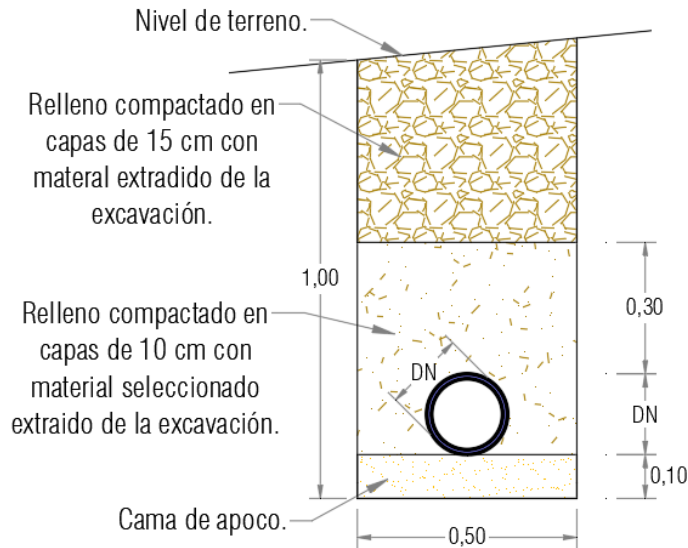


Anexo 8. INFORME DEL DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Para el diseño de la línea de conducción se consideró el proyecto que se encuentra a nivel de pre-inversión en la zona aguas abajo de la quebrada Mataragra, la cual contempla la implementación de líneas de conducción de tubería PVC. En ese sentido, con la finalidad de dar un mejor soporte y facilidad de integración con otros proyectos, el presente trabajo de investigación plantea el diseño de una línea de conducción de tubería PVC. Está conformado por 17 tramos de tubería, las cuales se han determinado en base a los cambios de pendiente; además, se implementó cámaras de carga e inspección a lo largo de la línea de conducción con finalidad de brindar mantenimiento y soporte a la operación.

En cuanto a la normativa de referencia, se utilizó la NTP-ISO 1452-2:2011 (2016), la cual desarrolla el sistema de tuberías de plástico para el abastecimiento de agua, drenaje y alcantarillado, las cuales pueden estar enterrados o en modo aéreo trabajando a presión. El material que compone a estas tuberías son de Poli (cloruro de vinilo), no plastificado (PVC-U), la longitud de fabricación es de 6 metros y se puede encontrar diámetros entre los 63 a 630 mm, el color característico es el gris y pueden trabajar a una presión de 5, 7,5, 10 y 15 bares. Estas tuberías tienen un factor de seguridad de $F = 2,5$.

Entre los beneficios de trabajar con tubería se puede mencionar con respecto a su instalación es bastante simple a comparación de otras estructuras, no requieren de pegamentos ni otras herramientas; su hermeticidad a través de su anillo elastomérico asegura un trabajo óptimo en el sellado; posee una gran resistencia a la corrosión, cuenta con un menor coeficiente de fricción lo cual disminuye las pérdidas de energía y también posee una alta resistencia a la abrasión.



SECCIÓN TÍPICA

Se muestra los datos utilizados y los resultados para cada uno de los tramos que corresponde a la línea de conducción de tubería PVC de diámetros 250 - 315 mm.

Tabla 1: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 1

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 0+031,18 – 0+160 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coeficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0470	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.


Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.

Resultados:

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

05:42 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 2: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 2

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 0+160 – 0+335 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0073	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.


Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.

Resultados:

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Realiza la impresión de la pantalla 05:43 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 3: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 3

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 0+335 – 0+420 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0562	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.


Resultados:

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Realiza la impresión de la pantalla 05:45 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 4: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 4

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 0+420 – 0+850 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0361	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	


Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.

Resultados:

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:
 Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:
 Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Realiza la impresión de la pantalla 05:46 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 5: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 5

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 0+850 – 1+045 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0875	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.


Resultados:

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Retorna al Menú principal 05:48 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 6: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 6

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+045 – 1+235 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0332	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.


Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.

Resultados:

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 05:49 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 7: Datos para el diseño del canal de conducción – Tramo 7

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+235 – 1+335 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0986	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.


Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.

Resultados:

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Realiza la impresión de la pantalla 05:51 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 8: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 8

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+335 – 1+415 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0673	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	


Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.

Resultados:

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:
 Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:
 Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 05:53 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 9: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 9

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+415 – 1+570 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0169	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.


Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.

Resultados:

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo:

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Ejecuta las operaciones 05:55 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 10: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 10

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+570 – 1+725 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0319	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.


Resultados:

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 05:56 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 11: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 11

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+725 – 1+825.2 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0911	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.

Resultados:

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 05:58 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 12: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 12

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+825.2 – 1+975 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0777	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.


Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.

Resultados:

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Ejecuta las operaciones 06:00 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 13: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 13

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 1+975 – 2+395 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0215	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.


Resultados:

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calculador Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 06:02 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 14: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 14

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 2+395 – 2+655 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0907	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.


Resultados:

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calculador Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 06:04 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 15: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 15

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 2+655 – 2+900 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0790	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.


Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.

Resultados:

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Ejecuta las operaciones 06:04 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 16: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 16

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 2+900 – 3+055 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	250	mm
Diámetro interno	D	0,238	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0289	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.

Resultados:

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Diámetro (d): m
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Realiza la impresión de la pantalla 06:08 p. m. 26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

Tabla 17: Datos para el diseño de la línea de conducción – Tramo 17

Datos utilizados			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Prog. 3+055 – 3+712.01 Km			
Caudal	Q	0,058	m ³ /s
Normativa de tubería		NTP ISO 1452-2: 2011 (2016)	
Clase		Clase 5	
Diámetro nominal	Dn	315	mm
Diámetro interno	D	0,300	m
Coefficiente de rugosidad	n	0,009	-
Pendiente de fondo	S ₀	0,0025	m/m
Software de diseño		HCanales 3.0	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos utilizados corresponden a los resultados obtenidos previamente y a la utilización de la normativa vigente sobre tuberías.

Resultados:

Cálculo del tirante normal, sección circular

— □ ×

Lugar:

Proyecto:

Tramo:

Revestimiento:

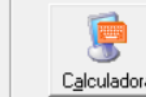
Datos:

Caudal (Q): m³/s
Diámetro (d): m
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.2090"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="0.5923"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0525"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0887"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2752"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.1046"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.8074"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.2712"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				



Ejecuta las operaciones

06:12 p. m.

26/06/2022

Fuente: Desarrollado en HCanales V. 3.0

A continuación, se muestra el cuadro de elementos de curva horizontal y circular de la línea de conducción:

Tabla 18: Elementos de curva horizontal y circular

ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL CIRCULAR											
N° PI	SENT.	DELTA	TANG.	RADIO	L.C.	EXT.	P.C. ó EC	P.I.	P.T. ó CE	ESTE	NORTE
PI-01	I	21°28'32"	1.574	8.302	3.112	0.148	0+038.26	0+039.83	0+041.37	299057.818	8985774.81
PI-02	I	16°13'41"	1.006	7.058	1.999	0.071	0+043.58	0+044.59	0+045.58	299055.013	8985778.7
PI-03	D	35°02'37"	1.115	3.533	2.161	0.172	0+051.43	0+052.55	0+053.59	299048.729	8985783.61
PI-04	I	11°18'52"	0.495	5	0.987	0.024	0+058.22	0+058.71	0+059.21	299046.907	8985789.57
PI-05	I	28°22'35"	1.006	3.979	1.971	0.125	0+074.83	0+075.83	0+076.80	299038.79	8985804.65
PI-06	D	31°28'05"	1.409	5	2.746	0.195	0+080.78	0+082.19	0+083.53	299038.798	8985811.05
PI-07	D	23°49'15"	1.362	6.458	2.685	0.142	0+090.26	0+091.63	0+092.95	299033.847	8985819.16
PI-08	I	23°43'11"	1.528	7.276	3.012	0.159	0+095.88	0+097.41	0+098.89	299033.08	8985824.94
PI-09	D	22°23'14"	7.649	38.656	15.104	0.75	0+121.74	0+129.39	0+136.85	299016.446	8985852.31
PI-10	I	9°57'38"	3.369	38.656	6.72	0.146	0+148.73	0+152.09	0+155.45	299012.903	8985874.93
PI-11	D	10°57'36"	3.709	38.656	7.394	0.177	0+177.46	0+181.16	0+184.85	299013.441	8985904.01
PI-12	I	3°15'34"	1.1	38.656	2.199	0.016	0+208.65	0+209.75	0+210.85	299019.398	8985931.99
PI-13	I	4°43'18"	1.594	38.656	3.185	0.033	0+271.51	0+273.10	0+274.69	299029.045	8985994.6
PI-14	D	6°25'08"	2.168	38.656	4.331	0.061	0+298.69	0+300.86	0+303.02	299030.999	8986022.29
PI-15	D	0°45'50"	0.258	38.656	0.515	0.001	0+336.70	0+336.96	0+337.21	299029.499	8986058.36
PI-16	I	12°39'39"	4.288	38.656	8.542	0.237	0+361.27	0+365.56	0+369.81	299028.692	8986086.95
PI-17	D	0°23'04"	0.13	38.656	0.259	0	0+402.33	0+402.46	0+402.59	299019.582	8986122.75
PI-18	I	2°57'47"	1	38.656	1.999	0.013	0+441.75	0+442.75	0+443.75	299009.906	8986161.87
PI-19	D	1°19'08"	0.445	38.656	0.89	0.003	0+503.10	0+503.54	0+503.99	298992.279	8986220.04
PI-20	I	18°19'09"	6.233	38.656	12.359	0.499	0+513.66	0+519.89	0+526.02	298987.899	8986235.8
PI-21	D	14°11'11"	4.81	38.656	9.571	0.298	0+536.67	0+541.48	0+546.24	298988.951	8986257.46
PI-22	I	0°19'43"	0.111	38.656	0.222	0	0+592.84	0+592.95	0+593.06	299003.986	8986306.74
PI-23	I	6°21'01"	2.144	38.656	4.284	0.059	0+607.45	0+609.59	0+611.73	299008.751	8986322.69
PI-24	D	11°14'07"	3.802	38.656	7.58	0.187	0+641.81	0+645.61	0+649.39	299015.185	8986358.13
PI-25	D	20°17'38"	6.918	38.656	13.692	0.614	0+659.99	0+666.91	0+673.69	299023.009	8986377.97
PI-26	I	29°57'26"	5.413	20.23	10.578	0.712	0+782.69	0+788.10	0+793.27	299103.91	8986468.39
PI-27	D	17°36'01"	3.132	20.23	6.214	0.241	0+849.46	0+852.59	0+855.68	299117.216	8986531.75
PI-28	I	36°36'59"	6.694	20.23	12.929	1.079	0+897.02	0+903.71	0+909.95	299112.099	8986582.66
PI-29	I	5°46'11"	1.019	20.23	2.037	0.026	0+919.80	0+920.82	0+921.83	299121.114	8986597.74
PI-30	I	12°45'05"	2.261	20.23	4.502	0.126	0+940.36	0+942.62	0+944.86	299130.364	8986617.48
PI-31	D	39°26'16"	7.251	20.23	13.925	1.26	0+964.58	0+971.83	0+978.51	299136.619	8986646.04
PI-32	I	23°48'20"	4.264	20.23	8.405	0.445	1+004.53	1+008.80	1+012.94	299166.117	8986669.25
PI-33	D	4°18'17"	0.76	20.23	1.52	0.014	1+029.19	1+029.95	1+030.71	299176.101	8986688.04
PI-34	I	6°30'53"	1.151	20.23	2.3	0.033	1+042.89	1+044.05	1+045.19	299183.634	8986699.96
PI-35	D	26°28'51"	4.76	20.23	9.35	0.552	1+070.52	1+075.28	1+079.87	299197.216	8986728.08
PI-36	I	15°59'44"	2.842	20.23	5.648	0.199	1+089.84	1+092.68	1+095.49	299211.113	8986738.84
PI-37	D	46°42'05"	5.087	11.782	9.604	1.051	1+111.41	1+116.50	1+121.01	299225.221	8986758.07
PI-38	I	37°53'02"	3.052	8.893	5.88	0.509	1+125.59	1+128.64	1+131.47	299222.917	8986770.58
PI-39	I	7°02'14"	4.919	80	9.826	0.151	1+145.19	1+150.11	1+155.02	299232.915	8986789.83
PI-40	D	10°13'13"	5.366	60	10.703	0.239	1+167.39	1+172.76	1+178.09	299240.816	8986811.07
PI-41	I	14°11'32"	4.98	40	9.908	0.309	1+187.83	1+192.81	1+197.73	299251.045	8986828.34
PI-42	I	7°33'42"	5.287	80	10.558	0.174	1+209.21	1+214.49	1+219.76	299257.196	8986849.19

ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL CIRCULAR											
Nº PI	SENT.	DELTA	TANG.	RADIO	L.C.	EXT.	P.C. ó EC	P.I.	P.T. ó CE	ESTE	NORTE
PI-43	I	5°44'15"	3.007	60	6.008	0.075	1+226.43	1+229.44	1+232.44	299259.504	8986863.98
PI-44	D	29°30'12"	3.16	12	6.179	0.409	1+244.17	1+247.33	1+250.35	299260.483	8986881.84
PI-45	I	9°27'22"	3.308	40	6.602	0.137	1+271.73	1+275.04	1+278.33	299275.506	8986905.3
PI-46	D	12°33'18"	6.6	60	13.147	0.362	1+299.91	1+306.51	1+313.06	299287.902	8986934.24
PI-47	I	9°15'04"	5.664	70	11.302	0.229	1+315.63	1+321.30	1+326.93	299296.567	8986946.28
PI-48	I	17°23'55"	3.06	20	6.073	0.233	1+343.77	1+346.83	1+349.84	299307.966	8986969.16
PI-49	D	11°07'19"	3.895	40	7.765	0.189	1+368.04	1+371.93	1+375.80	299311.939	8986993.99
PI-50	I	16°10'10"	5.682	40	11.288	0.402	1+388.33	1+394.01	1+399.62	299311.155	8987016.08
PI-51	D	12°40'28"	4.998	45	9.954	0.277	1+404.31	1+409.31	1+414.27	299314.909	8987030.99
PI-52	D	31°46'12"	8.537	30	16.635	1.191	1+416.96	1+425.50	1+433.60	299322.232	8987045.48
PI-53	I	43°29'02"	3.988	10	7.589	0.766	1+447.67	1+451.65	1+455.26	299344.925	8987059.34
PI-54	I	1°45'02"	1.528	100	3.055	0.012	1+486.06	1+487.58	1+489.11	299354.383	8987094.4
PI-55	D	19°06'06"	3.365	20	6.668	0.281	1+512.51	1+515.88	1+519.18	299360.916	8987121.94
PI-56	I	15°39'49"	5.502	40	10.935	0.377	1+524.57	1+530.07	1+535.50	299368.564	8987133.97
PI-57	I	9°02'51"	4.747	60	9.475	0.188	1+537.44	1+542.19	1+546.91	299372.082	8987145.63
PI-58	D	12°19'36"	8.639	80	17.211	0.465	1+552.64	1+561.27	1+569.85	299374.655	8987164.56
PI-59	I	21°37'48"	7.641	40	15.101	0.723	1+585.81	1+593.45	1+600.91	299372.075	8987196.71
PI-60	I	22°50'35"	1.797	8.893	3.545	0.18	1+631	1+632.80	1+634.55	299354.611	8987232.17
PI-61	I	72°20'56"	1.478	2.022	2.553	0.483	1+636.77	1+638.24	1+639.32	299350.462	8987235.77
PI-62	D	40°04'12"	6.205	17.015	11.9	1.096	1+657.47	1+663.67	1+669.37	299360.674	8987259.49
PI-63	I	34°02'34"	4.985	16.285	9.676	0.746	1+685.18	1+690.17	1+694.86	299384.81	8987271.6

ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL CIRCULAR											
Nº PI	SENT.	DELTA	TANG.	RADIO	L.C.	EXT.	P.C. ó EC	P.I.	P.T. ó CE	ESTE	NORTE
PI-64	D	32°20'41"	2.841	9.797	5.53	0.404	1+703.85	1+706.69	1+709.38	299393.046	8987286.27
PI-65	D	11°14'34"	1.969	20	3.925	0.097	1+718.66	1+720.63	1+722.59	299405.45	8987292.96
PI-66	I	32°22'28"	2.546	8.77	4.955	0.362	1+728.32	1+730.86	1+733.27	299415.24	8987295.97
PI-67	I	33°21'07"	3.295	11	6.403	0.483	1+751.63	1+754.92	1+758.03	299430.963	8987314.36
PI-68	D	31°44'30"	4.588	16.138	8.94	0.64	1+764.30	1+768.89	1+773.24	299432.731	8987328.41
PI-69	D	58°13'40"	3.253	5.84	5.935	0.845	1+784.71	1+787.97	1+790.65	299444.862	8987343.43
PI-70	I	50°46'36"	6.774	14.273	12.649	1.526	1+805.49	1+812.26	1+818.14	299436.639	8987366.9
PI-71	I	20°20'18"	1.794	10	3.55	0.16	1+829.06	1+830.86	1+832.61	299446.813	8987383.52
PI-72	I	3°05'38"	1.62	60	3.24	0.022	1+878.76	1+880.38	1+881.99	299456.377	8987432.15
PI-73	D	11°57'54"	8.384	80	16.706	0.438	1+885.01	1+893.40	1+901.72	299458.197	8987445.04
PI-74	I	10°25'19"	4.56	50	9.095	0.208	1+907.10	1+911.66	1+916.20	299464.464	8987462.26
PI-75	D	12°53'30"	4.519	40	9	0.254	1+924.50	1+929.01	1+933.50	299467.356	8987479.4
PI-76	D	59°49'36"	5.753	10	10.442	1.537	1+939.28	1+945.04	1+949.73	299473.493	8987494.24
PI-77	D	36°08'34"	4.894	15	9.462	0.778	1+953.21	1+958.10	1+962.67	299487.494	8987496.14
PI-78	I	5°24'21"	9.442	200	18.87	0.223	1+971.08	1+980.52	1+989.95	299507.494	8987485.31
PI-79	I	65°07'30"	5.109	8	9.093	1.492	1+993.83	1+998.94	2+002.92	299524.459	8987478.09
PI-80	D	57°54'10"	4.426	8	8.085	1.143	2+010.83	2+015.25	2+018.91	299537.398	8987489.78
PI-81	I	27°29'29"	4.892	20	9.596	0.59	2+025.61	2+030.50	2+035.21	299552.81	8987485.42
PI-82	I	7°04'35"	4.947	80	9.881	0.153	2+061.04	2+065.99	2+070.92	299587.748	8987492.64
PI-83	D	37°28'48"	2.714	8	5.233	0.448	2+080.72	2+083.43	2+085.95	299604.273	8987498.25
PI-84	I	3°44'54"	1.963	60	3.925	0.032	2+104.11	2+106.07	2+108.03	299625.901	8987490.92
PI-85	D	6°14'35"	2.181	40	4.358	0.059	2+115.46	2+117.64	2+119.82	299637.079	8987487.94

ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL CIRCULAR											
N° PI	SENT.	DELTA	TANG.	RADIO	L.C.	EXT.	P.C. ó EC	P.I.	P.T. ó CE	ESTE	NORTE
PI-86	I	16°11'28"	2.845	20	5.652	0.201	2+129.92	2+132.77	2+135.58	299651.186	8987482.46
PI-87	D	16°08'19"	4.253	30	8.45	0.3	2+135.78	2+140.03	2+144.23	299658.459	8987481.82
PI-88	I	12°09'29"	4.26	40	8.488	0.226	2+166.67	2+170.93	2+175.16	299687.329	8987470.64
PI-89	D	7°27'24"	1.955	30	3.904	0.064	2+179.65	2+181.61	2+183.56	299697.904	8987468.97
PI-90	I	52°40'54"	4.951	10	9.195	1.159	2+185.99	2+190.94	2+195.18	299706.859	8987466.32
PI-91	I	26°05'15"	4.633	20	9.106	0.53	2+218.85	2+223.48	2+227.96	299733.684	8987485.97
PI-92	D	10°11'17"	1.783	20	3.556	0.079	2+234.87	2+236.66	2+238.43	299739.881	8987497.77
PI-93	D	7°45'56"	2.715	40	5.421	0.092	2+266.38	2+269.10	2+271.80	299759.806	8987523.39

ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL CIRCULAR											
N° PI	SENT.	DELTA	TANG.	RADIO	L.C.	EXT.	P.C. ó EC	P.I.	P.T. ó CE	ESTE	NORTE
PI-94	D	6°14'37"	2.182	40	4.359	0.059	2+282.93	2+285.12	2+287.29	299771.266	8987534.59
PI-95	I	47°58'59"	6.676	15	12.562	1.418	2+303.11	2+309.79	2+315.68	299790.683	8987549.82
PI-96	D	9°20'48"	2.452	30	4.894	0.1	2+325.62	2+328.07	2+330.52	299791.983	8987568.85
PI-97	I	16°21'23"	3.593	25	7.137	0.257	2+356.97	2+360.57	2+364.11	299788.902	8987601.21
PI-98	D	29°09'20"	5.201	20	10.177	0.665	2+368.05	2+373.26	2+378.23	299791.314	8987613.71
PI-99	D	16°33'50"	5.822	40	11.564	0.422	2+387.17	2+393.00	2+398.74	299804.166	8987628.99
PI-100	I	9°46'55"	2.567	30	5.122	0.11	2+411.66	2+414.23	2+416.78	299821.969	8987640.71
PI-101	D	48°44'36"	6.795	15	12.761	1.467	2+428.48	2+435.27	2+441.24	299837.33	8987655.11
PI-102	I	8°15'20"	4.33	60	8.645	0.156	2+483.51	2+487.84	2+492.16	299890.476	8987649.9
PI-103	I	21°04'32"	13.022	70	25.749	1.201	2+499.35	2+512.37	2+525.10	299914.993	8987651.04
PI-104	I	59°39'54"	5.735	10	10.414	1.528	2+539.94	2+545.67	2+550.35	299945.751	8987664.56
PI-105	D	41°10'55"	7.514	20	14.375	1.365	2+558.47	2+565.99	2+572.85	299948.207	8987685.79
PI-106	D	47°26'02"	8.786	20	16.558	1.845	2+574.69	2+583.47	2+591.24	299961.641	8987697.98
PI-107	I	12°57'23"	4.542	40	9.045	0.257	2+598.56	2+603.11	2+607.61	299982.204	8987696.1
PI-108	D	7°12'41"	3.151	50	6.293	0.099	2+628.52	2+631.67	2+634.82	300010.551	8987699.95
PI-109	I	9°51'39"	3.451	40	6.884	0.149	2+644.09	2+647.54	2+650.97	300026.424	8987700.1
PI-110	I	27°53'52"	8.693	35	17.042	1.063	2+656.79	2+665.49	2+673.84	300044.094	8987703.34
PI-111	I	38°14'49"	6.935	20	13.351	1.168	2+673.97	2+680.91	2+687.32	300056.468	8987713.11
PI-112	D	15°07'46"	1.992	15	3.961	0.132	2+690.68	2+692.68	2+694.64	300059.33	8987725.05
PI-113	I	56°30'50"	5.375	10	9.864	1.353	2+698.11	2+703.48	2+707.97	300059.016	8987735.88
PI-114	D	60°28'11"	5.828	10	10.554	1.574	2+710.28	2+716.11	2+720.83	300070.063	8987743.66
PI-115	I	20°29'17"	7.229	40	14.303	0.648	2+732.26	2+739.49	2+746.57	300092.195	8987733.19
PI-116	D	17°36'05"	3.096	20	6.144	0.238	2+754.87	2+757.97	2+761.02	300110.762	8987731.62
PI-117	D	10°27'24"	2.745	30	5.475	0.125	2+814.24	2+816.98	2+819.71	300165.352	8987709.08
PI-118	I	23°06'16"	6.132	30	12.097	0.62	2+833.41	2+839.54	2+845.51	300184.31	8987696.82
PI-119	I	8°17'04"	4.345	60	8.675	0.157	2+884.45	2+888.80	2+893.13	300233.012	8987688.42
PI-120	I	19°14'55"	10.174	60	20.157	0.857	2+912.30	2+922.48	2+932.46	300266.696	8987687.54
PI-121	I	23°05'31"	4.086	20	8.061	0.413	2+940.93	2+945.01	2+948.99	300288.343	8987694.46
PI-122	D	11°48'15"	3.101	30	6.181	0.16	2+952.06	2+955.16	2+958.24	300296.104	8987701.17
PI-123	D	29°06'14"	10.383	40	20.318	1.326	2+962.61	2+972.99	2+982.92	300311.711	8987709.83
PI-124	I	9°02'56"	6.33	80	12.635	0.25	3+003.46	3+009.79	3+016.09	300348.96	8987709.79
PI-125	D	128°53'31"	22.044	10.54	23.71	13.894	3+041.86	3+063.91	3+065.57	300402.44	8987718.24

ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL CIRCULAR											
N° PI	SENT.	DELTA	TANG.	RADIO	L.C.	EXT.	P.C. ó EC	P.I.	P.T. ó CE	ESTE	NORTE
PI-126	I	23°30'26"	6.242	30	12.308	0.642	3+068.74	3+074.98	3+081.05	300386.757	8987690.98
PI-127	I	15°09'16"	5.321	40	10.58	0.352	3+091.20	3+096.52	3+101.78	300384.334	8987669.4
PI-128	D	6°27'32"	5.642	100	11.273	0.159	3+111.90	3+117.55	3+123.18	300387.541	8987648.56
PI-129	D	12°13'08"	4.281	40	8.53	0.228	3+126.71	3+130.99	3+135.24	300388.079	8987635.11
PI-130	I	12°44'51"	2.234	20	4.45	0.124	3+136.43	3+138.67	3+140.88	300386.75	8987627.52
PI-131	I	21°22'12"	3.774	20	7.46	0.353	3+159.07	3+162.84	3+166.53	300387.94	8987603.35
PI-132	I	25°25'37"	6.288	27.872	12.369	0.701	3+174.49	3+180.78	3+186.86	300395.325	8987586.91
PI-133	D	52°14'03"	3.182	6.491	5.917	0.738	3+193.75	3+196.93	3+199.66	300407.785	8987576.31
PI-134	I	54°33'47"	1.743	3.38	3.219	0.423	3+203.62	3+205.37	3+206.84	300407.379	8987567.44
PI-135	D	66°47'17"	1.333	2.022	2.357	0.4	3+208.56	3+209.89	3+210.92	300411.154	8987564.48
PI-136	I	24°48'32"	0.9	4.092	1.772	0.098	3+213.81	3+214.71	3+215.58	300409.842	8987559.53
PI-137	I	1°28'05"	1.281	100	2.562	0.008	3+232.83	3+234.11	3+235.39	300413.204	8987540.4
PI-138	D	13°27'01"	9.433	80	18.78	0.554	3+239.68	3+249.12	3+258.46	300416.18	8987525.68
PI-139	I	13°45'20"	3.96	32.828	7.881	0.238	3+270.70	3+274.66	3+278.58	300415.278	8987500.07
PI-140	D	20°34'25"	7.26	40	14.363	0.653	3+284.42	3+291.68	3+298.78	300418.748	8987483.37
PI-141	I	16°38'17"	3.656	25	7.26	0.266	3+310.22	3+313.88	3+317.48	300415.315	8987461.28
PI-142	D	10°13'15"	3.577	40	7.136	0.16	3+328.49	3+332.07	3+335.63	300417.792	8987443.2
PI-143	I	10°44'23"	5.64	60	11.247	0.264	3+350.33	3+355.97	3+361.58	300416.784	8987419.31
PI-144	D	13°47'14"	6.045	50	12.032	0.364	3+361.99	3+368.04	3+374.02	300418.535	8987407.34
PI-145	I	8°25'45"	2.948	40	5.885	0.108	3+382.50	3+385.44	3+388.38	300416.872	8987389.95
PI-146	I	23°45'34"	4.207	20	8.294	0.438	3+392.93	3+397.14	3+401.22	300417.477	8987378.26
PI-147	D	19°56'07"	3.515	20	6.959	0.307	3+408.47	3+411.99	3+415.43	300424.21	8987364.89
PI-148	I	13°50'40"	4.856	40	9.665	0.294	3+420.36	3+425.22	3+430.03	300425.783	8987351.68
PI-149	I	15°28'43"	6.795	50	13.508	0.46	3+430.61	3+437.41	3+444.12	300430.095	8987340.23
PI-150	I	4°43'10"	2.473	60	4.942	0.051	3+450.98	3+453.46	3+455.93	300439.602	8987327.2
PI-151	D	18°49'58"	8.292	50	16.435	0.683	3+461.23	3+469.52	3+477.66	300450.104	8987315.04
PI-152	I	4°12'50"	2.943	80	5.884	0.054	3+495.84	3+498.78	3+501.72	300461.122	8987287.77
PI-153	I	10°49'54"	3.792	40	7.562	0.179	3+516.20	3+519.99	3+523.76	300470.494	8987268.74
PI-154	D	8°08'49"	2.849	40	5.688	0.101	3+528.71	3+531.56	3+534.40	300477.475	8987259.49
PI-155	I	10°46'35"	2.971	31.497	5.924	0.14	3+549.48	3+552.45	3+555.41	300487.576	8987241.19
PI-156	D	57°58'48"	4.983	8.993	9.1	1.288	3+578.95	3+583.93	3+588.05	300507.681	8987216.95
PI-157	I	17°46'22"	1.876	12	3.722	0.146	3+612.35	3+614.23	3+616.07	300497.894	8987187.36

ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL CIRCULAR											
N° PI	SENT.	DELTA	TANG.	RADIO	L.C.	EXT.	P.C. ó EC	P.I.	P.T. ó CE	ESTE	NORTE
PI-158	I	8°49'44"	3.088	40	6.164	0.119	3+617.28	3+620.36	3+623.44	300497.836	8987181.19
PI-159	I	17°05'17"	1.616	10.757	3.208	0.121	3+641.37	3+642.99	3+644.58	300501.102	8987158.79
PI-160	D	16°22'29"	5.514	38.323	10.952	0.395	3+667.50	3+673.02	3+678.46	300513.985	8987131.64
PI-161	D	23°04'20"	2.985	14.623	5.888	0.301	3+697.85	3+700.83	3+703.73	300518.352	8987104.1
PI-162	D	78°41'27"	0.984	1.2	1.648	0.352	0+000.64	0+001.62	0+002.29	299071.638	8985738.93

Cámaras de Inspección y Reunión

Con la finalidad de asegurar la presión de caída de la tubería, ejercida por la fuerza de gravedad y mantener un caudal continuo a su nivel máximo, se diseñó este tipo de estructuras hidráulicas en determinados cambios de pendiente, las cuales se desarrollan a continuación:

Diseño hidráulico

Se realizó un diseño típico de cámara de carga e inspección para las progresivas "0+160 km - 0+335 km - 0+420 km - 0+850 k - 1+045 km - 1+235 km - 1+355 km - 1+415 km - 1+570 km - 1+725 km - 1+825 km - 1+975 km - 2+395 km - 2+655 km - 2+900 km.

Se utilizó los siguientes datos:

Q: Caudal = 58 l/s

d: Diámetro = 237,6 mm

g: Gravedad = 9.81 m²/s

V: Velocidad del flujo = 1,308 m/s

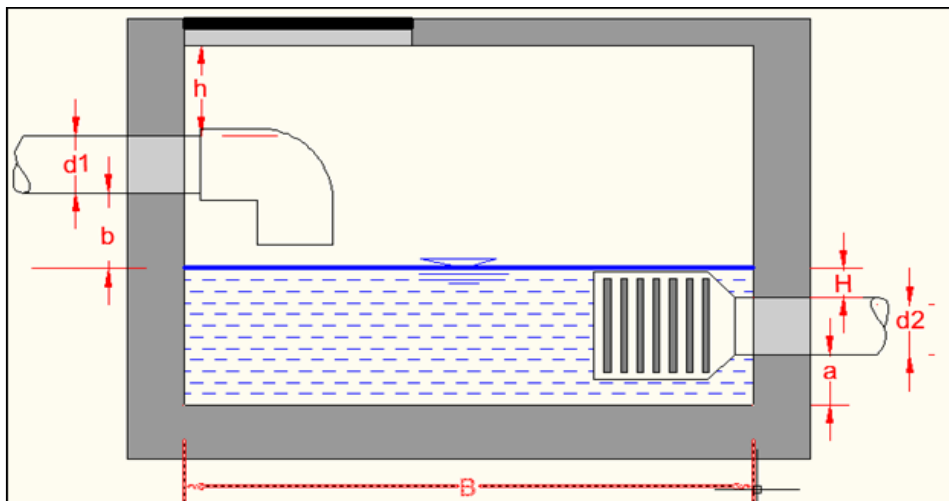


Figura 1: Sección típica de la cámara de carga e inspección (Elaboración propia)

Para determinar el H_t , es necesario calcular la carga "H", para ello, se utilizó la Ecuación de Bernoulli.

H: Carga de agua = $1,487 \cdot V^2 / 2g$

Se muestran los resultados del predimensionamiento hidráulico:

Tabla 19: *Predimensionamiento de la cámara y parámetros hidráulicos*

Resultados de la cámara de carga e inspección			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Carga de agua	H	0,13	m
Diámetro de tubería ingreso	d1	0,24	m
Diámetro de tubería salida	d2	0,24	m
Altura tubería ingreso y nivel de agua	b	0,10	m
Borde libre	h	0,30	m
Altura mínima	a	0,10	m
Altura total	Ht	0,99	m
Dimensionamiento de la cámara			
Largo	B	1,20	m
Ancho	A	0,60	m
Altura total	Ht	1,00	m
Parámetros Hidráulicos			
Altura hidráulica	Ah	0,35	m
Volumen hidráulico de cámara	Vh	0,25	m ³
Tiempo de llenado y descarga	s	4,33	s

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los resultados corresponden a los cálculos básicos utilizando la geometría de la sección típica de la cámara de carga.

De la misma manera se realizó el diseño de la cámara de carga e inspección para la progresiva 3+055 km, teniendo en consideración que la única modificación se encuentra en la tubería de salida que corresponde a una tubería PVC-U de 315 mm de diámetro. Los resultados se muestran a continuación:

Se utilizó los siguientes datos:

Q: Caudal = 58 l/s

d: Diámetro = 237,6 mm

g: Gravedad = 9.81 m²/s

V: Velocidad del flujo = 1,308 m/s

Para determinar el Ht, es necesario calcular la carga "H", para ello, se utilizó la Ecuación de Bernoulli.

H: Carga de agua = $1,487 \cdot V^2 / 2g$

Se muestran los resultados del predimensionamiento hidráulico:

Tabla 20: Predimensionamiento de la cámara en la progresiva 3+055 km y parámetros hidráulicos

Resultados de la cámara de carga e inspección			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Carga de agua	H	0,13	m
Diámetro de tubería ingreso	d1	0,24	m
Diámetro de tubería salida	d2	0,30	m
Altura tubería ingreso y nivel de agua	b	0,10	m
Borde libre	h	0,30	m
Altura mínima	a	0,10	m
Altura total	Ht	1,02	m
Dimensionamiento de la cámara			
Largo	B	1,20	m
Ancho	A	0,60	m
Altura total	Ht	1,10	m
Parámetros Hidráulicos			
Altura hidráulica	Ah	0,38	m
Volumen hidráulico de cámara	Vh	0,27	m ³
Tiempo de llenado y descarga	s	4,71	s

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los resultados corresponden a los cálculos básicos utilizando la geometría de la sección típica de la cámara de carga.

Análisis Estructural de la cámara de reunión

Para el análisis estructural se utilizó la siguiente información:

Tabla 21: Datos utilizados para el análisis estructural

Datos para el análisis estructural			
Nombre	Variable	Valor	Unidad
Resistencia del concreto	f'_c	210	kg/cm ²
Resistencia del acero	f_y	4 200	kg/cm ²
Peso específico del concreto	γ_{cs}	2 300	kg/m ³
Peso específico del c°a°	γ_{cr}	2 400	kg/m ³
Factor modificación concreto	λ	1,00	
Espesor de muro		0,15	m
Espesor losa de fondo		0,20	m
Espesor losa de techo		0,10	m

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los valores asumidos corresponden a criterios estándar que se maneja para estructuras de pequeñas dimensiones. Elaboración Propia.

Para la losa de fondo:

Acero por temperatura

$$A_{s,temp} = 0,0018 \cdot b_w \cdot e_1$$

$$A_{s,temp} = 3,60 \text{ cm}^2$$

Para este caso asumiremos un $d_b = 3/8''$

$$d_b = 0,95 \text{ cm}$$

$$A_{sb} = 0,71 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

$$S = 100 * A_{sb} / A_{s, \text{ temp}}$$

$$S = 20 \text{ cm}$$

Límite de espaciamento

Se aplicó los criterios según ACI 318S – 2011: 14.3.4a, que indica lo siguiente:

$$S_{\text{min}} = 5 \text{ cm}$$

$$S_{\text{max}} = 45 \text{ cm}$$

En ese sentido, el valor de S será igual al menor valor entre el espaciamento S calculado y el valor de S máximo.

$$S = 20 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el diámetro será: $\emptyset 3/8'' @ 0.2 \text{ m}$ para el refuerzo por temperatura.

Muros Laterales:

Acero por flexión (acero vertical)

Se asumirá un recubrimiento de 4 cm.

$$d_b = 3/8''$$

$$d_b = 0,95 \text{ cm}$$

$$A_{sb} = 0,71 \text{ cm}^2$$

Peralte efectivo

$$d = e - (r + d_b/2)$$

$$d = 10,5 \text{ cm}$$

Acero mínimo:

$$A_{s, \text{ min}} = \frac{0,8 * \sqrt{f_c} * b_w * d}{f_y} \geq \frac{14 * b_w * d}{f_y}$$

$A_{s, \text{ min}} = 2,90 \geq 3,51 \text{ cm}^2$, no cumple la relación, entonces:

$$A_s = 3,51 \text{ cm}^2$$

Espaciamento

$$S = 100 * A_{sb}/A_s$$

$$S = 20 \text{ cm}$$

Límite de espaciamiento

Según ACI 318S – 2011: 14.3.5.

Luego:

$$S \leq 3 * e = 45 \text{ cm}$$

$S \leq 450 \text{ mm} = 45 \text{ cm}$, como se cumple ambas relaciones, el espaciamiento será cada 20 cm.

Por lo tanto, el diámetro será: $\emptyset 3/8'' @ 0.2 \text{ m}$ para el refuerzo por flexión.

Acero por temperatura (Acero horizontal)

Según ACI: $A_{s,temp} = 0,0018 * b_w * e$

$$A_{s,temp} = 2,70 \text{ cm}^2$$

Para este caso asumiremos un $d_b = 3/8''$

$$d_b = 0,95 \text{ cm}$$

$$A_{sb} = 0,71 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

$$S = 100 * A_{sb}/A_s$$

$$S = 20 \text{ cm}$$

Límite de espaciamiento

Se aplicó los criterios según ACI 318S – 2011: 14.3.4a, que indica lo siguiente:

$$S_{min} = 5 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 45 \text{ cm}$$

En ese sentido, el valor de S será igual al menor valor entre el espaciamiento S calculado y el valor de S máximo.

$$S = 20 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el diámetro será: $\emptyset 3/8'' @ 0.2 \text{ m}$ para el refuerzo por temperatura.

Longitud de Anclaje “ l_{dh} ” y Longitud de Gancho “ l_g ”

Longitud de anclaje:

Se utilizó lo recomendado por ACI 318S 2011: 12.5.2 – Longitud de desarrollo en tracción:

$$l_{dh} = \left(\frac{0,075 * \psi_e * f_y}{\lambda * \sqrt{f_c}} \right) * d_b$$

$d_b = 3/8''$ (diámetro de acero por flexión del muro)

$d_b = 0,95$ cm

$\psi_e = 1,00$ m

$\lambda = 0,71$

$f'_c = 210$ kg/cm²

$f_y = 4 200$ kg/cm²

$l_{dh} = 29,1$ cm

Longitud de gancho: l_g (cm)

Se utilizó lo recomendado por ACI 318S 2011: 12.5.2 – Longitud de gancho

$l_g = 12 * d_b$

Para $d_b = 3/8''$

$d_b = 0,95$ cm

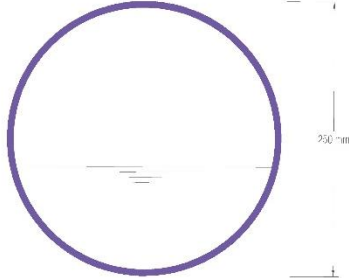
$l_g = 11,43$ cm, la cual por temas constructivos se procedió a redondear el valor a 12 cm

$l_g = 12$ cm

Anexo 9: Planos de los diseños de Infraestructura Hidráulica de captación y conducción

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 1

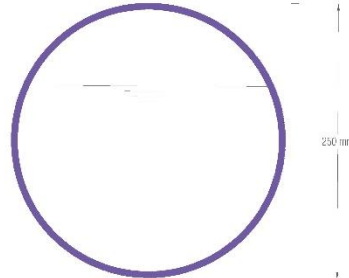
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.098 \text{ m}$
 $v=3.359 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 2

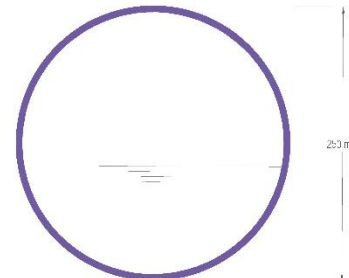
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.177 \text{ m}$
 $v=1.637 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 3

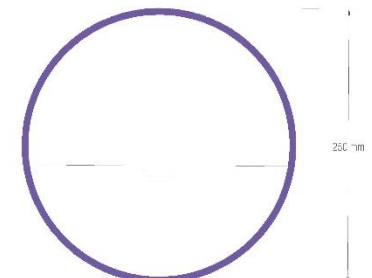
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.093 \text{ m}$
 $v=3.586 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 4

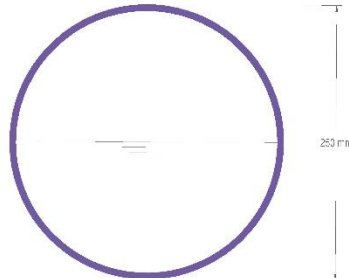
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.106 \text{ m}$
 $v=3.049 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 5

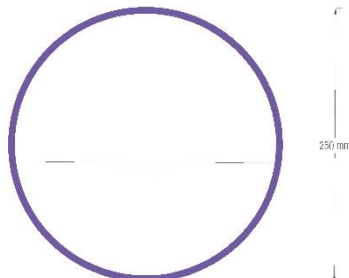
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.063 \text{ m}$
 $v=4.211 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 6

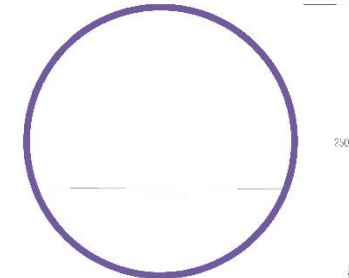
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.108 \text{ m}$
 $v=2.956 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 7

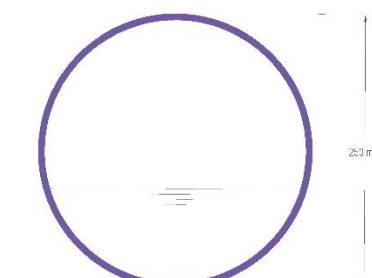
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.080 \text{ m}$
 $v=4.397 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 8

ESCALA 1:5

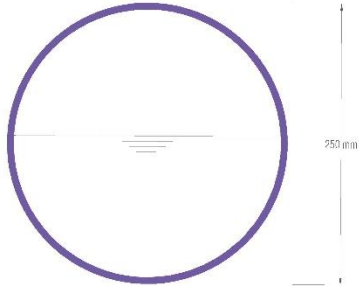


Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.089 \text{ m}$
 $v=3.830 \text{ m/s}$

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		TESIS: "DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE RIEGO SECTORES TUYA - MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS, ANCASH"	
		PLANO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN - SECCIÓN TUBERÍAS PVC	
PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov: Huari	CÓDIGO: TUB	LAMINA: TUB-01
ZONA: 18 SUR	Reg: Ancash FECHA: Abril de 2022	ESCALA: INDICADA REVISADO:	
TESISISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCACUZO			

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 9

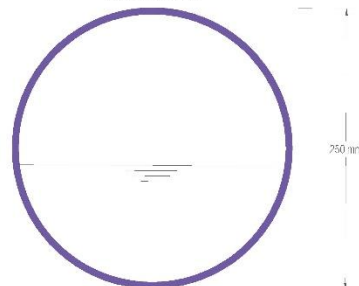
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.132 \text{ m}$
 $v=2.294 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 10

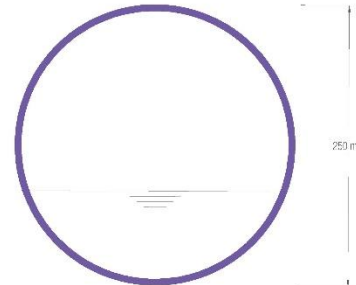
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.109 \text{ m}$
 $v=2.913 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 11

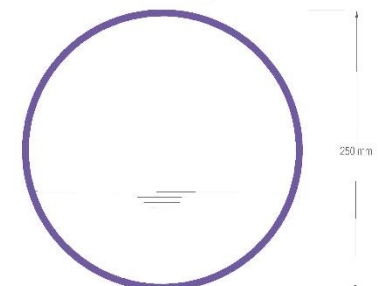
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.082 \text{ m}$
 $v=4.273 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 12

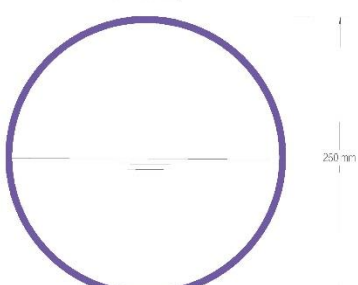
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.086 \text{ m}$
 $v=4.034 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 13

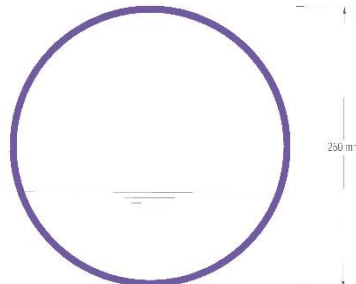
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.123 \text{ m}$
 $v=2.513 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 14

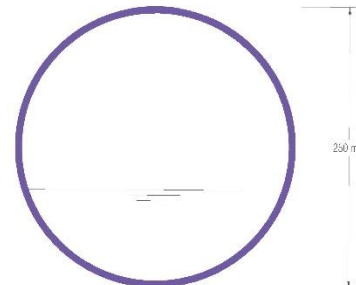
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.082 \text{ m}$
 $v=4.266 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 15

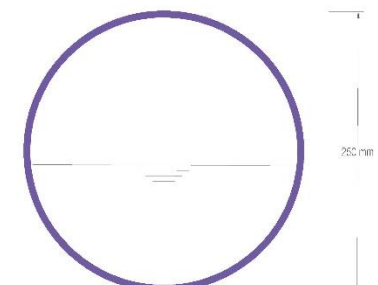
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.085 \text{ m}$
 $v=4.058 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 16

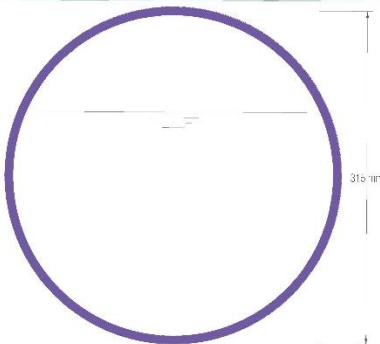
ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.112 \text{ m}$
 $v=2.808 \text{ m/s}$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN TRAMO 17

ESCALA 1:5



Normativa: NTP ISO 1452-2 2011 (2016)
Clase: 5
 $Q=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
 $yn=0.209 \text{ m}$
 $v=1.105 \text{ m/s}$



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

"DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA
HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE
RIEGO SECTORES TUYA -
MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS,
ANCASH"

PLANO:

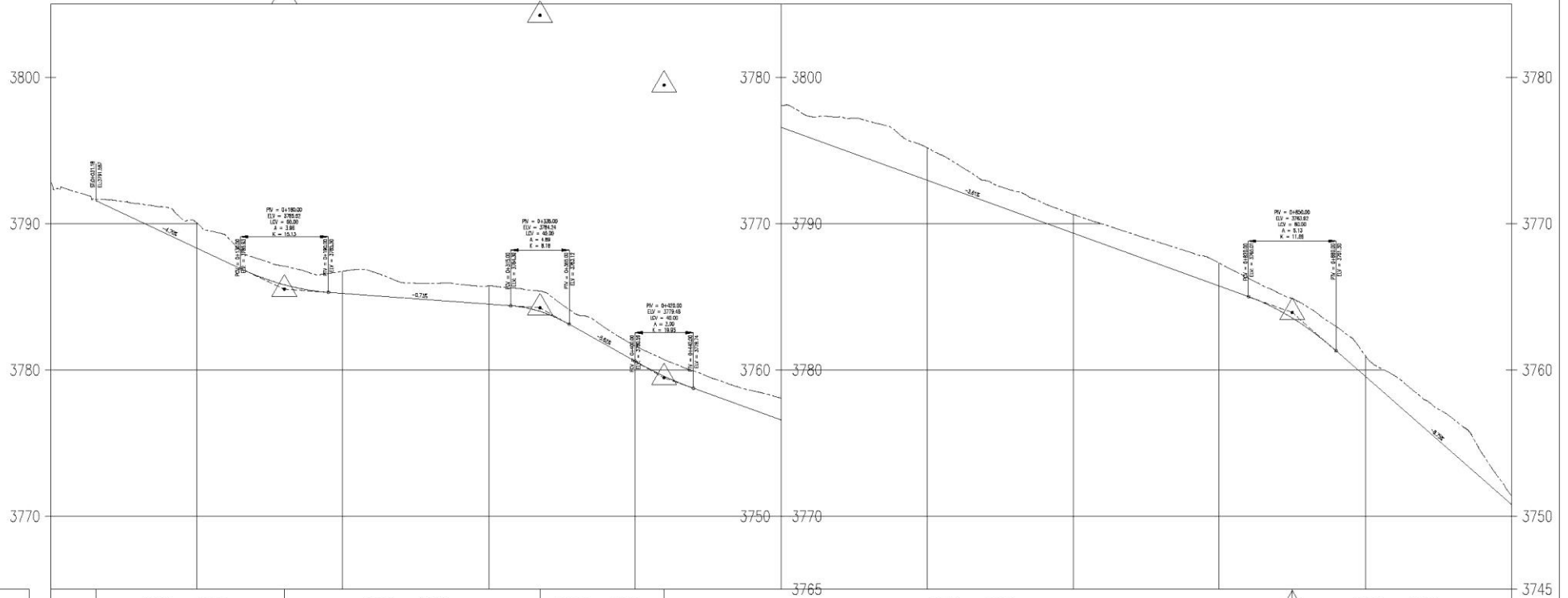
LÍNEA DE CONDUCCIÓN - SECCIÓN TUBERÍAS PVC

PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov: Huari	CÓDIGO: TUB	LAMINA: TUB-02
ZONA: 18 SUR	Reg: Ancash	ESCALA: INDICADA	
TESISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCACUZCO	FECHA: Abril de 2022	REVISADO:	

PERFIL: PERFIL_0-1
Esc. Hz:1000
Esc. Vert:100

PERFIL: PERFIL_0-1
Esc. Hz:1000
Esc. Vert:100

PERFIL: PERFIL_0-1
Esc. Hz:1000
Esc. Vert:100



PENDIENTE	-4.70% en 128.82 m.		-0.73% en 175.00 m.					-5.62% en 85.00 m.			-3.61% en 430.00 m.										-8.75% en 195.00 m.																														
COTA SUBRASANTE	3791.15	3790.21	3789.27	3788.34	3787.40	3786.49	3785.82	3785.41	3785.23	3785.08	3784.93	3784.79	3784.64	3784.50	3784.33	3783.82	3782.84	3781.71	3780.59	3779.56	3778.74	3778.02	3777.29	3776.57	3775.85	3775.13	3774.40	3773.68	3772.96	3772.23	3771.51	3770.79	3770.07	3769.34	3768.62	3767.90	3767.17	3766.45	3765.73	3765.01	3764.11	3762.88	3761.30	3759.55	3757.80	3756.05	3754.30	3752.55	3750.80		
COTA TERRENO	3792.09	3791.61	3791.35	3791.09	3789.27	3788.34	3787.40	3786.49	3785.82	3785.41	3785.23	3785.08	3784.93	3784.79	3784.64	3784.50	3784.33	3783.82	3782.84	3781.71	3780.59	3779.56	3778.74	3778.02	3777.29	3776.57	3775.85	3775.13	3774.40	3773.68	3772.96	3772.23	3771.51	3770.79	3770.07	3769.34	3768.62	3767.90	3767.17	3766.45	3765.73	3765.01	3764.11	3762.88	3761.30	3759.55	3757.80	3756.05	3754.30	3752.55	3750.80
CORTE - RELLENO +	-0.46	-1.14	-1.82	-1.70	-1.78	-1.18	-1.27	-1.14	-1.52	-1.65	-1.05	-1.12	-1.21	-1.25	-1.23	-1.40	-0.96	-1.15	-1.06	-1.15	-1.15	-1.19	-1.18	-1.29	-1.50	-1.47	-2.17	-2.59	-2.53	-2.22	-1.87	-1.42	-1.43	-1.33	-1.29	-1.35	-1.43	-1.50	-1.58	-1.58	-1.27	-1.17	-1.45	-1.66	-1.42	-1.81	-1.95	-2.36	-1.75	-0.61	
DIAGRAMA DE CURVATURA Hz	R: 28.82		R: 23.80					R: 30.00			R: 30.00										R: 20.00																														
DIAGRAMA DE CURVA VERTICAL	Pend: -4.70% Dist: 98.82		LCV=60.00					Pend: -0.73% Dist: 125.00			LCV=40.00			Pend: -5.62% Dist: 45.00										LCV=40.00					Pend: -3.61% Dist: 380.00										LCV=60.00					Pend: -8.75% Dist: 135.00							
0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000																																									

PERFIL: PERFIL_2-3

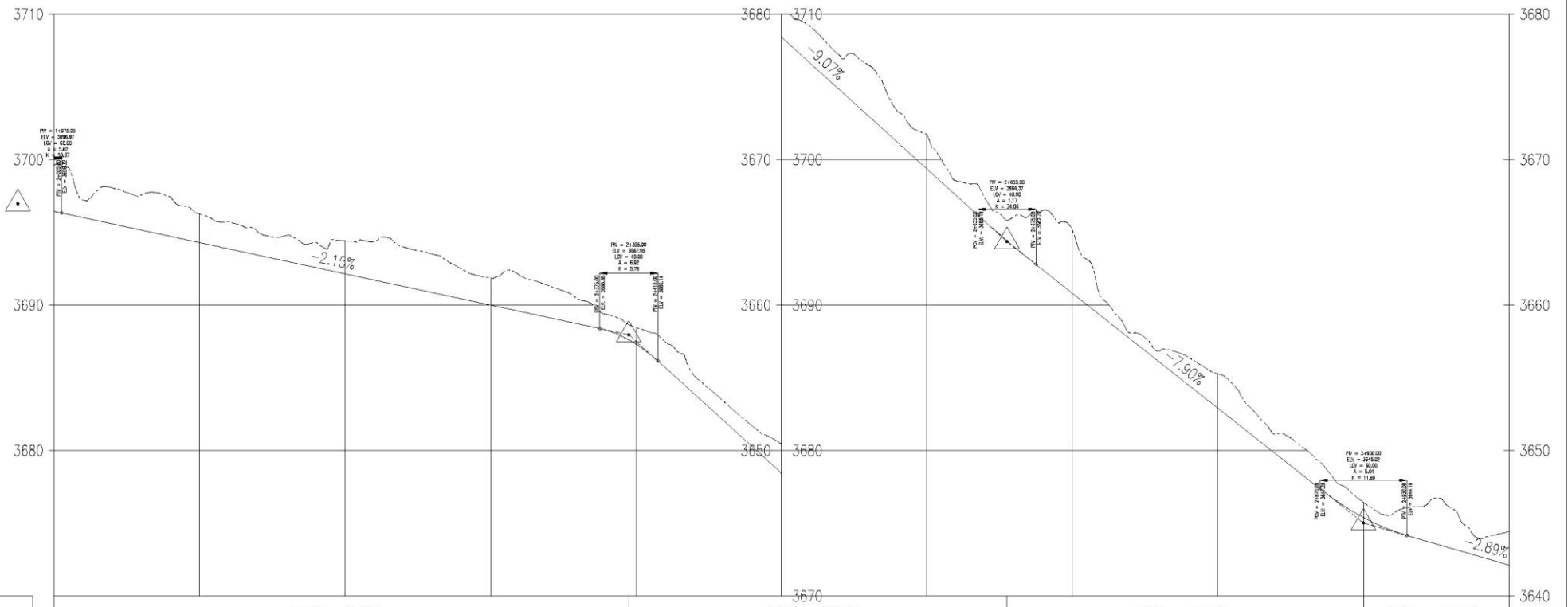
Esc. Hz:1000
Esc. Vert:100

PERFIL: PERFIL_2-3

Esc. Hz:1000
Esc. Vert:100

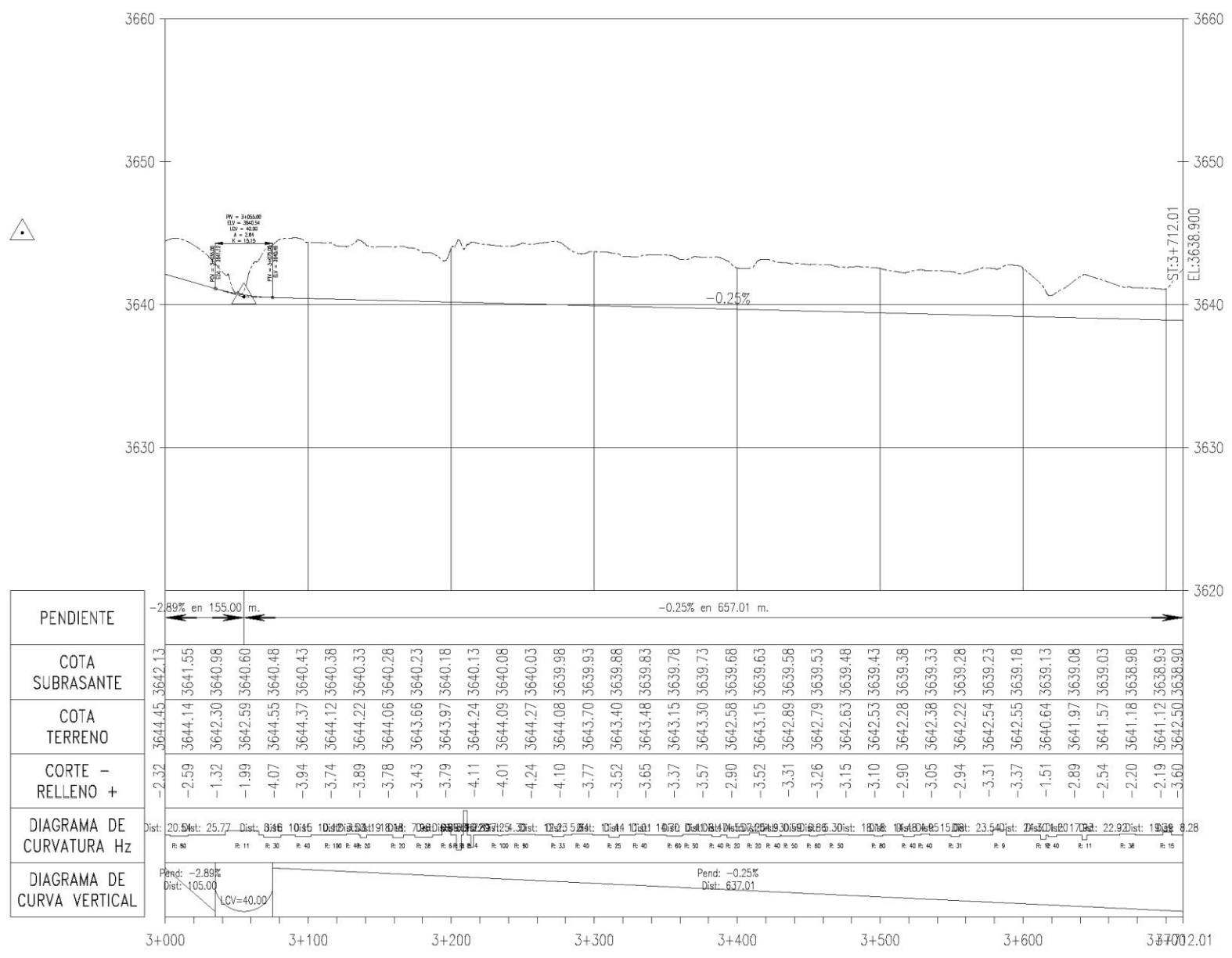
PERFIL: PERFIL_2-3

Esc. Hz:1000
Esc. Vert:100

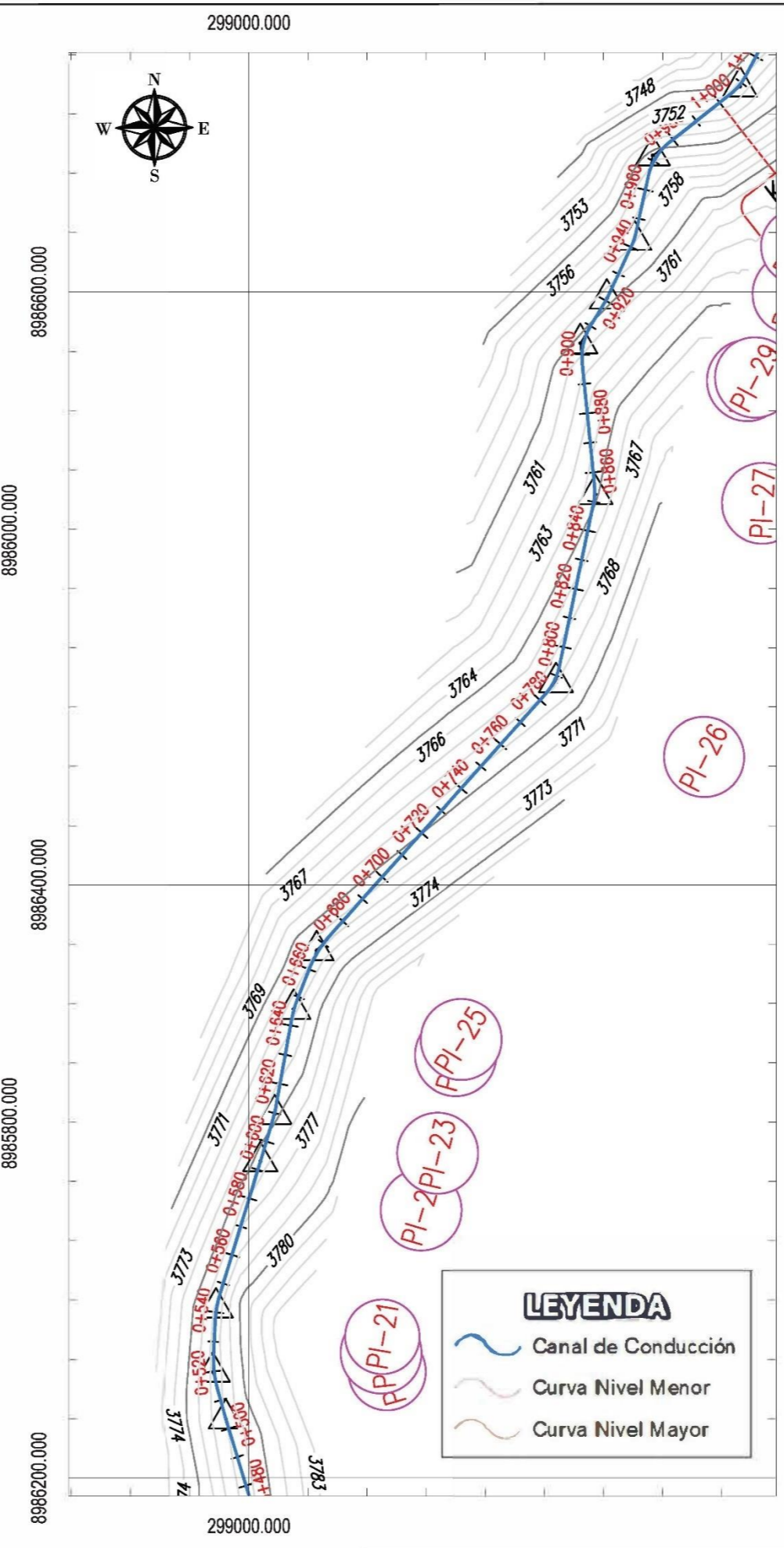
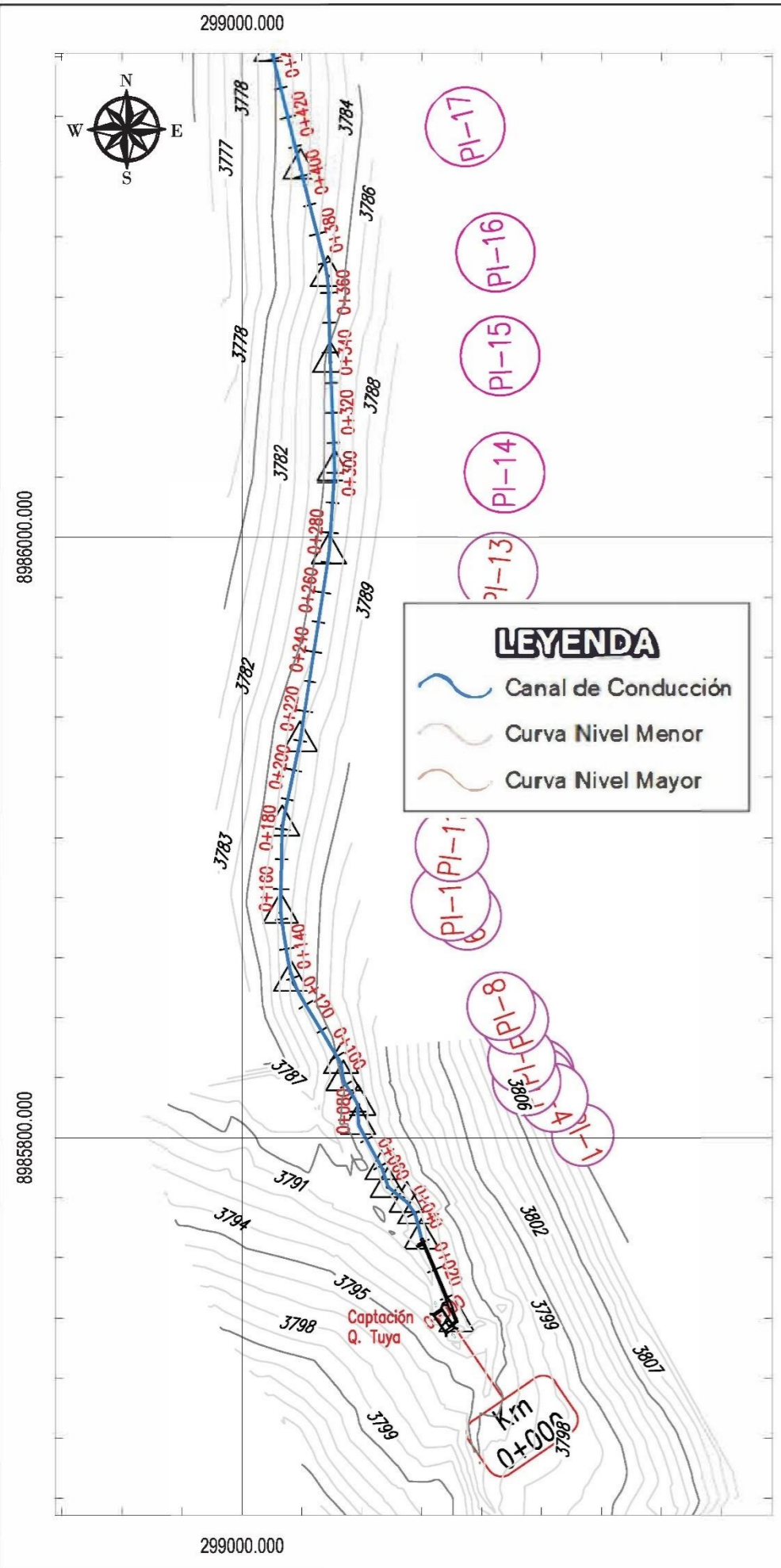


PENDIENTE	← -2.15% en 420.00 m. → ← -9.07% en 260.00 m. → ← -7.90% en 245.00 m. → ← -2.89% en 155.00 m. →																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
COTA SUBRASANTE	3696.44	3696.00	3695.57	3695.14	3694.71	3694.28	3693.86	3693.43	3693.00	3692.57	3692.14	3691.71	3691.28	3690.85	3690.42	3689.99	3689.56	3689.13	3688.70	3688.25	3687.81	3687.37	3686.93	3686.49	3686.05	3685.62	3685.18	3684.74	3684.30	3683.87	3683.43	3682.99	3682.56	3682.12	3681.68	3681.24	3680.80	3680.36	3679.92	3679.48	3679.04	3678.60	3678.16	3677.72	3677.28	3676.84	3676.40	3675.96	3675.52	3675.08	3674.64	3674.20	3673.76	3673.32	3672.88	3672.44	3672.00	3671.56	3671.12	3670.68	3670.24	3669.80	3669.36	3668.92	3668.48	3668.04	3667.60	3667.16	3666.72	3666.28	3665.84	3665.40	3664.96	3664.52	3664.08	3663.64	3663.20	3662.76	3662.32	3661.88	3661.44	3661.00	3660.56	3660.12	3659.68	3659.24	3658.80	3658.36	3657.92	3657.48	3657.04	3656.60	3656.16	3655.72	3655.28	3654.84	3654.40	3653.96	3653.52	3653.08	3652.64	3652.20	3651.76	3651.32	3650.88	3650.44	3649.99	3649.55	3649.10	3648.66	3648.21	3647.77	3647.32	3646.88	3646.43	3645.99	3645.54	3645.09	3644.65	3644.20	3643.76	3643.31	3642.87	3642.42	3641.97	3641.53	3641.08	3640.64	3640.19	3639.75	3639.30	3638.86	3638.41	3637.97	3637.52	3637.08	3636.63	3636.19	3635.74	3635.30	3634.85	3634.41	3633.96	3633.52	3633.07	3632.63	3632.18	3631.74	3631.29	3630.85	3630.40	3629.96	3629.51	3629.07	3628.62	3628.18	3627.73	3627.29	3626.84	3626.40	3625.95	3625.51	3625.06	3624.62	3624.17	3623.73	3623.28	3622.84	3622.39	3621.95	3621.50	3621.06	3620.61	3620.17	3619.72	3619.28	3618.83	3618.39	3617.94	3617.50	3617.05	3616.61	3616.16	3615.72	3615.27	3614.83	3614.38	3613.94	3613.49	3613.05	3612.60	3612.16	3611.71	3611.27	3610.82	3610.38	3609.93	3609.49	3609.04	3608.60	3608.15	3607.71	3607.26	3606.82	3606.37	3605.93	3605.48	3605.04	3604.59	3604.15	3603.70	3603.26	3602.81	3602.37	3601.92	3601.48	3601.03	3600.59	3600.14	3599.70	3599.25	3598.81	3598.36	3597.91	3597.47	3597.02	3596.58	3596.13	3595.69	3595.24	3594.79	3594.35	3593.90	3593.46	3593.01	3592.57	3592.12	3591.68	3591.23	3590.79	3590.34	3589.89	3589.45	3589.00	3588.56	3588.11	3587.67	3587.22	3586.78	3586.33	3585.89	3585.44	3585.00	3584.55	3584.10	3583.66	3583.21	3582.77	3582.32	3581.88	3581.43	3580.99	3580.54	3580.10	3579.65	3579.20	3578.76	3578.31	3577.87	3577.42	3576.98	3576.53	3576.09	3575.64	3575.19	3574.75	3574.30	3573.86	3573.41	3572.97	3572.52	3572.08	3571.63	3571.19	3570.74	3570.30	3569.85	3569.40	3568.96	3568.51	3568.07	3567.62	3567.18	3566.73	3566.29	3565.84	3565.40	3564.95	3564.51	3564.06	3563.62	3563.17	3562.73	3562.28	3561.84	3561.39	3560.95	3560.50	3560.06	3559.61	3559.17	3558.72	3558.28	3557.83	3557.39	3556.94	3556.50	3556.05	3555.61	3555.16	3554.72	3554.27	3553.83	3553.38	3552.94	3552.49	3552.05	3551.60	3551.16	3550.71	3550.27	3549.82	3549.38	3548.93	3548.49	3548.04	3547.60	3547.15	3546.71	3546.26	3545.82	3545.37	3544.93	3544.48	3544.04	3543.59	3543.15	3542.70	3542.26	3541.81	3541.37	3540.92	3540.48	3540.03	3539.59	3539.14	3538.70	3538.25	3537.81	3537.36	3536.92	3536.47	3536.03	3535.58	3535.14	3534.69	3534.25	3533.80	3533.36	3532.91	3532.47	3532.02	3531.58	3531.13	3530.69	3530.24	3529.80	3529.35	3528.91	3528.46	3528.02	3527.57	3527.13	3526.68	3526.24	3525.79	3525.35	3524.90	3524.46	3524.01	3523.57	3523.12	3522.68	3522.23	3521.79	3521.34	3520.90	3520.45	3520.01	3519.56	3519.12	3518.67	3518.23	3517.78	3517.34	3516.89	3516.45	3516.00	3515.56	3515.11	3514.67	3514.22	3513.78	3513.33	3512.89	3512.44	3512.00	3511.55	3511.11	3510.66	3510.22	3509.77	3509.33	3508.88	3508.44	3507.99	3507.55	3507.10	3506.66	3506.21	3505.77	3505.32	3504.88	3504.43	3503.99	3503.54	3503.10	3502.65	3502.21	3501.76	3501.32	3500.87	3500.43	3499.98	3499.54	3499.09	3498.65	3498.20	3497.76	3497.31	3496.87	3496.42	3495.98	3495.53	3495.09	3494.64	3494.20	3493.75	3493.31	3492.86	3492.42	3491.97	3491.53	3491.08	3490.64	3490.19	3489.75	3489.30	3488.86	3488.41	3487.97	3487.52	3487.08	3486.63	3486.19	3485.74	3485.30	3484.85	3484.41	3483.96	3483.52	3483.07	3482.63	3482.18	3481.74	3481.29	3480.85	3480.40	3479.96	3479.51	3479.07	3478.62	3478.18	3477.73	3477.29	3476.84	3476.40	3475.95	3475.51	3475.06	3474.62	3474.17	3473.73	3473.28	3472.84	3472.39	3471.95	3471.50	3471.06	3470.61	3470.17	3469.72	3469.28	3468.83	3468.39	3467.94	3467.50	3467.05	3466.61	3466.16	3465.72	3465.27	3464.83	3464.38	3463.94	3463.49	3463.05	3462.60	3462.16	3461.71	3461.27	3460.82	3460.38	3459.93	3459.49	3459.04	3458.60	3458.15	3457.71	3457.26	3456.82	3456.37	3455.93	3455.48	3455.04	3454.59	3454.15	3453.70	3453.26	3452.81	3452.37	3451.92	3451.48	3451.03	3450.59	3450.14	3449.70	3449.25	3448.81	3448.36	3447.92	3447.47	3447.03	3446.58	3446.14	3445.69	3445.25	3444.80	3444.35	3443.91	3443.46	3443.02	3442.57	3442.13	3441.68	3441.24	3440.79	3440.35	3439.90	3439.46	3439.01	3438.57	3438.12	3437.68	3437.23	3436.79	3436.34	3435.90	3435.45	3435.01	3434.56	3434.12	3433.67	3433.23	3432.78	3432.34	3431.89	3431.45	3431.00	3430.56	3430.11	3429.67	3429.22	3428.78	3428.33	3427.89	3427.44	3427.00	3426.55	3426.11	3425.66	3425.22	3424.77	3424.33	3423.88	3423.44	3422.99	3422.55	3422.10	3421.66	3421.21	3420.77	3420.32	3419.88	3419.43	3418.99	3418.54	3418.10	3417.65	3417.21	3416.76	3416.32	3415.87	3415.43	3414.98	3414.54	3414.09	3413.65	3413.20	3412.76	3412.31	3411.87	3411.42	3410.98	3410.53	3410.09	3409.64	3409.20	3408.75	3408.31	3407.86	3407.42	3406.97	3406.53	3406.08	3405.64	3405.19	3404.75	3404.30	3403.86	3403.41	3402.97	3402.52	3402.08	3401.63	3401.19	3400.74	3400.30	3399.85	3399.41	3398.96	3398.52	3398.07	3397.63	3397.18	3396.74	3396.29	3395.85	3395.40	3394.96	3394.51	3394.07	3393.62	3393.18	3392.73	3392.29	3391.84	3391.40	3390.95	3390.51	3390.06	3389.62	3389.17	3388.73	3388.28	3387.84	3387.39	3386.95	3386.50	3386.06	3385.61	3385.17	3384.72	3384.28	3383.83	3383.39	3382.94	3382.50	3382.05	3381.61	3381.16	3380.72	3380.27	3379.83	3379.38	3378.94	3378.49	3378.05	3377.60	3377.16	3376.71	3376.27	3375.82	3375.38	3374.93	3374.49	3374.04	3373.60	3373.15	3372.71	3372.26	3371.82	3371.37	3370.93	3370.48	3370.04	3369.59	3369.15	3368.70	3368.26	3367.81	3367.37	3366.92	3366.48	3366.03	3365.59	3365.14	3364.70	3364.25	3363.81	3363.36	3362.92	3362.47	3362.03	3361.58	3361.14	3360.69	3360.25	3359.80	3359.36	3358.91	3358.47	3358.02	3357.58	3357.13	3356.69	3356.24	3355.80	3355.35	3354.91	3354.46	3354.02	3353.57	3353.13	3352.68	3352.24	3351.79	3351.35	3350.90	3350.46	3349.99	3349.55	3349.10	3348.66	3348.21	3347.77	3347.32	3346.88	3346.43	3345.99	3345.54	3345.10	3344.65	3344.21	3343.76	3343.32	3342.87	3342.43	3341.98	3341.54	3341.09	3340.65	3340.20	3339.76	3339.31	3338.87	3338.42	3337.98	3337.53	3337.09	3336.64	3336.20	3335.75	3335.31	3334.86	3334.42	3333.97	3333.53	3333.08	3332.64	3332.19	3331.75	3331.30	3330.86	3330.41	3329.97	3329.52	3329.08	3328.63	3328.19	3327.74	3327.30	3326.85	3326.41	3325.96	3325.52	3325.07	3324.63	3324.18	3323.74	3323.29	3322.85	3322.40	3321.96	3321.51	3321.07	3320.62	3320.18	3319.73	3319.29	3318.84	3318.40	3317.95	3317.51	3317.06	3316.62	3316.17	3315.73	3315.28	3314.84	3314.39	3313.95	3313.50	3313.06	3312.61	3312.17	3311.72	3311.28	3310.83	3310.39	3309.94	3309.50	3309.05	3308.61	3308.16	3307.72	3307.27	3306.83	3306.38	3305.94	3305.49	3305.05	3304.60	3304.16	3303.71	3303.27	3302.82	3302.38	3301.93	3301.49	3301.04	3300.60	3300.15	3299.71	3299.26	3298.82	3298.37	3297.92	3297.48	3297.03	3296.59	3296.14	3295.70	3295.25	3294.81	3294.36	3293.92	3293.47	3293.03	3292.58	3292.14	3291.69	3291.25	3290.80	3290.35	3289.91	3289.46	3289.02	3288.57	3288.13	3287.68	3287.24	3286.79	3286.34	3285.90	3285.45	3285.01	3284.56	3284.12	3283.67	3283.23	3282.78	3282.34	3281.89	3281.45	3281.00	3280.56	3280.11	3279.67	3279.22	3278.78	3278.33	3277.89	3277.44	3277.00	3276.55	3276.11	3275.66	3275.21	3274.77	3274.32	3273.88	3273.43	3272.99	3272.54	3272.10	3271.65	3271.21	3270.76	3270.31	3269.87	3269.42	3268.98	3268.53	3268.09	3267.64	3267.20	3266.75	3266.31	3265.86	3265.42	3264.97	3264.53	3264.08	

PERFIL: PERFIL_3-4
 Esc. Hz:1000
 Esc. Vert:100



PENDIENTE	-2.89% en 155.00 m.	-0.25% en 657.01 m.
COTA SUBRASANTE	3642.13	3642.13
COTA TERRENO	3644.45	3642.13
CORTE - RELLENO +	-2.32	-2.32
DIAGRAMA DE CURVATURA Hz	Dist: 20.54	Dist: 25.77
DIAGRAMA DE CURVA VERTICAL	Pend: -2.89% Dist: 105.00	Pend: -0.25% Dist: 637.01



ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL CIRCULAR											
N° PI	SENT.	DELTA	TANG.	RADIO	L.C.	EXT.	P.C. ó EC	P.I.	P.T. ó CE	ESTE	NORTE
PI-01	I	21°28'32"	1.574	8.302	3.112	0.148	0+038.26	0+039.83	0+041.37	299057.818	8985774.81
PI-02	I	16°13'41"	1.006	7.058	1.999	0.071	0+043.58	0+044.59	0+045.58	299055.013	8985778.7
PI-03	D	35°02'37"	1.115	3.533	2.161	0.172	0+051.43	0+052.55	0+053.59	299048.729	8985783.61
PI-04	I	11°18'52"	0.495	5	0.987	0.024	0+058.22	0+058.71	0+059.21	299046.907	8985789.57
PI-05	I	28°22'35"	1.006	3.979	1.971	0.125	0+074.83	0+075.83	0+076.80	299038.79	8985804.65
PI-06	D	31°28'05"	1.409	5	2.746	0.195	0+080.78	0+082.19	0+083.53	299038.798	8985811.05
PI-07	D	23°49'15"	1.362	6.458	2.685	0.142	0+090.26	0+091.63	0+092.95	299033.847	8985819.16
PI-08	I	23°43'11"	1.528	7.276	3.012	0.159	0+095.88	0+097.41	0+098.89	299033.08	8985824.94
PI-09	D	22°23'14"	7.649	38.656	15.104	0.75	0+121.74	0+129.39	0+136.85	299016.446	8985852.31
PI-10	I	9°57'38"	3.369	38.656	6.72	0.146	0+148.73	0+152.09	0+155.45	299012.903	8985874.93
PI-11	D	10°57'36"	3.709	38.656	7.394	0.177	0+177.46	0+181.16	0+184.85	299013.441	8985904.01
PI-12	I	3°15'34"	1.1	38.656	2.199	0.016	0+208.65	0+209.75	0+210.85	299019.398	8985931.99
PI-13	I	4°43'18"	1.594	38.656	3.185	0.033	0+271.51	0+273.10	0+274.69	299029.045	8985994.6
PI-14	D	6°25'08"	2.168	38.656	4.331	0.061	0+298.69	0+300.86	0+303.02	299030.999	8986022.29
PI-15	D	0°45'50"	0.258	38.656	0.515	0.001	0+336.70	0+336.96	0+337.21	299029.499	8986058.36
PI-16	I	12°39'39"	4.288	38.656	8.542	0.237	0+361.27	0+365.56	0+369.81	299028.692	8986086.95
PI-17	D	0°23'04"	0.13	38.656	0.259	0	0+402.33	0+402.46	0+402.59	299019.582	8986122.75
PI-18	I	2°57'47"	1	38.656	1.999	0.013	0+441.75	0+442.75	0+443.75	299009.906	8986161.87
PI-19	D	1°19'08"	0.445	38.656	0.89	0.003	0+503.10	0+503.54	0+503.99	298992.279	8986220.04
PI-20	I	18°19'09"	6.233	38.656	12.359	0.499	0+513.66	0+519.89	0+526.02	298987.899	8986235.8
PI-21	D	14°11'11"	4.81	38.656	9.571	0.298	0+536.67	0+541.48	0+546.24	298988.951	8986257.46
PI-22	I	0°19'43"	0.111	38.656	0.222	0	0+592.84	0+592.95	0+593.06	299003.986	8986306.74
PI-23	I	6°21'01"	2.144	38.656	4.284	0.059	0+607.45	0+609.59	0+611.73	299008.751	8986322.69
PI-24	D	11°14'07"	3.802	38.656	7.58	0.187	0+641.81	0+645.61	0+649.39	299015.185	8986358.13
PI-25	D	20°17'38"	6.918	38.656	13.692	0.614	0+659.99	0+666.91	0+673.69	299023.009	8986377.97
PI-26	I	29°57'26"	5.413	20.23	10.578	0.712	0+782.69	0+788.10	0+793.27	299103.91	8986468.39
PI-27	D	17°36'01"	3.132	20.23	6.214	0.241	0+849.46	0+852.59	0+855.68	299117.216	8986531.75
PI-28	I	36°36'59"	6.694	20.23	12.929	1.079	0+897.02	0+903.71	0+909.95	299112.099	8986582.66
PI-29	I	5°46'11"	1.019	20.23	2.037	0.026	0+919.80	0+920.82	0+921.83	299121.114	8986597.74
PI-30	I	12°45'05"	2.261	20.23	4.502	0.126	0+940.36	0+942.62	0+944.86	299130.364	8986617.48
PI-31	D	39°26'16"	7.251	20.23	13.925	1.26	0+964.58	0+971.83	0+978.51	299136.619	8986646.04



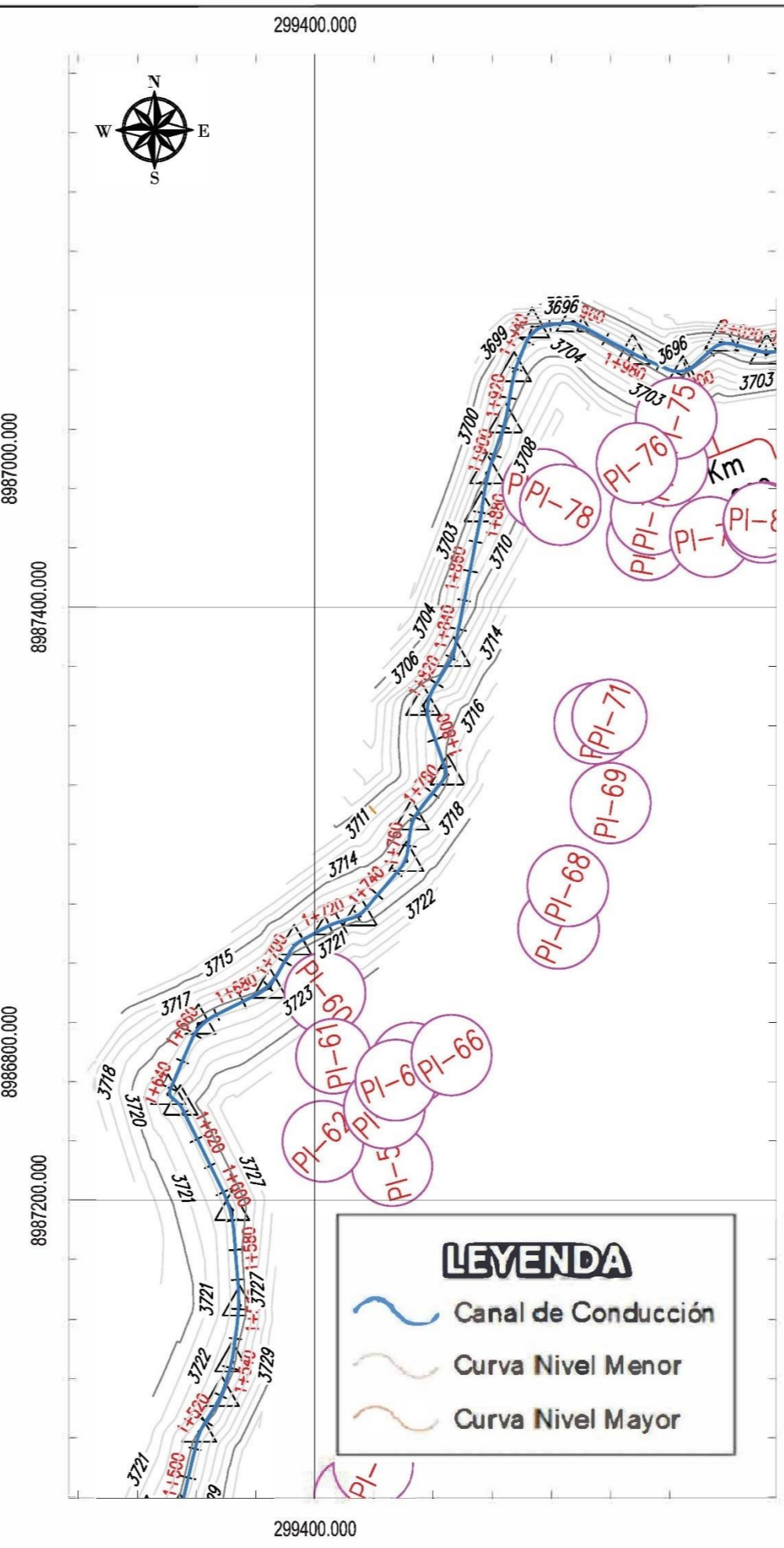
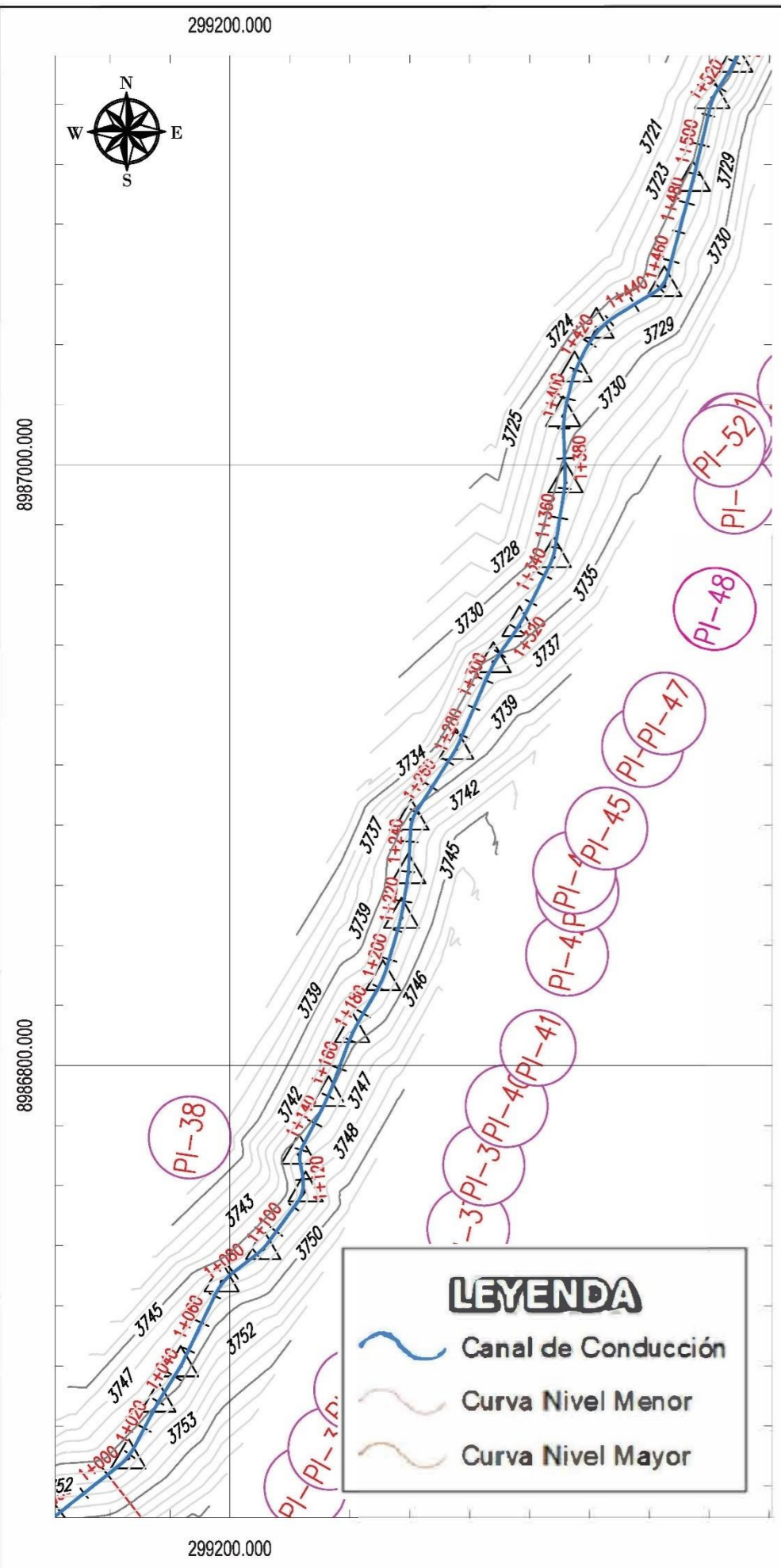
UCV
UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
"DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA
HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE
RIEGO SECTORES TUYA -
MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS,
ANCASH"

PLANO: **TOPOGRAFÍA - SECTORES TUYA - MATARAGRA**

PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov: Huarí	CÓDIGO: TOPO	LAMINA:
ZONA: 18 SUR	Reg: Ancash	ESCALA: 1:2 000	TOPO-01
TESISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCACUZCO	FECHA: Abril de 2022	REVISADO:	



ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL CIRCULAR

N° PI	SENT.	DELTA	TANG.	RADIO	L.C.	EXT.	P.C. ó EC	P.I.	P.T. ó CE	ESTE	NORTE
PI-32	I	23°48'20"	4.264	20.23	8.405	0.445	1+004.53	1+008.80	1+012.94	299166.117	8986669.25
PI-33	D	4°18'17"	0.76	20.23	1.52	0.014	1+029.19	1+029.95	1+030.71	299176.101	8986688.04
PI-34	I	6°30'53"	1.151	20.23	2.3	0.033	1+042.89	1+044.05	1+045.19	299183.634	8986699.96
PI-35	D	26°28'51"	4.76	20.23	9.35	0.552	1+070.52	1+075.28	1+079.87	299197.216	8986728.08
PI-36	I	15°59'44"	2.842	20.23	5.648	0.199	1+089.84	1+092.68	1+095.49	299211.113	8986738.84
PI-37	D	46°42'05"	5.087	11.782	9.604	1.051	1+111.41	1+116.50	1+121.01	299225.221	8986758.07
PI-38	I	37°53'02"	3.052	8.893	5.88	0.509	1+125.59	1+128.64	1+131.47	299222.917	8986770.58
PI-39	I	7°02'14"	4.919	80	9.826	0.151	1+145.19	1+150.11	1+155.02	299232.915	8986789.83
PI-40	D	10°13'13"	5.366	60	10.703	0.239	1+167.39	1+172.76	1+178.09	299240.816	8986811.07
PI-41	I	14°11'32"	4.98	40	9.908	0.309	1+187.83	1+192.81	1+197.73	299251.045	8986828.34
PI-42	I	7°33'42"	5.287	80	10.558	0.174	1+209.21	1+214.49	1+219.76	299257.196	8986849.19
PI-43	I	5°44'15"	3.007	60	6.008	0.075	1+226.43	1+229.44	1+232.44	299259.504	8986863.98
PI-44	D	29°30'12"	3.16	12	6.179	0.409	1+244.17	1+247.33	1+250.35	299260.483	8986881.84
PI-45	I	9°27'22"	3.308	40	6.602	0.137	1+271.73	1+275.04	1+278.33	299275.506	8986905.3
PI-46	D	12°33'18"	6.6	60	13.147	0.362	1+299.91	1+306.51	1+313.06	299287.902	8986934.24
PI-47	I	9°15'04"	5.664	70	11.302	0.229	1+315.63	1+321.30	1+326.93	299296.567	8986946.28
PI-48	I	17°23'55"	3.06	20	6.073	0.233	1+343.77	1+346.83	1+349.84	299307.966	8986969.16
PI-49	D	11°07'19"	3.895	40	7.765	0.189	1+368.04	1+371.93	1+375.80	299311.939	8986993.99
PI-50	I	16°10'10"	5.682	40	11.288	0.402	1+388.33	1+394.01	1+399.62	299311.155	8987016.08
PI-51	D	12°40'28"	4.998	45	9.954	0.277	1+404.31	1+409.31	1+414.27	299314.909	8987030.99
PI-52	D	31°46'12"	8.537	30	16.635	1.191	1+416.96	1+425.50	1+433.60	299322.232	8987045.48
PI-53	I	43°29'02"	3.988	10	7.589	0.766	1+447.67	1+451.65	1+455.26	299344.925	8987059.34
PI-54	I	1°45'02"	1.528	100	3.055	0.012	1+486.06	1+487.58	1+489.11	299354.383	8987094.4
PI-55	D	19°06'06"	3.365	20	6.668	0.281	1+512.51	1+515.88	1+519.18	299360.916	8987121.94
PI-56	I	15°39'49"	5.502	40	10.935	0.377	1+524.57	1+530.07	1+535.50	299368.564	8987133.97
PI-57	I	9°02'51"	4.747	60	9.475	0.188	1+537.44	1+542.19	1+546.91	299372.082	8987145.63
PI-58	D	12°19'36"	8.639	80	17.211	0.465	1+552.64	1+561.27	1+569.85	299374.655	8987164.56
PI-59	I	21°37'48"	7.641	40	15.101	0.723	1+585.81	1+593.45	1+600.91	299372.075	8987196.71
PI-60	I	22°50'35"	1.797	8.893	3.545	0.18	1+631	1+632.80	1+634.55	299354.611	8987232.17
PI-61	I	72°20'56"	1.478	2.022	2.553	0.483	1+636.77	1+638.24	1+639.32	299350.462	8987235.77
PI-62	D	40°04'12"	6.205	17.015	11.9	1.096	1+657.47	1+663.67	1+669.37	299360.674	8987259.49
PI-63	I	34°02'34"	4.985	16.285	9.676	0.746	1+685.18	1+690.17	1+694.86	299384.81	8987271.6
PI-64	D	32°20'41"	2.841	9.797	5.53	0.404	1+703.85	1+706.69	1+709.38	299393.046	8987286.27
PI-65	D	11°14'34"	1.969	20	3.925	0.097	1+718.66	1+720.63	1+722.59	299405.45	8987292.96
PI-66	I	32°22'28"	2.546	8.77	4.955	0.362	1+728.32	1+730.86	1+733.27	299415.24	8987295.97
PI-67	I	33°21'07"	3.295	11	6.403	0.483	1+751.63	1+754.92	1+758.03	299430.963	8987314.36
PI-68	D	31°44'30"	4.588	16.138	8.94	0.64	1+764.30	1+768.89	1+773.24	299432.731	8987328.41
PI-69	D	58°13'40"	3.253	5.84	5.935	0.845	1+784.71	1+787.97	1+790.65	299444.862	8987343.43
PI-70	I	50°46'36"	6.774	14.273	12.649	1.526	1+805.49	1+812.26	1+818.14	299436.639	8987366.9
PI-71	I	20°20'18"	1.794	10	3.55	0.16	1+829.06	1+830.86	1+832.61	299446.813	8987383.52
PI-72	I	3°05'38"	1.62	60	3.24	0.022	1+878.76	1+880.38	1+881.99	299456.377	8987432.15
PI-73	D	11°57'54"	8.384	80	16.706	0.438	1+885.01	1+893.40	1+901.72	299458.197	8987445.04
PI-74	I	10°25'19"	4.56	50	9.095	0.208	1+907.10	1+911.66	1+916.20	299464.464	8987462.26
PI-75	D	12°53'30"	4.519	40	9	0.254	1+924.50	1+929.01	1+933.50	299467.356	8987479.4
PI-76	D	59°49'36"	5.753	10	10.442	1.537	1+939.28	1+945.04	1+949.73	299473.493	8987494.24
PI-77	D	36°08'34"	4.894	15	9.462	0.778	1+953.21	1+958.10	1+962.67	299487.494	8987496.14
PI-78	I	5°24'21"	9.442	200	18.87	0.223	1+971.08	1+980.52	1+989.95	299507.494	8987485.31
PI-79	I	65°07'30"	5.109	8	9.093	1.492	1+993.83	1+998.94	2+002.92	299524.459	8987478.09
PI-80	D	57°54'10"	4.426	8	8.085	1.143	2+010.83	2+015.25	2+018.91	299537.398	8987489.78

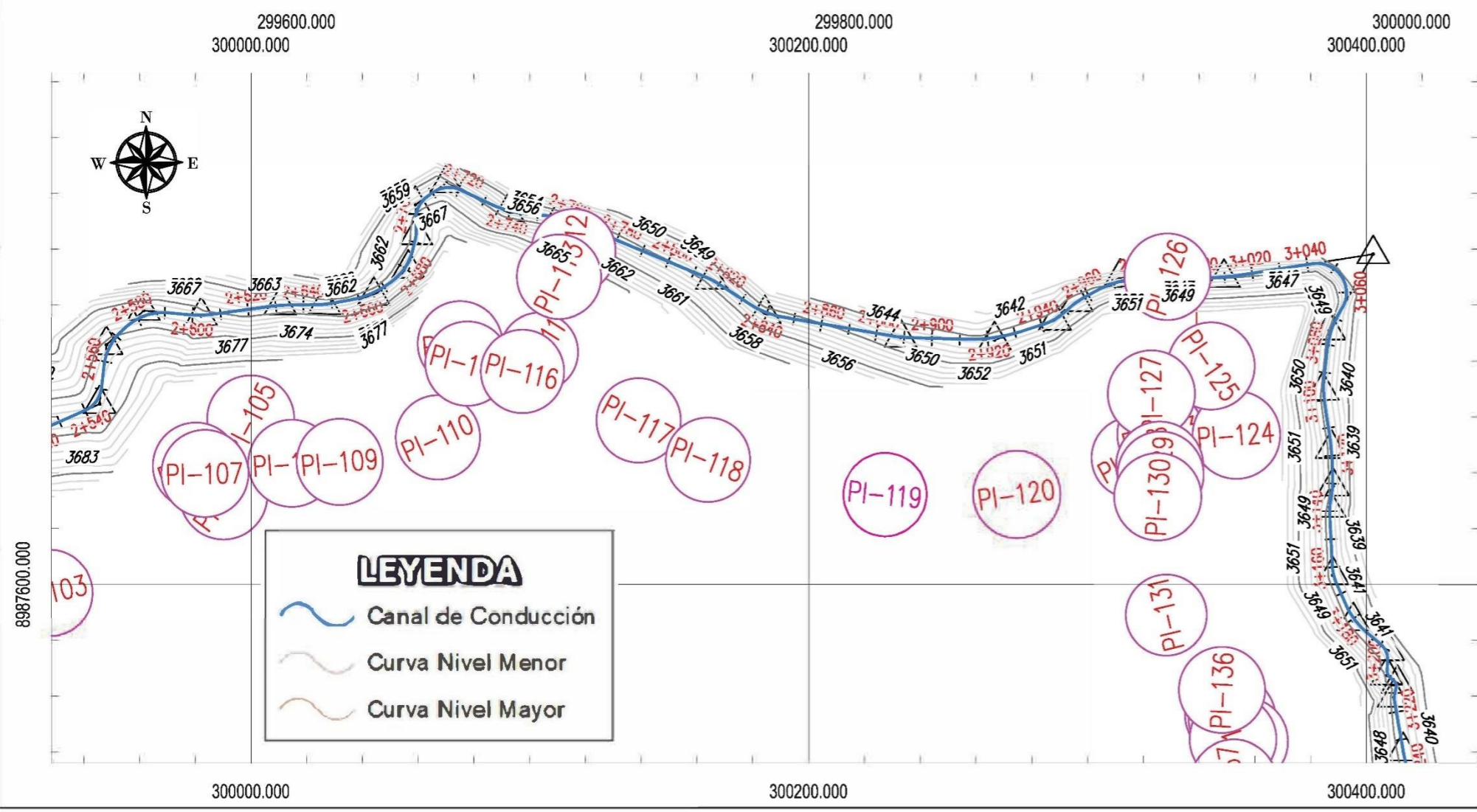
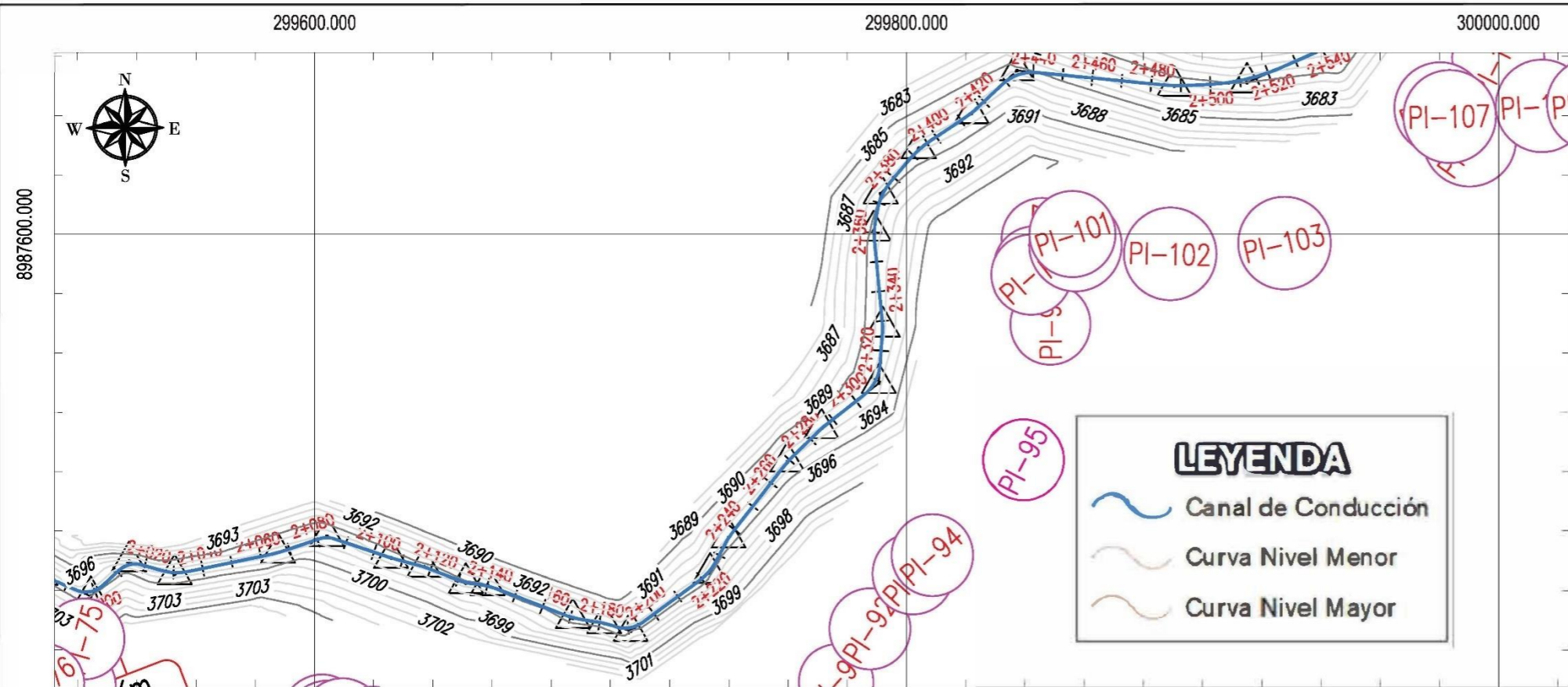
UCV
UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
"DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA
HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE
RIEGO SECTORES TUYA -
MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS,
ANCASH"

PLANO:
TOPOGRAFÍA - SECTORES TUYA - MATARAGRA

PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov. Huari	CÓDIGO: TOPO	LAMINA:
ZONA: 18 SUR	Reg. Ancash	ESCALA: 1:2 000	TOPO-02
TESISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCAZUCO	FECHA: Abril de 2022	REVISADO:	



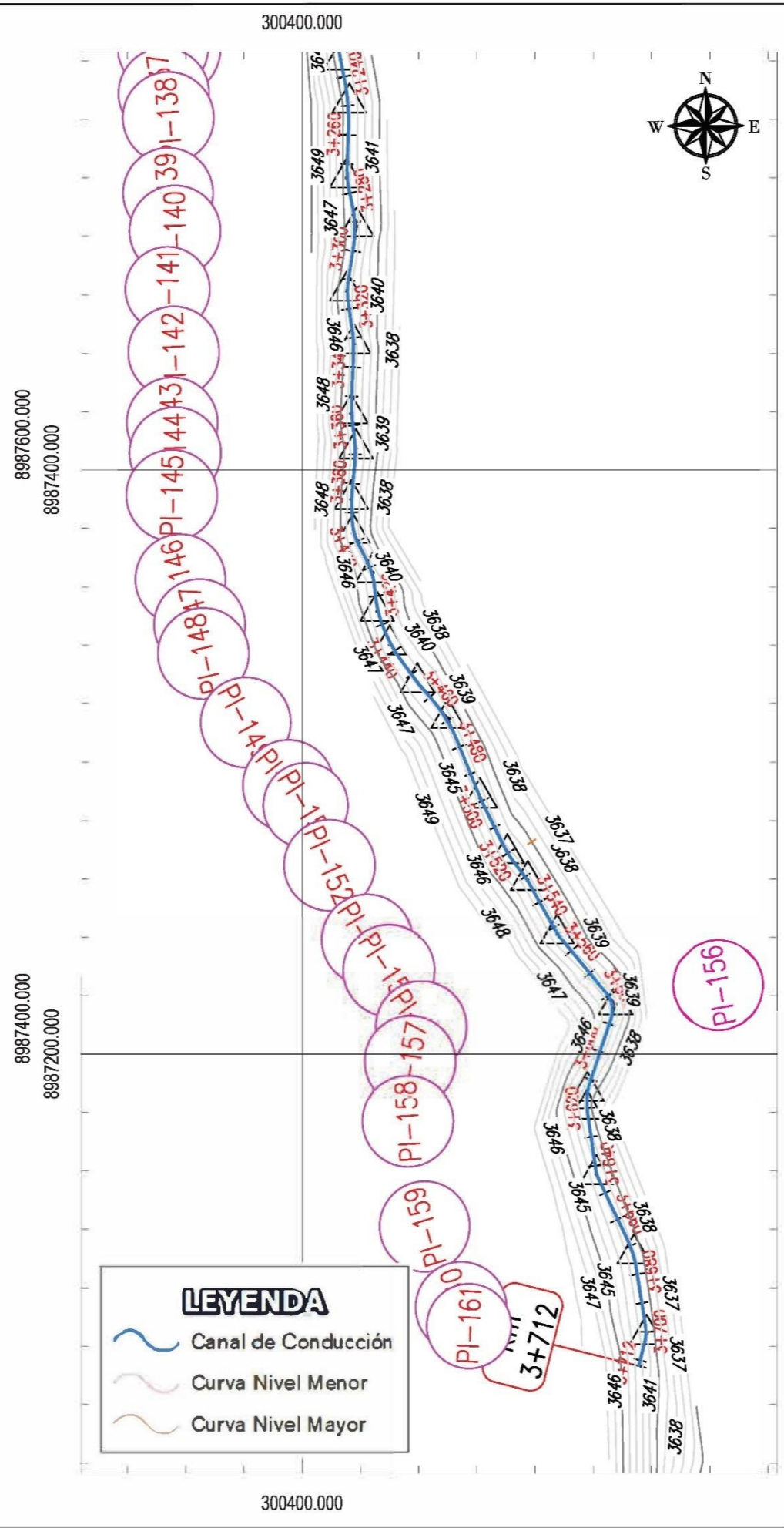
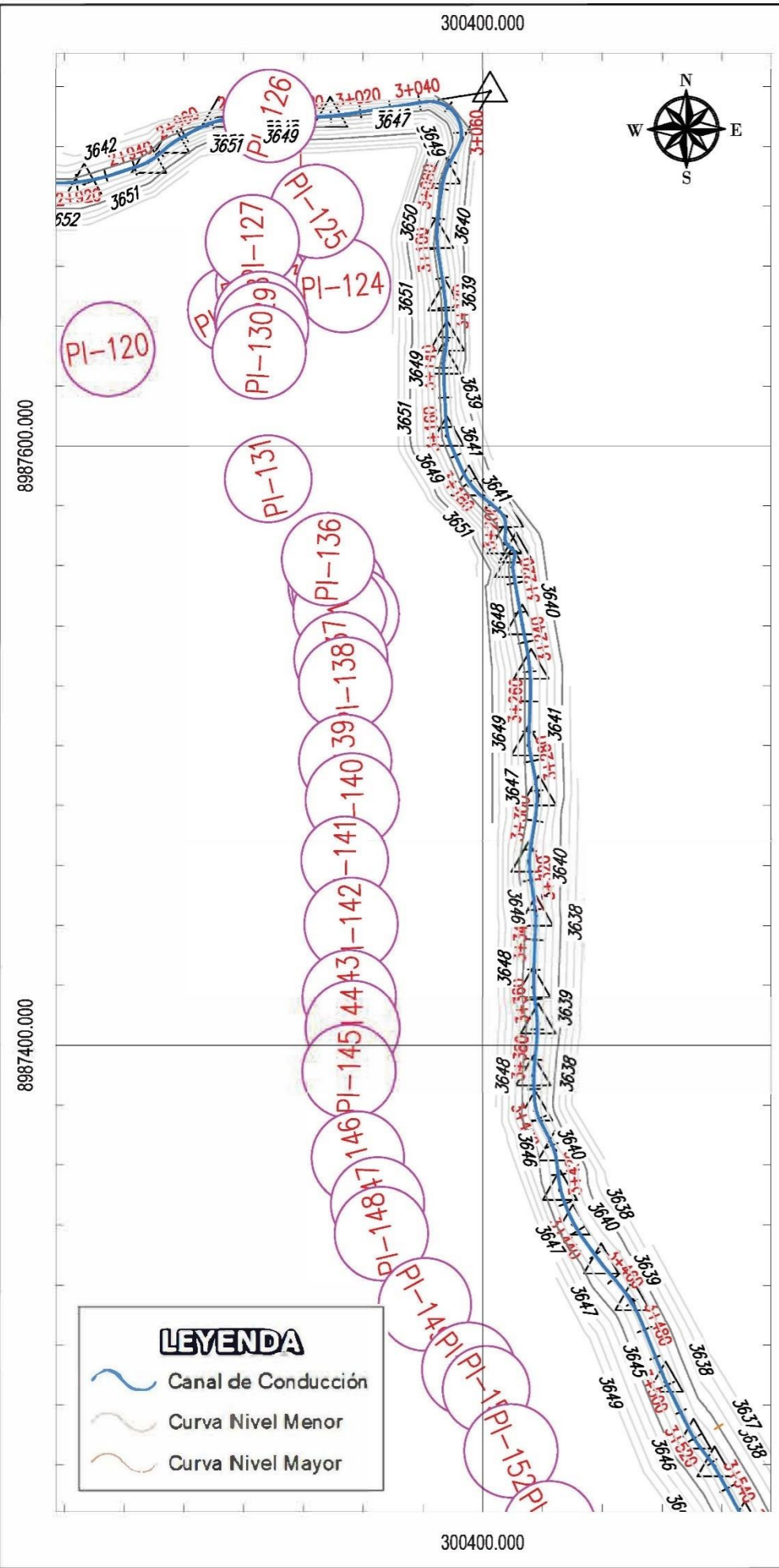
ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL CIRCULAR											
N° PI	SENT.	DELTA	TANG.	RADIO	L.C.	EXT.	P.C. ó EC	P.I.	P.T. ó CE	ESTE	NORTE
PI-81	I	27°29'29"	4.892	20	9.596	0.59	2+025.61	2+030.50	2+035.21	299552.81	8987485.42
PI-82	I	7°04'35"	4.947	80	9.881	0.153	2+061.04	2+065.99	2+070.92	299587.748	8987492.64
PI-83	D	37°28'48"	2.714	8	5.233	0.448	2+080.72	2+083.43	2+085.95	299604.273	8987498.25
PI-84	I	3°44'54"	1.963	60	3.925	0.032	2+104.11	2+106.07	2+108.03	299625.901	8987490.92
PI-85	D	6°14'35"	2.181	40	4.358	0.059	2+115.46	2+117.64	2+119.82	299637.079	8987487.94
PI-86	I	16°11'28"	2.845	20	5.652	0.201	2+129.92	2+132.77	2+135.58	299651.186	8987482.46
PI-87	D	16°08'19"	4.253	30	8.45	0.3	2+135.78	2+140.03	2+144.23	299658.459	8987481.82
PI-88	I	12°09'29"	4.26	40	8.488	0.226	2+166.67	2+170.93	2+175.16	299687.329	8987470.64
PI-89	D	7°27'24"	1.955	30	3.904	0.064	2+179.65	2+181.61	2+183.56	299697.904	8987468.97
PI-90	I	52°40'54"	4.951	10	9.195	1.159	2+185.99	2+190.94	2+195.18	299706.859	8987466.32
PI-91	I	26°05'15"	4.633	20	9.106	0.53	2+218.85	2+223.48	2+227.96	299733.684	8987485.97
PI-92	D	10°11'17"	1.783	20	3.556	0.079	2+234.87	2+236.66	2+238.43	299739.881	8987497.77
PI-93	D	7°45'56"	2.715	40	5.421	0.092	2+266.38	2+269.10	2+271.80	299759.806	8987523.39
PI-94	D	6°14'37"	2.182	40	4.359	0.059	2+282.93	2+285.12	2+287.29	299771.266	8987534.59
PI-95	I	47°58'59"	6.676	15	12.562	1.418	2+303.11	2+309.79	2+315.68	299790.683	8987549.82
PI-96	D	9°20'48"	2.452	30	4.894	0.1	2+325.62	2+328.07	2+330.52	299791.983	8987568.85
PI-97	I	16°21'23"	3.593	25	7.137	0.257	2+356.97	2+360.57	2+364.11	299788.902	8987601.21
PI-98	D	29°09'20"	5.201	20	10.177	0.665	2+368.05	2+373.26	2+378.23	299791.314	8987613.71
PI-99	D	16°33'50"	5.822	40	11.564	0.422	2+387.17	2+393.00	2+398.74	299804.166	8987628.99
PI-100	I	9°46'55"	2.567	30	5.122	0.11	2+411.66	2+414.23	2+416.78	299821.969	8987640.71
PI-101	D	48°44'36"	6.795	15	12.761	1.467	2+428.48	2+435.27	2+441.24	299837.33	8987655.11
PI-102	I	8°15'20"	4.33	60	8.645	0.156	2+483.51	2+487.84	2+492.16	299890.476	8987649.9
PI-103	I	21°04'32"	13.022	70	25.749	1.201	2+499.35	2+512.37	2+525.10	299914.993	8987651.04
PI-104	I	59°39'54"	5.735	10	10.414	1.528	2+539.94	2+545.67	2+550.35	299945.751	8987664.56
PI-105	D	41°10'55"	7.514	20	14.375	1.365	2+558.47	2+565.99	2+572.85	299948.207	8987685.79
PI-106	D	47°26'02"	8.786	20	16.558	1.845	2+574.69	2+583.47	2+591.24	299961.641	8987697.98
PI-107	I	12°57'23"	4.542	40	9.045	0.257	2+598.56	2+603.11	2+607.61	299982.204	8987696.1
PI-108	D	7°12'41"	3.151	50	6.293	0.099	2+628.52	2+631.67	2+634.82	300010.551	8987699.95
PI-109	I	9°51'39"	3.451	40	6.884	0.149	2+644.09	2+647.54	2+650.97	300026.424	8987700.91
PI-110	I	27°53'52"	8.693	35	17.042	1.063	2+656.79	2+665.49	2+673.84	300044.094	8987703.34
PI-111	I	38°14'49"	6.935	20	13.351	1.168	2+673.97	2+680.91	2+687.32	300056.468	8987713.11
PI-112	D	15°07'46"	1.992	15	3.961	0.132	2+690.68	2+692.68	2+694.64	300059.33	8987725.05
PI-113	I	56°30'50"	5.375	10	9.864	1.353	2+698.11	2+703.48	2+707.97	300059.016	8987735.88
PI-114	D	60°28'11"	5.828	10	10.554	1.574	2+710.28	2+716.11	2+720.83	300070.063	8987743.66
PI-115	I	20°29'17"	7.229	40	14.303	0.648	2+732.26	2+739.49	2+746.57	300092.195	8987733.19
PI-116	D	17°36'05"	3.096	20	6.144	0.238	2+754.87	2+757.97	2+761.02	300110.762	8987731.62
PI-117	D	10°27'24"	2.745	30	5.475	0.125	2+814.24	2+816.98	2+819.71	300165.352	8987709.08
PI-118	I	23°06'16"	6.132	30	12.097	0.62	2+833.41	2+839.54	2+845.51	300184.31	8987696.82
PI-119	I	8°17'04"	4.345	60	8.675	0.157	2+884.45	2+888.80	2+893.13	300233.012	8987688.42
PI-120	I	19°14'55"	10.174	60	20.157	0.857	2+912.30	2+922.48	2+932.46	300266.696	8987687.54
PI-121	I	23°05'31"	4.086	20	8.061	0.413	2+940.93	2+945.01	2+948.99	300288.343	8987694.46
PI-122	D	11°48'15"	3.101	30	6.181	0.16	2+952.06	2+955.16	2+958.24	300296.104	8987701.17
PI-123	D	29°06'14"	10.383	40	20.318	1.326	2+962.61	2+972.99	2+982.92	300311.711	8987709.83
PI-124	I	9°02'56"	6.33	80	12.635	0.25	3+003.46	3+009.79	3+016.09	300348.96	8987709.79
PI-125	D	128°53'31"	22.044	10.54	23.71	13.894	3+041.86	3+063.91	3+065.57	300402.44	8987718.24
PI-126	I	23°30'26"	6.242	30	12.308	0.642	3+068.74	3+074.98	3+081.05	300386.757	8987690.98
PI-127	I	15°09'16"	5.321	40	10.58	0.352	3+091.20	3+096.52	3+101.78	300384.334	8987669.4
PI-128	D	6°27'32"	5.642	100	11.273	0.159	3+111.90	3+117.55	3+123.18	300387.541	8987648.56
PI-129	D	12°13'08"	4.281	40	8.53	0.228	3+126.71	3+130.99	3+135.24	300388.079	8987635.11
PI-130	I	12°44'51"	2.234	20	4.45	0.124	3+136.43	3+138.67	3+140.88	300386.75	8987627.52
PI-131	I	21°22'12"	3.774	20	7.46	0.353	3+159.07	3+162.84	3+166.53	300387.94	8987603.35
PI-132	I	25°25'37"	6.288	27.872	12.369	0.701	3+174.49	3+180.78	3+186.86	300395.325	8987586.91
PI-133	D	52°14'03"	3.182	6.491	5.917	0.738	3+193.75	3+199.66	3+204.07	300407.785	8987576.31
PI-134	I	54°33'47"	1.743	3.38	3.219	0.423	3+203.62	3+205.37	3+206.84	300407.379	8987567.44
PI-135	D	66°47'17"	1.333	2.022	2.357	0.4	3+208.56	3+209.89	3+210.92	300411.154	8987564.48
PI-136	I	24°48'32"	0.9	4.092	1.772	0.098	3+213.81	3+214.71	3+215.58	300409.842	8987559.53
PI-137	I	1°28'05"	1.281	100	2.562	0.008	3+232.83	3+234.11	3+235.39	300413.204	8987540.4
PI-138	D	13°27'01"	9.433	80	18.78	0.554	3+239.68	3+249.12	3+258.46	300416.18	8987525.68
PI-139	I	13°45'20"	3.96	32.828	7.881	0.238	3+270.70	3+274.66	3+278.58	300415.278	8987500.07


UCV
 UNIVERSIDAD
 CÉSAR VALLEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
 "DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA
 HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE
 RIEGO SECTORES TUYA -
 MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS,
 ANCASH"

PLANO:
TOPOGRAFÍA - SECTORES TUYA - MATARAGRA

PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov: Huari	CÓDIGO: TOPO	LAMINA:
ZONA: 18 SUR	Reg. Ancash	ESCALA: 1:2 000	TOPO-03
TESISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCACUZCO	FECHA: Abril de 2022	REVISADO:	



ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL CIRCULAR											
N° PI	SENT.	DELTA	TANG.	RADIO	L.C.	EXT.	P.C. ó EC	P.I.	P.T. ó CE	ESTE	NORTE
PI-140	D	20°34'25"	7.26	40	14.363	0.653	3+284.42	3+291.68	3+298.78	300418.748	8987483.37
PI-141	I	16°38'17"	3.656	25	7.26	0.266	3+310.22	3+313.88	3+317.48	300415.315	8987461.28
PI-142	D	10°13'15"	3.577	40	7.136	0.16	3+328.49	3+332.07	3+335.63	300417.792	8987443.2
PI-143	I	10°44'23"	5.64	60	11.247	0.264	3+350.33	3+355.97	3+361.58	300416.784	8987419.31
PI-144	D	13°47'14"	6.045	50	12.032	0.364	3+361.99	3+368.04	3+374.02	300418.535	8987407.34
PI-145	I	8°25'45"	2.948	40	5.885	0.108	3+382.50	3+385.44	3+388.38	300416.872	8987389.95
PI-146	I	23°45'34"	4.207	20	8.294	0.438	3+392.93	3+397.14	3+401.22	300417.477	8987378.26
PI-147	D	19°56'07"	3.515	20	6.959	0.307	3+408.47	3+411.99	3+415.43	300424.21	8987364.89
PI-148	I	13°50'40"	4.856	40	9.665	0.294	3+420.36	3+425.22	3+430.03	300425.783	8987351.68
PI-149	I	15°28'43"	6.795	50	13.508	0.46	3+430.61	3+437.41	3+444.12	300430.095	8987340.23
PI-150	I	4°43'10"	2.473	60	4.942	0.051	3+450.98	3+453.46	3+455.93	300439.602	8987327.2
PI-151	D	18°49'58"	8.292	50	16.435	0.683	3+461.23	3+469.52	3+477.66	300450.104	8987315.04
PI-152	I	4°12'50"	2.943	80	5.884	0.054	3+495.84	3+498.78	3+501.72	300461.122	8987287.77
PI-153	I	10°49'54"	3.792	40	7.562	0.179	3+516.20	3+519.99	3+523.76	300470.494	8987268.74
PI-154	D	8°08'49"	2.849	40	5.688	0.101	3+528.71	3+531.56	3+534.40	300477.475	8987259.49
PI-155	I	10°46'35"	2.971	31.497	5.924	0.14	3+549.48	3+552.45	3+555.41	300487.576	8987241.19
PI-156	D	57°58'48"	4.983	8.993	9.1	1.288	3+578.95	3+583.93	3+588.05	300507.681	8987216.95
PI-157	I	17°46'22"	1.876	12	3.722	0.146	3+612.35	3+614.23	3+616.07	300497.894	8987187.36
PI-158	I	8°49'44"	3.088	40	6.164	0.119	3+617.28	3+620.36	3+623.44	300497.836	8987181.19
PI-159	I	17°05'17"	1.616	10.757	3.208	0.121	3+641.37	3+642.99	3+644.58	300501.102	8987158.79
PI-160	D	16°22'29"	5.514	38.323	10.952	0.395	3+667.50	3+673.02	3+678.46	300513.985	8987131.64
PI-161	D	23°04'20"	2.985	14.623	5.888	0.301	3+697.85	3+700.83	3+703.73	300518.352	8987104.1
PI-162	D	78°41'27"	0.984	1.2	1.648	0.352	0+000.64	0+001.62	0+002.29	299071.638	8985738.93



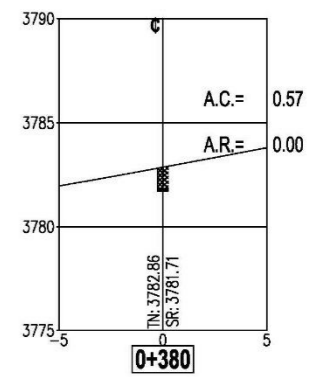
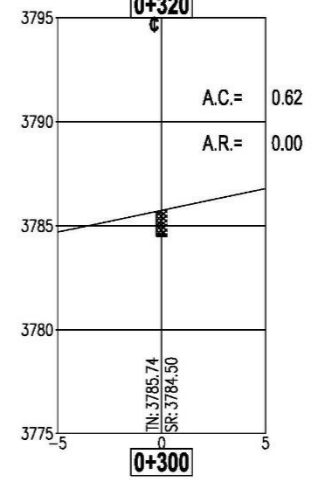
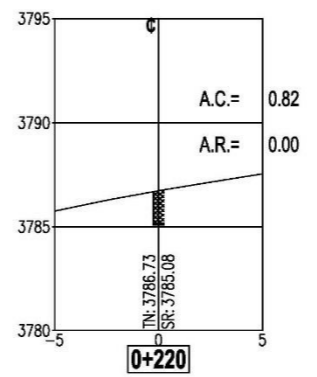
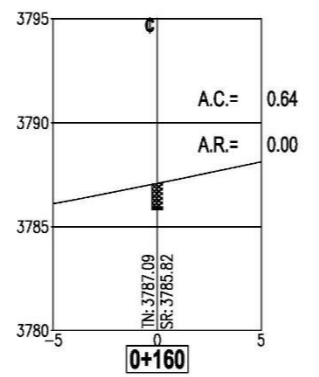
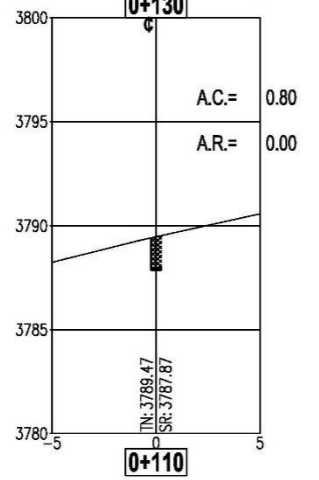
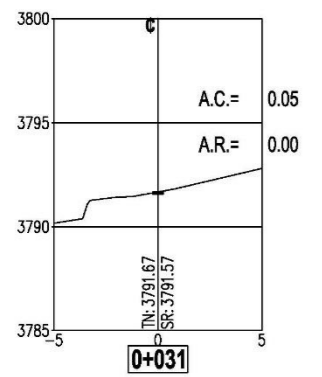
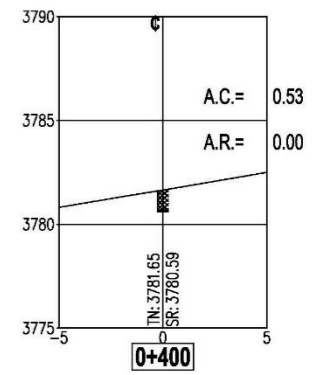
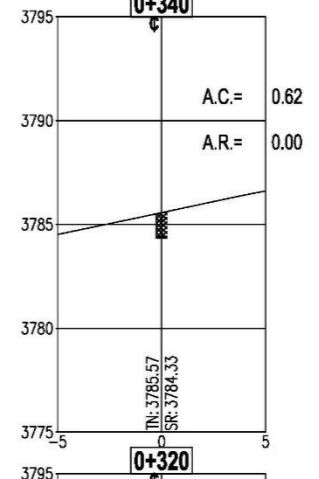
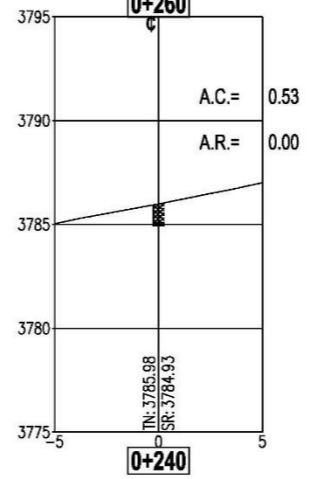
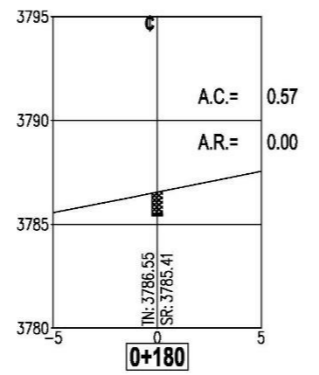
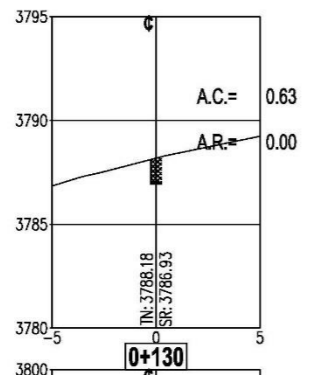
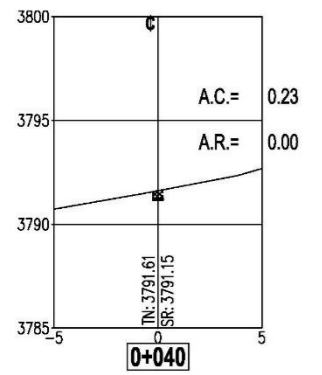
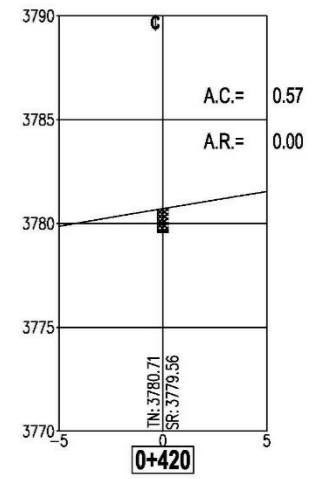
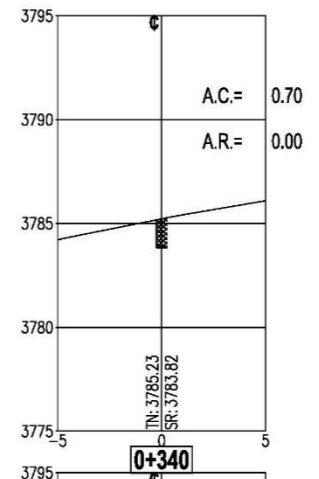
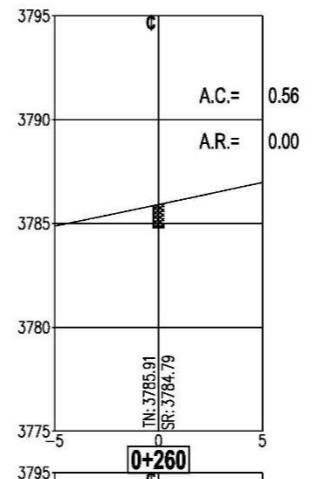
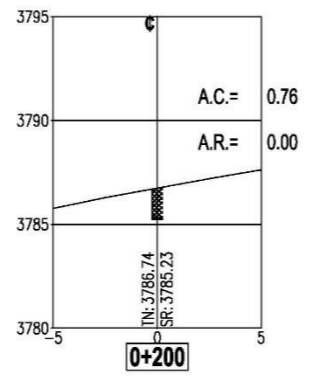
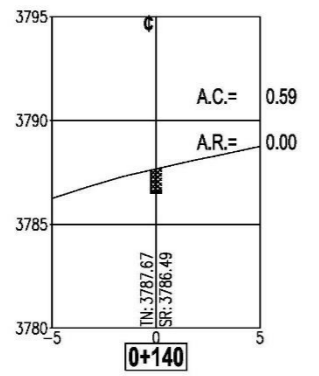
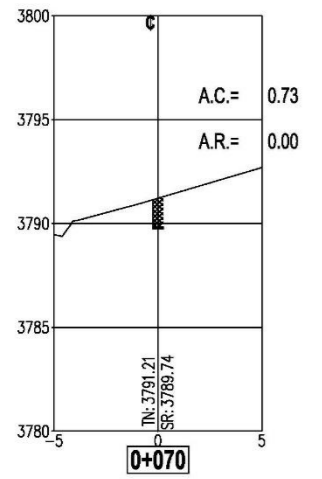
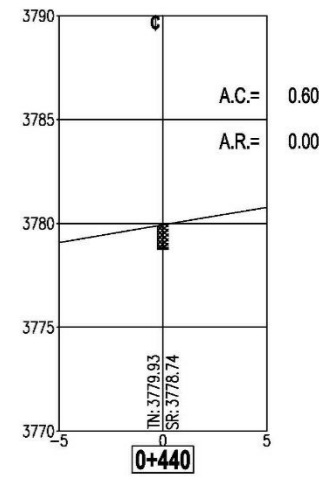
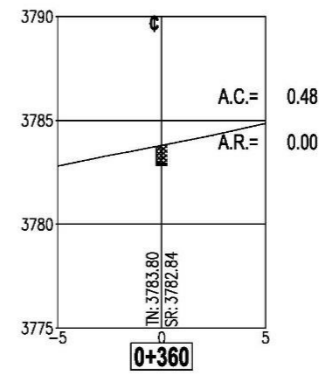
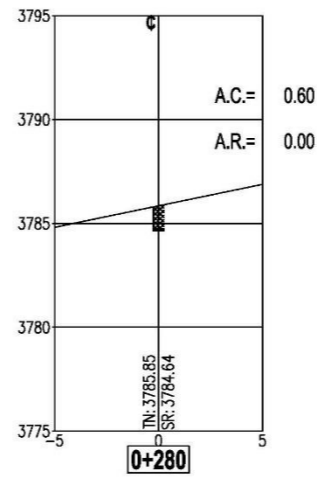
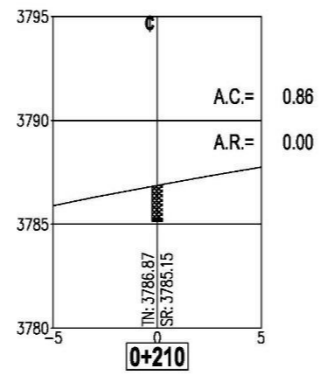
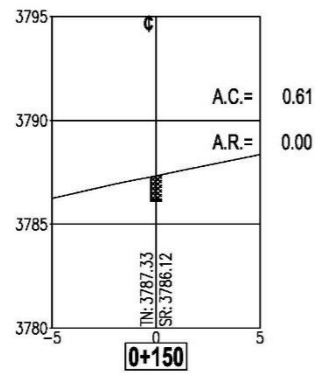
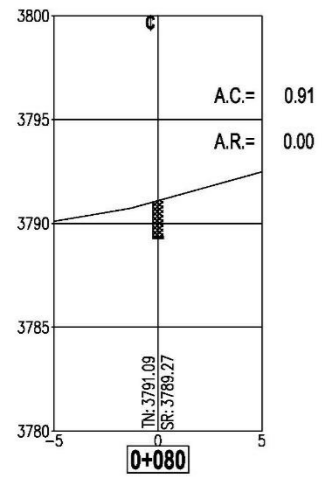
UCV
UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

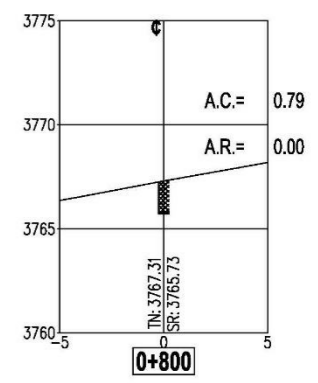
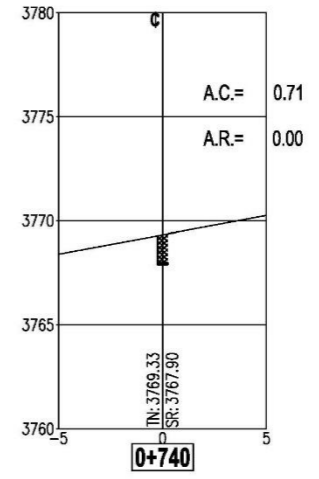
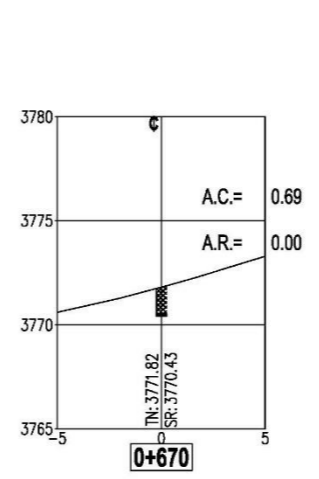
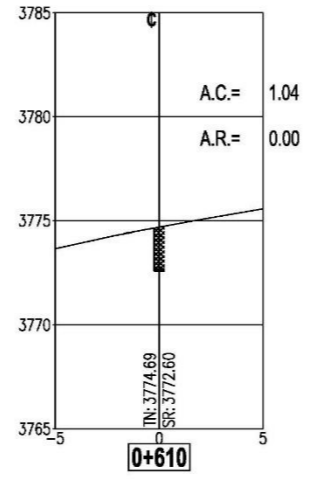
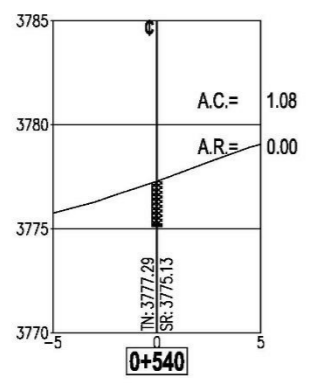
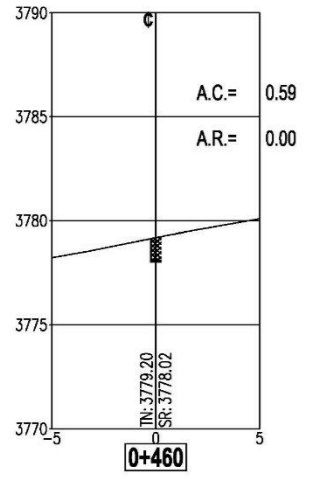
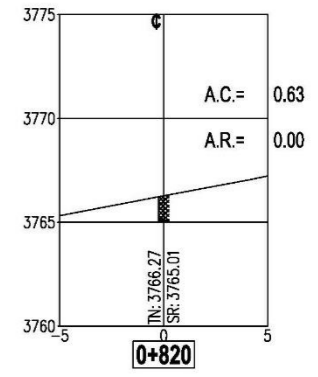
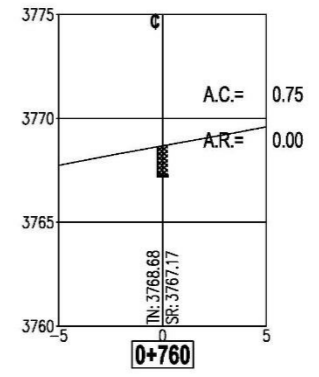
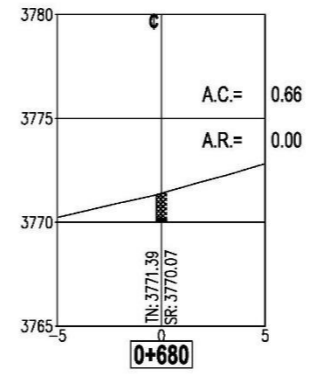
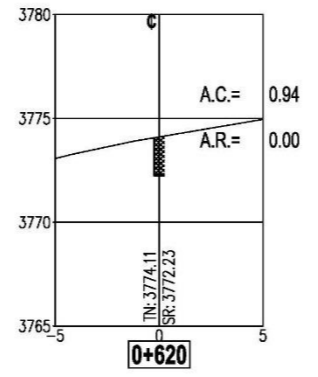
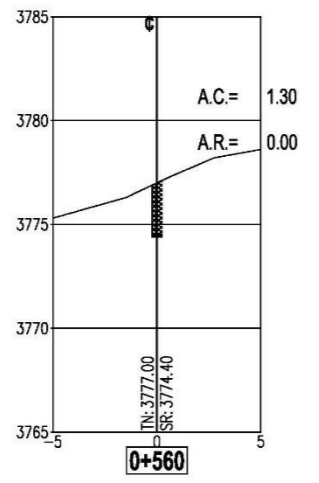
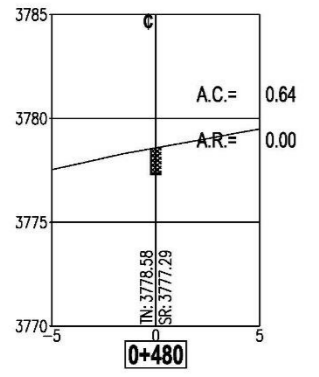
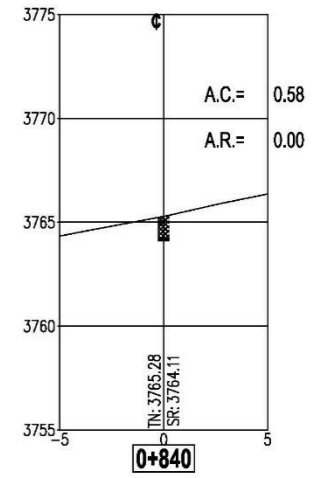
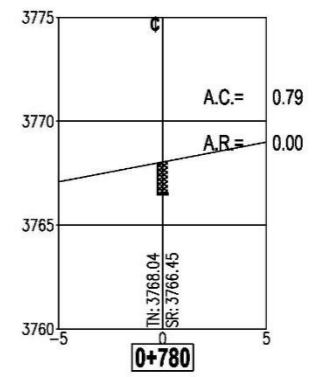
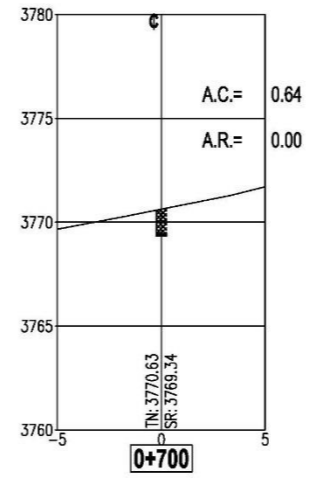
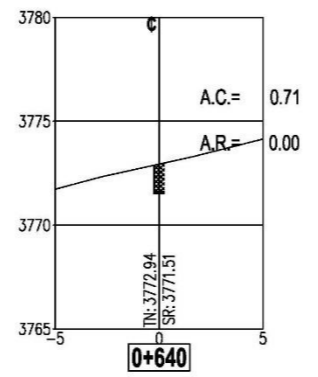
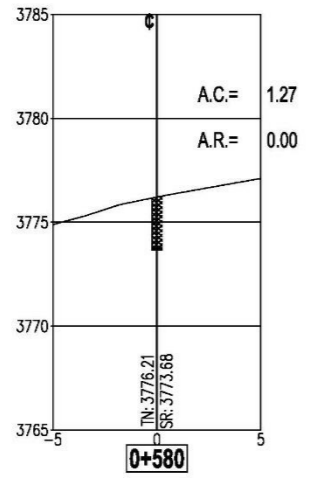
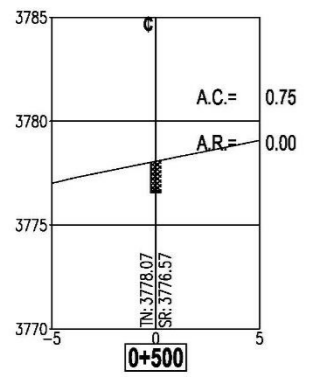
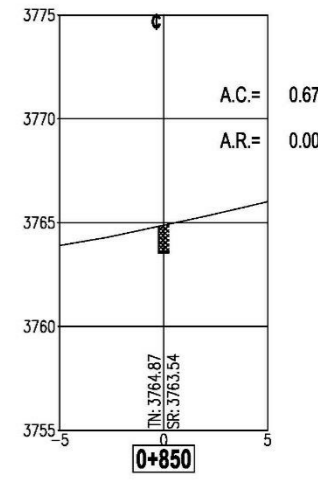
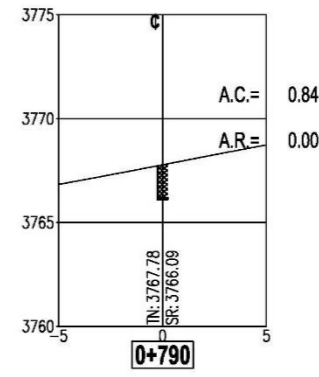
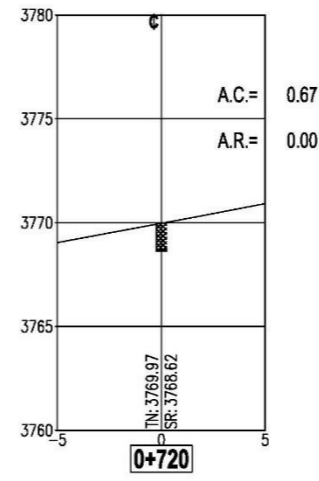
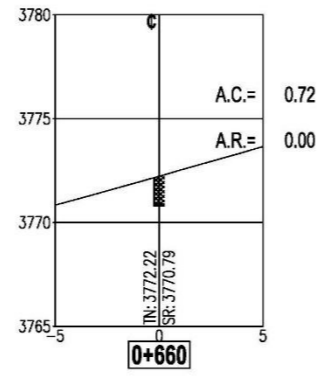
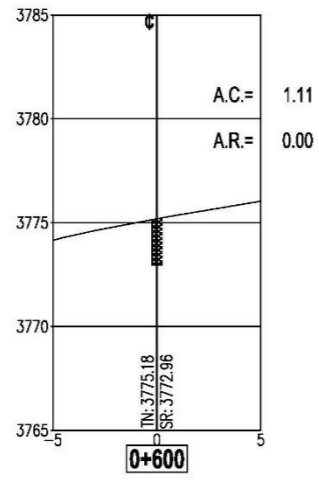
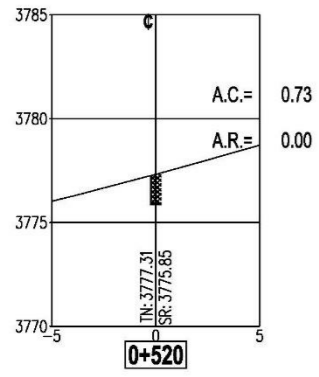
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

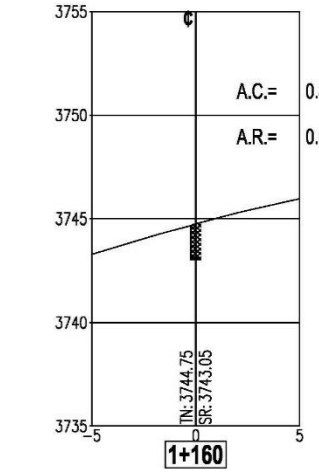
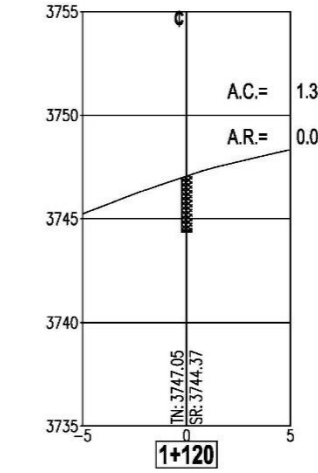
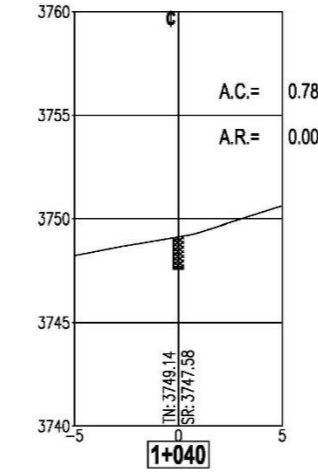
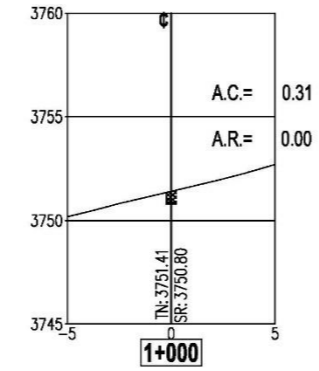
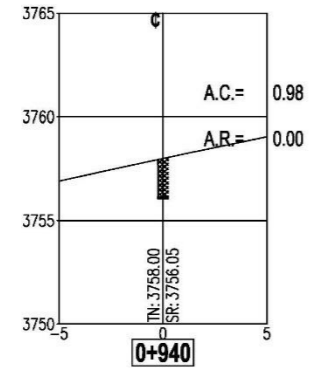
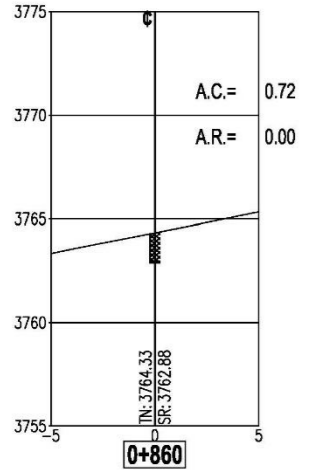
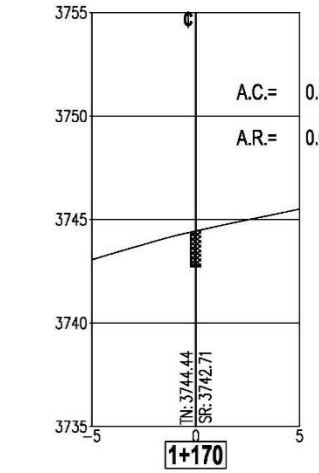
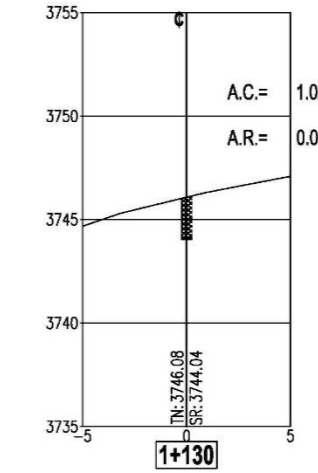
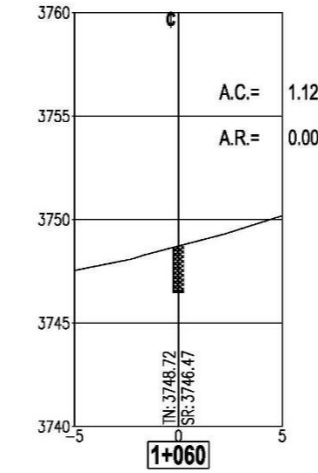
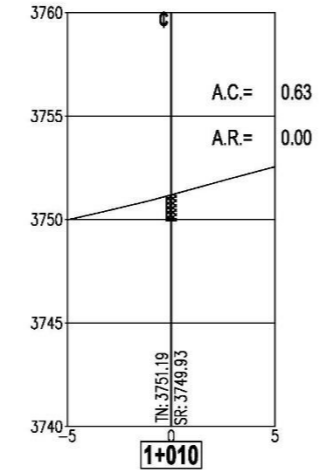
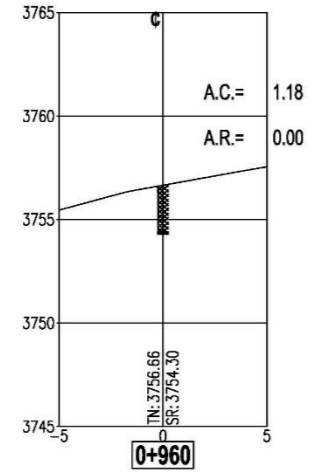
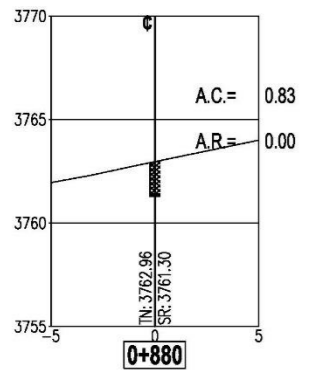
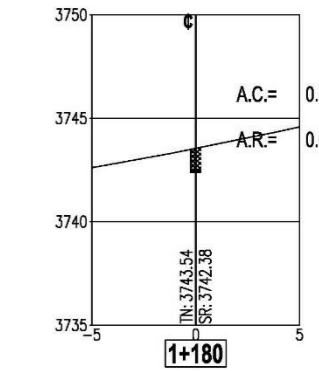
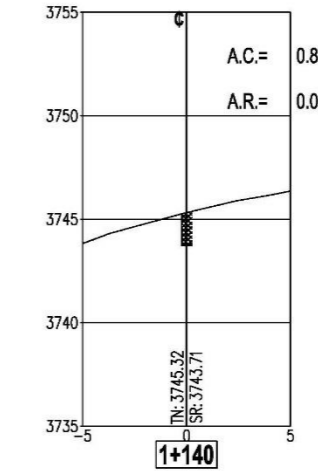
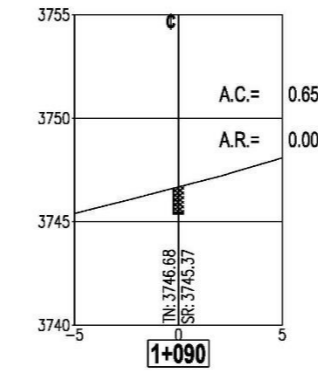
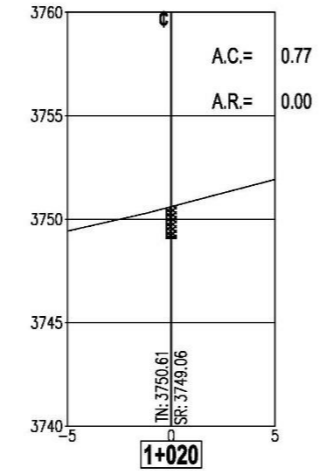
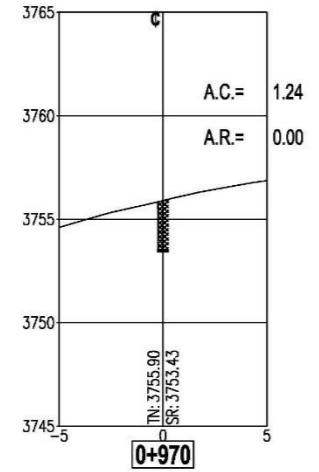
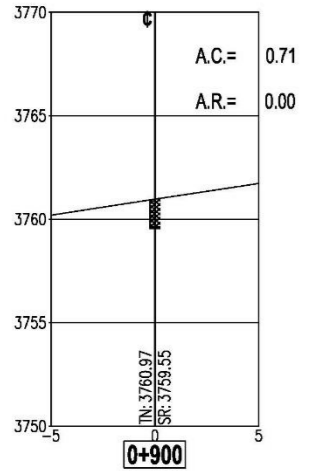
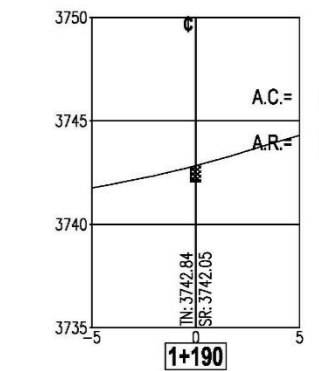
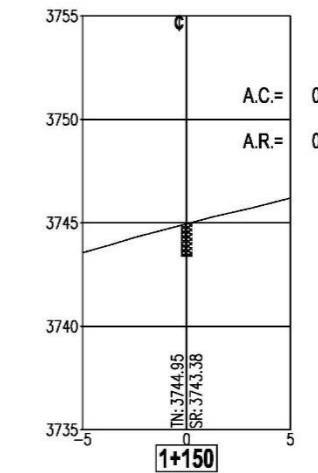
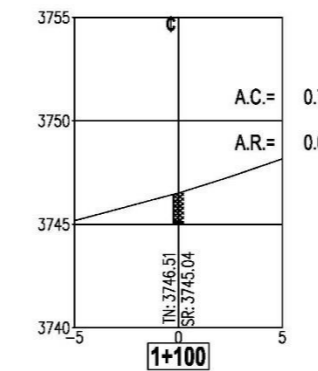
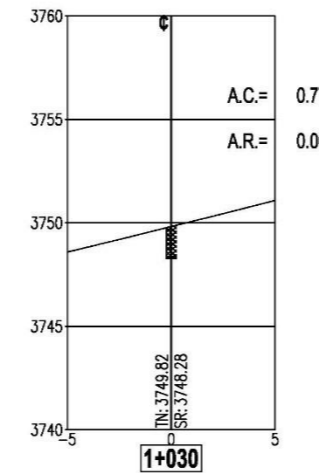
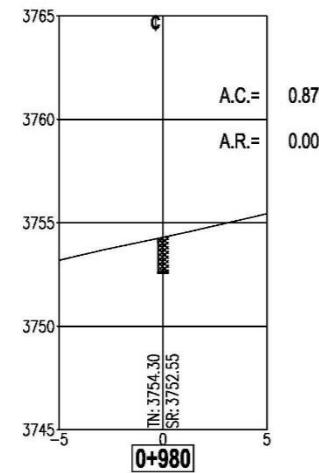
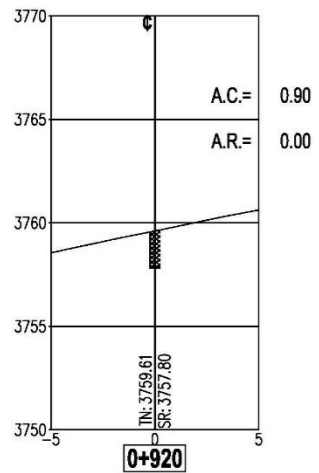
TESIS:
"DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA
HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE
RIEGO SECTORES TUYA -
MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS,
ANCASH"

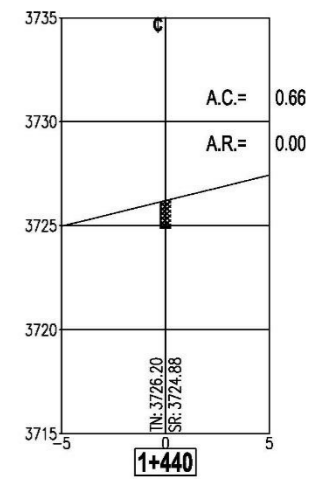
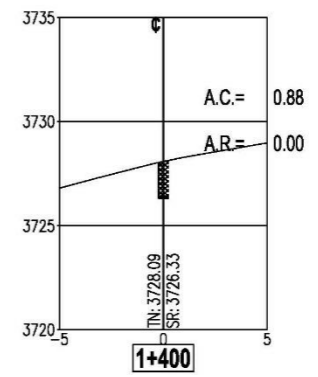
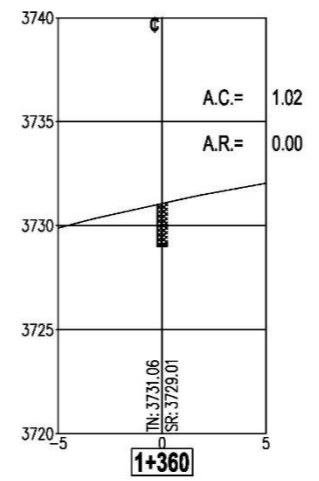
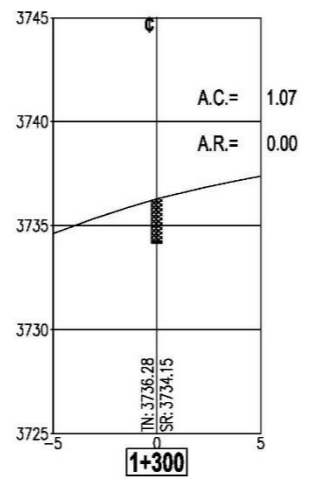
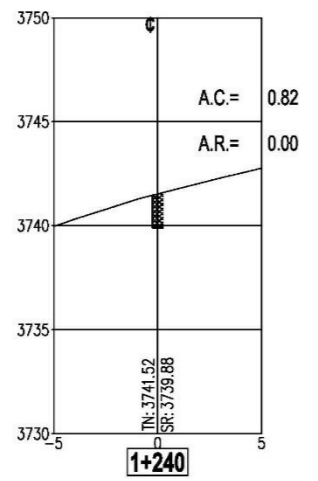
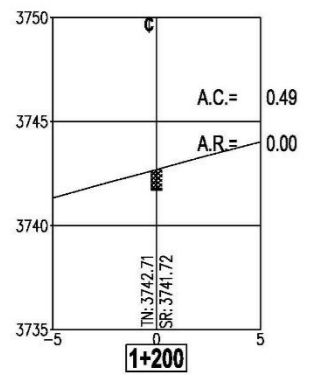
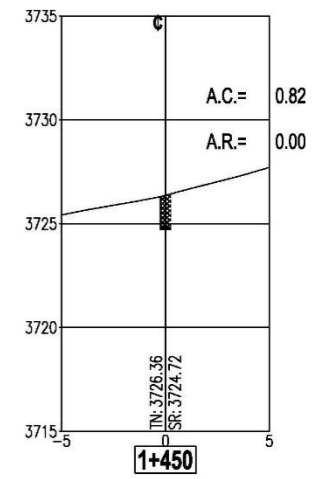
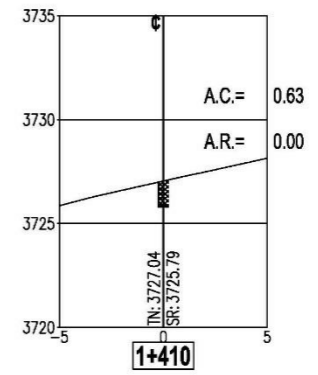
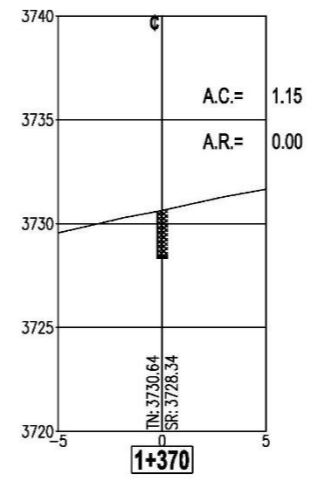
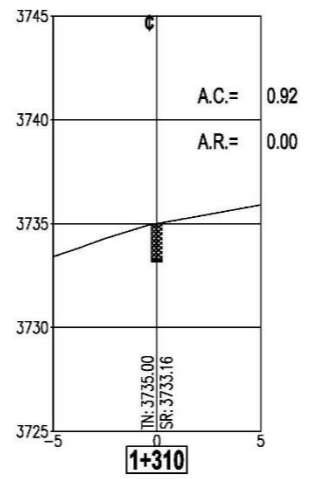
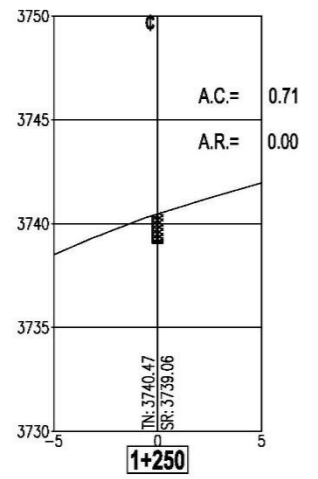
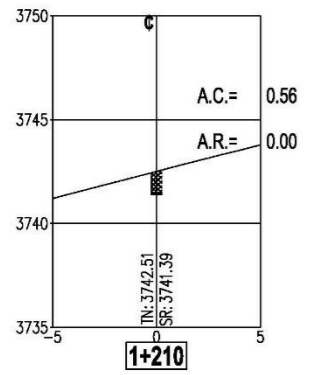
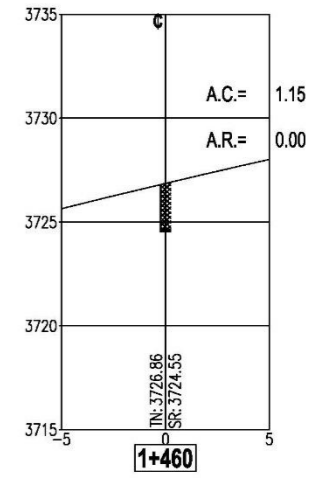
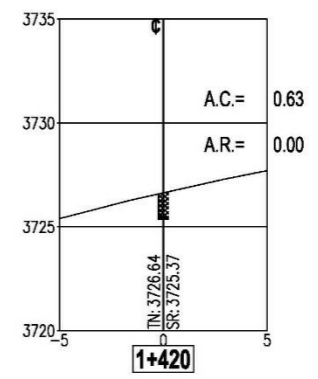
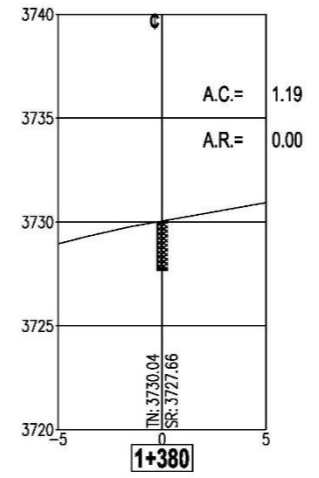
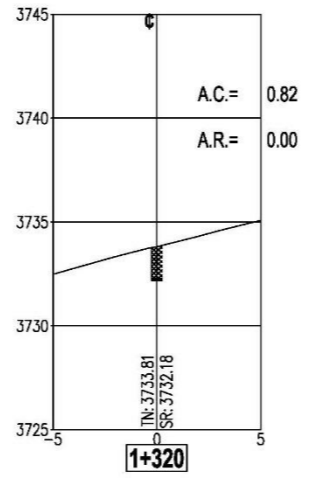
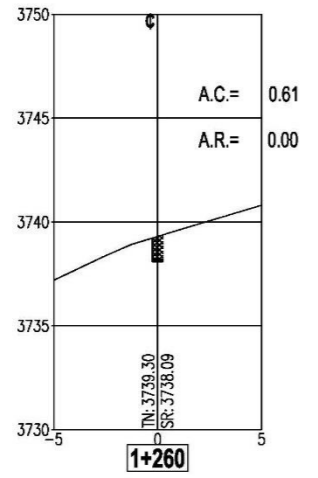
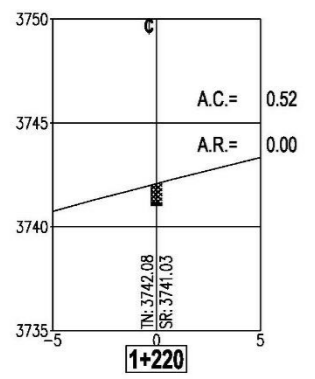
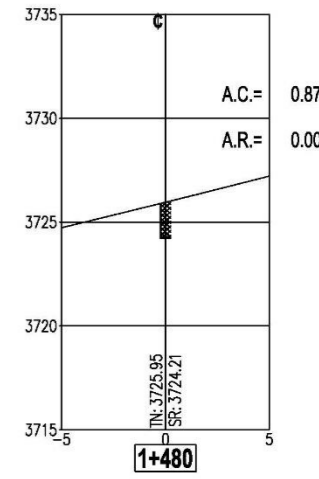
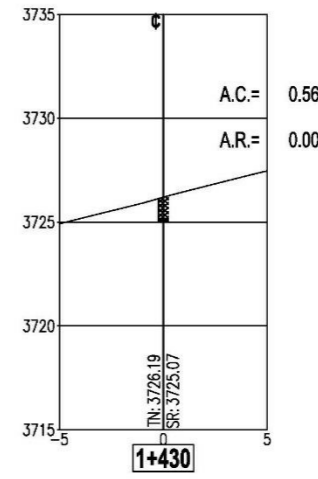
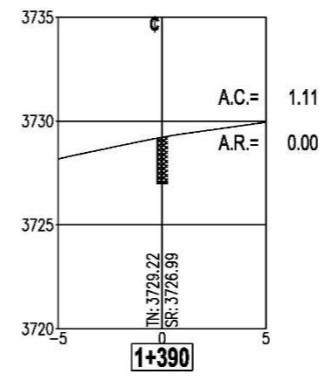
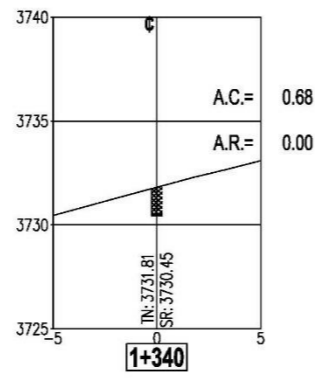
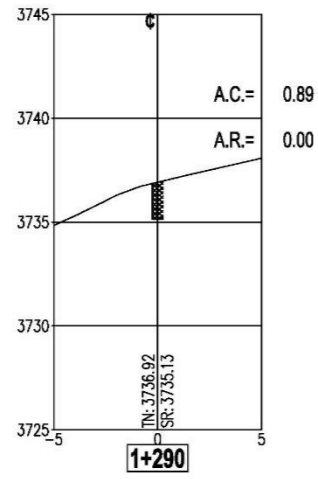
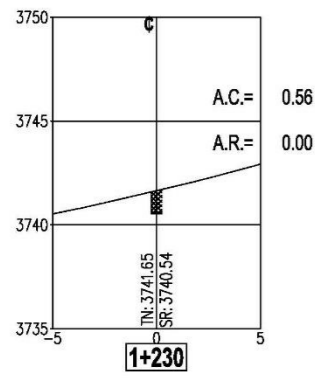
PLANO: **TOPOGRAFÍA - SECTORES TUYA - MATARAGRA**

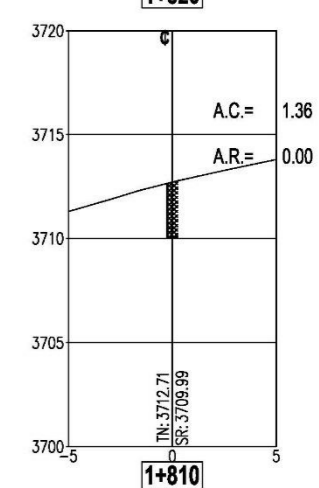
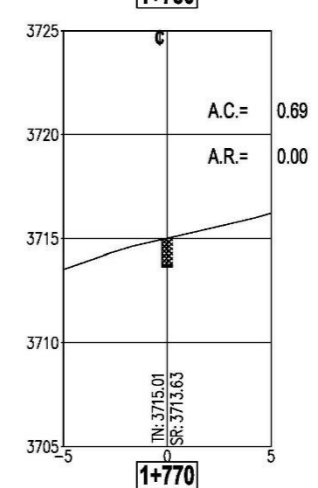
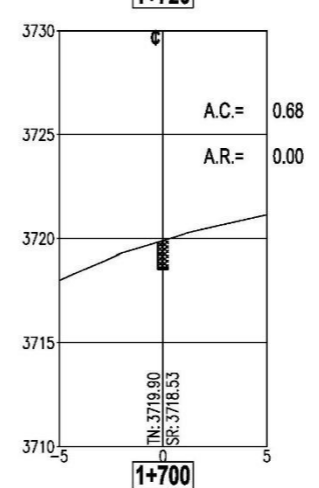
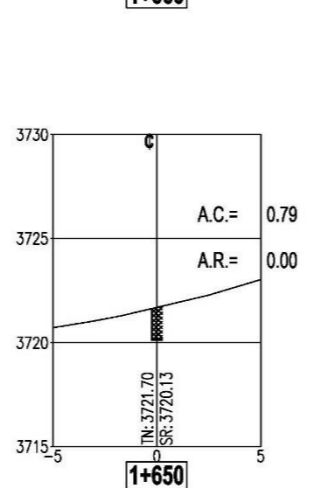
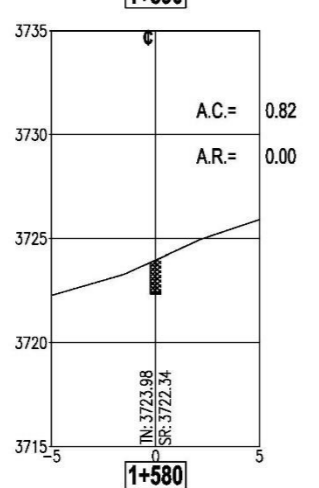
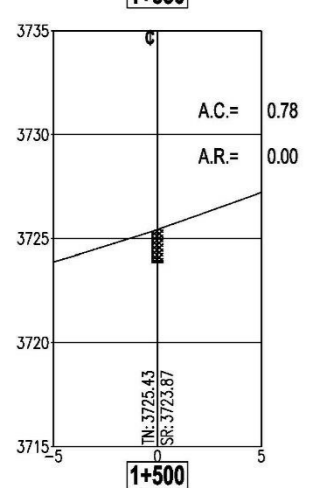
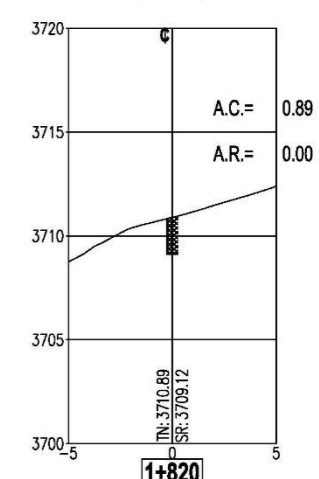
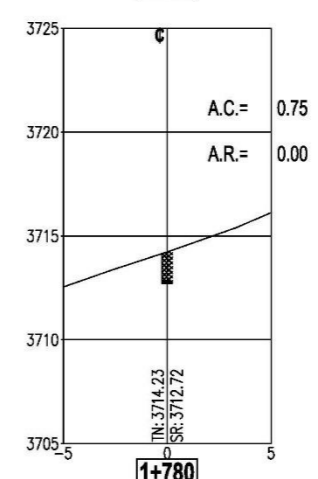
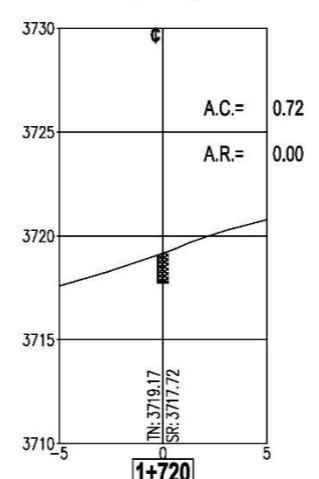
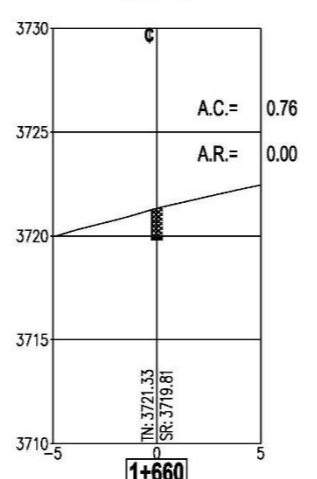
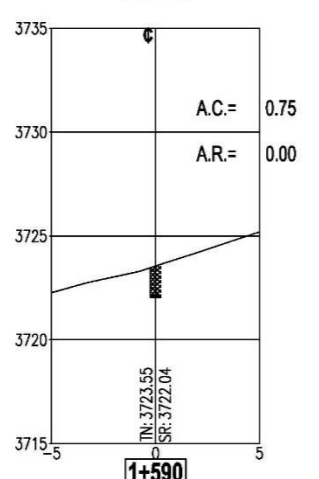
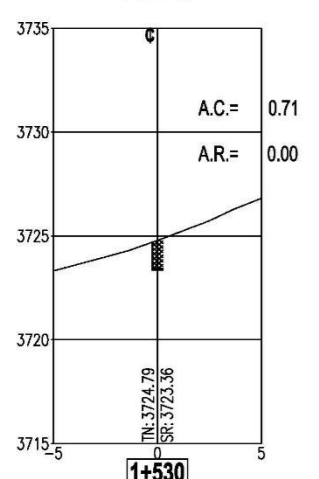
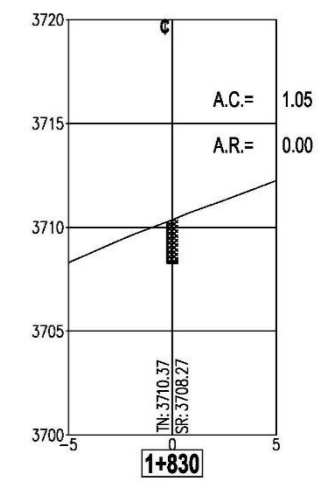
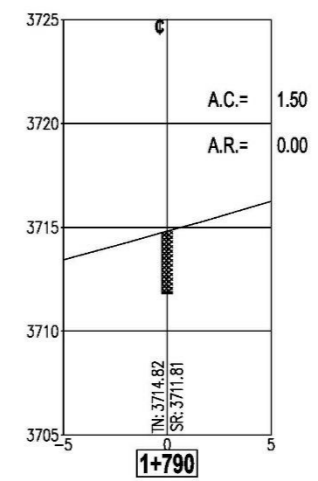
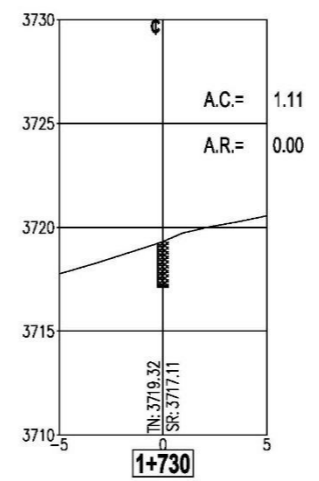
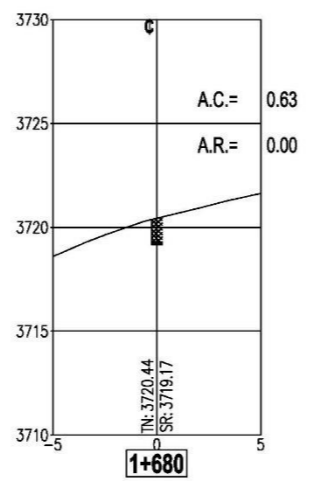
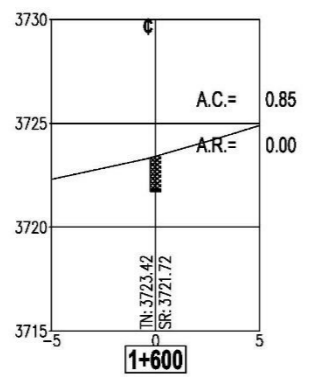
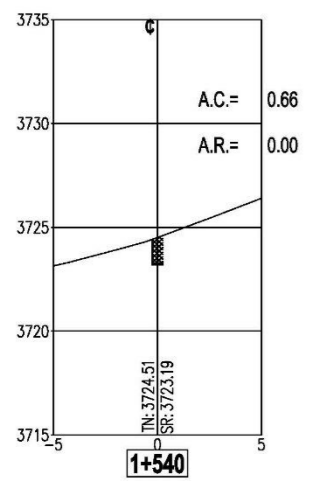
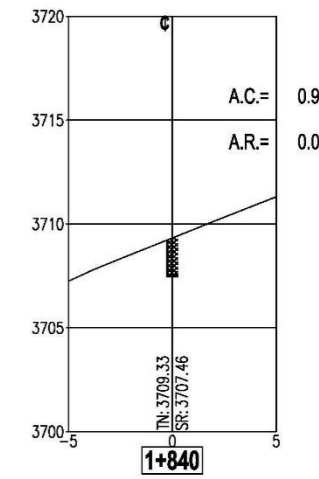
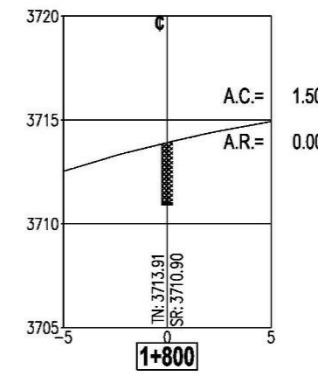
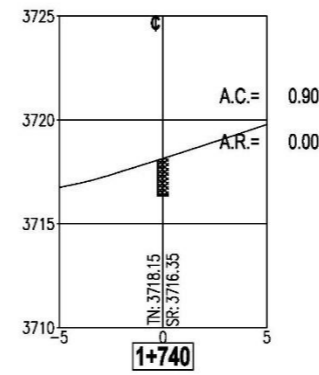
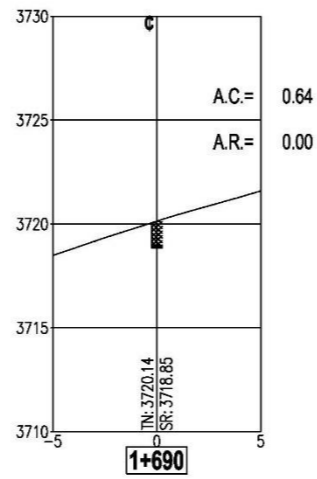
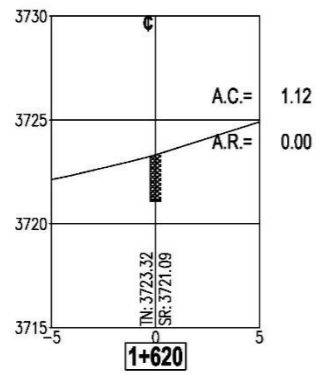
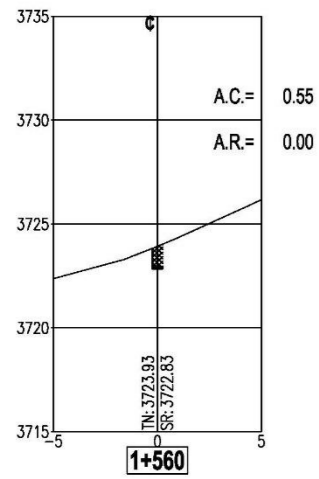
PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov: Huari	CÓDIGO: TOPO	LAMINA: TOPO-04
ZONA: 18 SUR	Reg. Ancash	ESCALA: 1:2 000	
TESISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCAUCZCO	FECHA: Abril de 2022	REVISADO:	

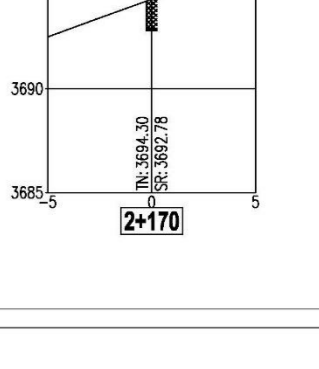
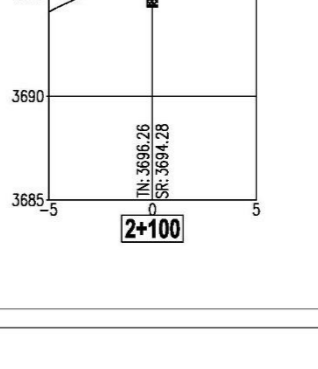
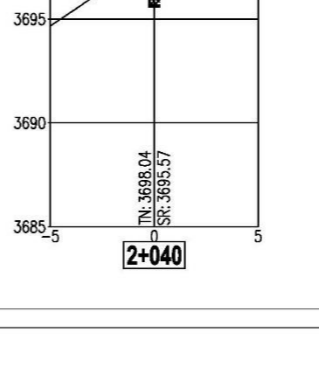
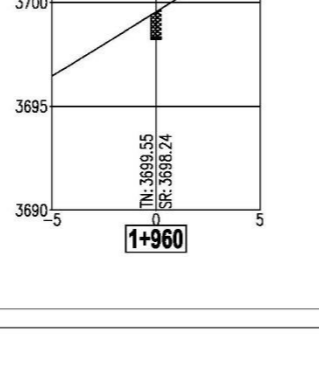
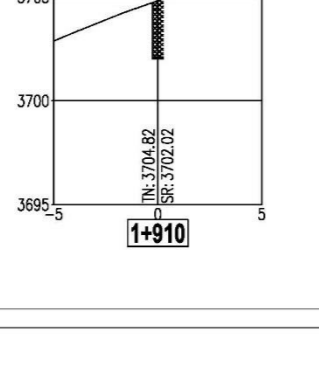
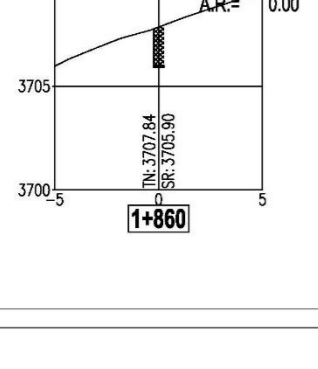
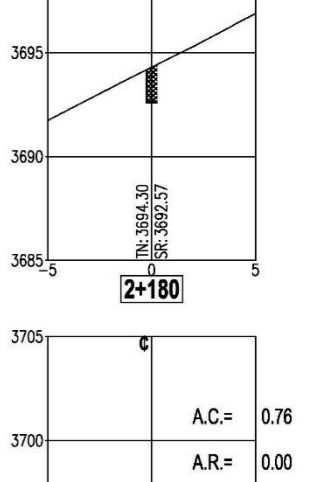
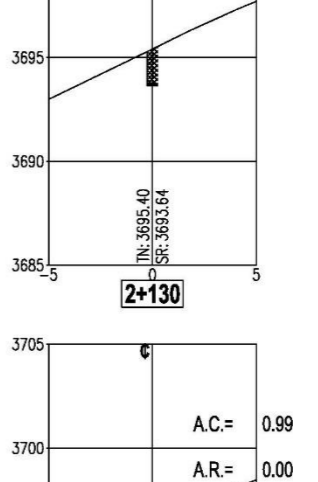
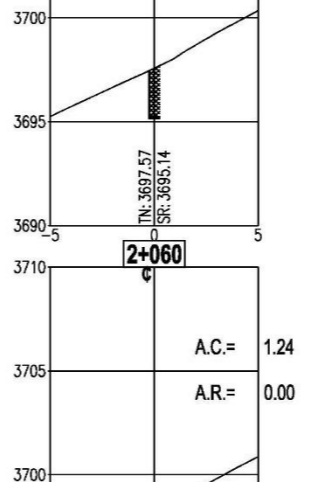
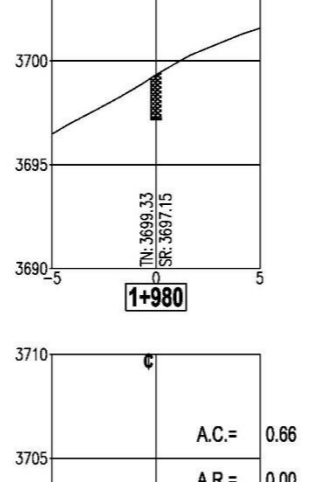
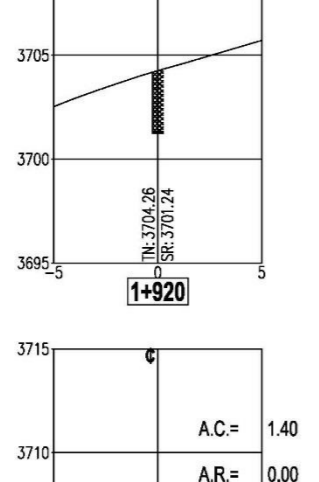
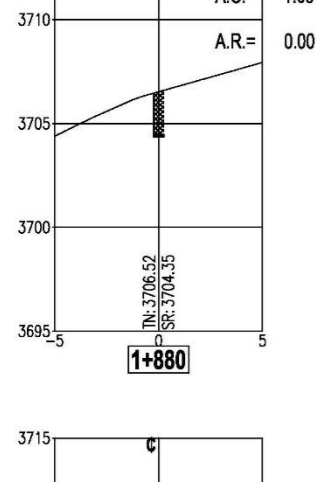
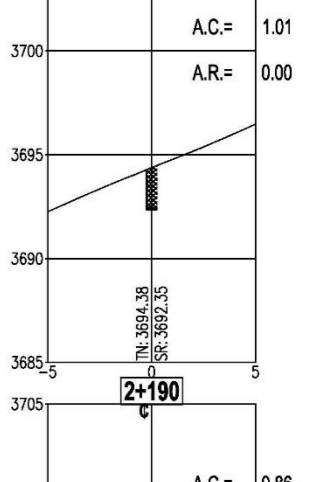
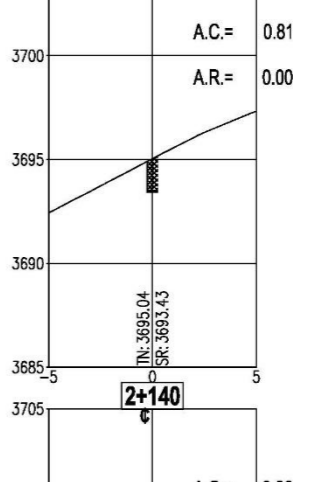
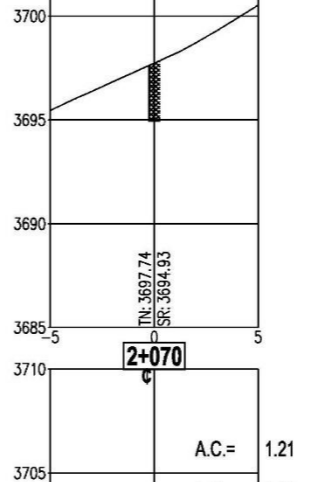
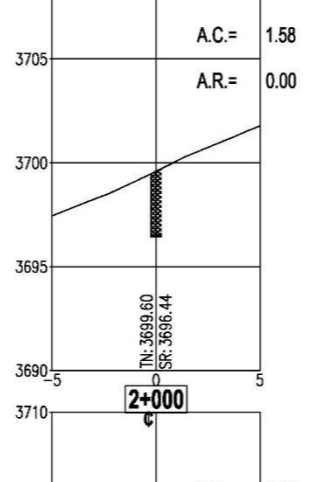
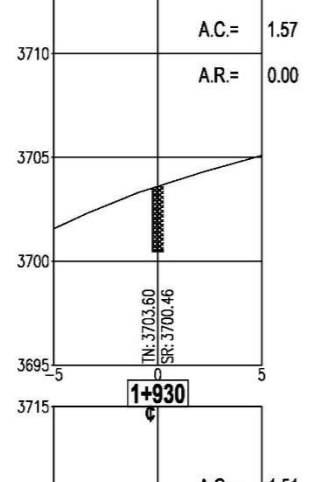
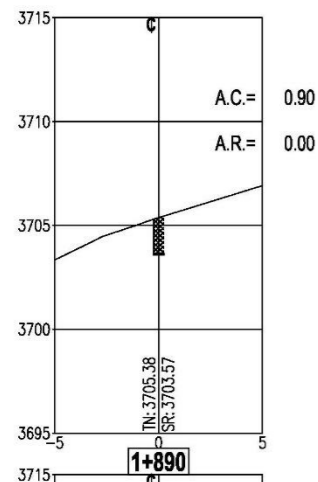
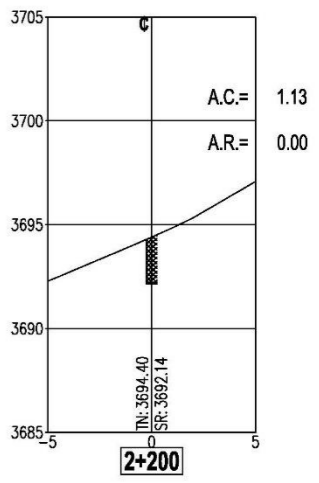
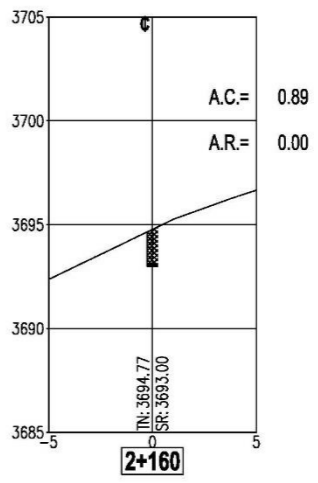
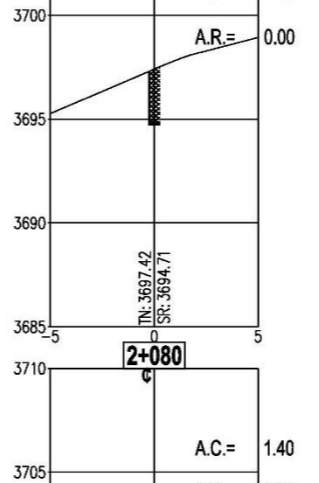
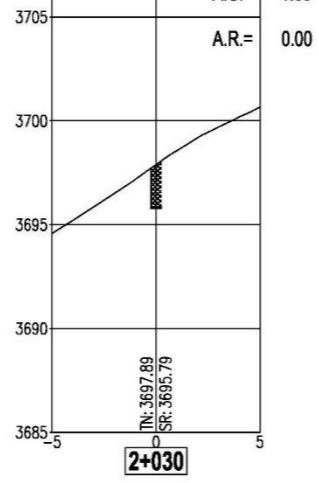
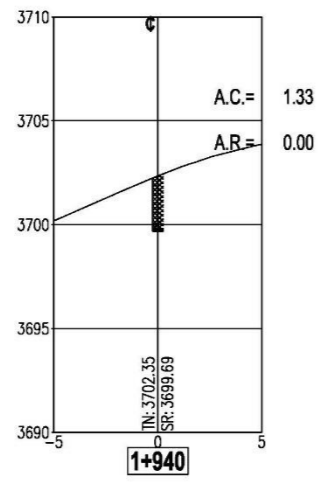
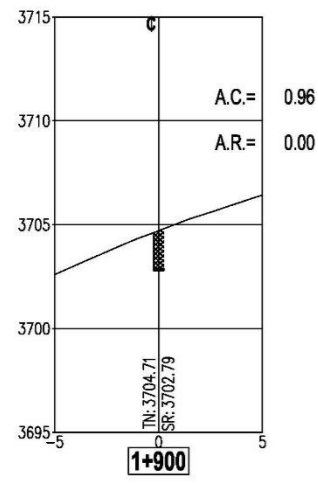


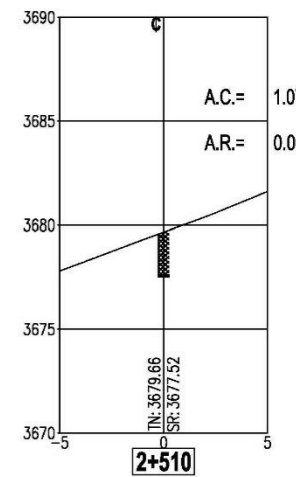
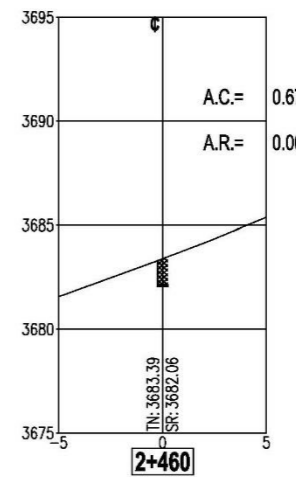
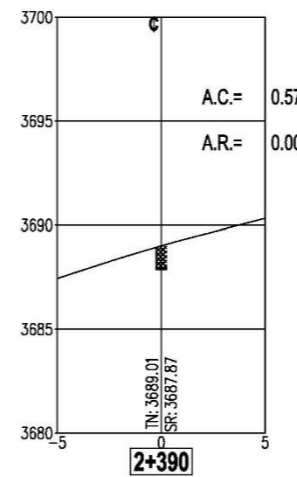
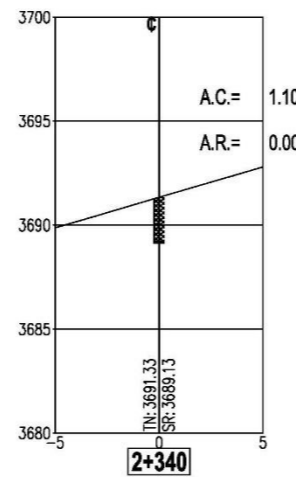
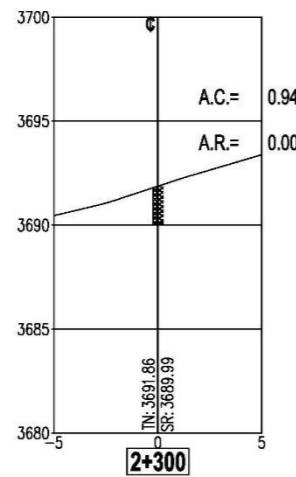
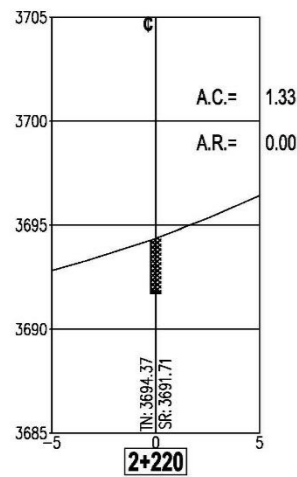
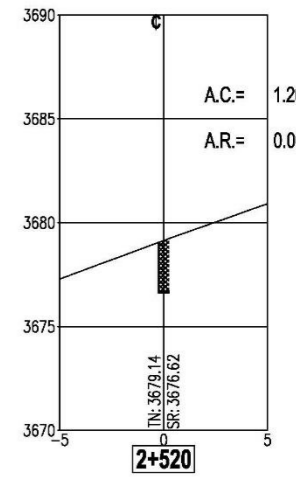
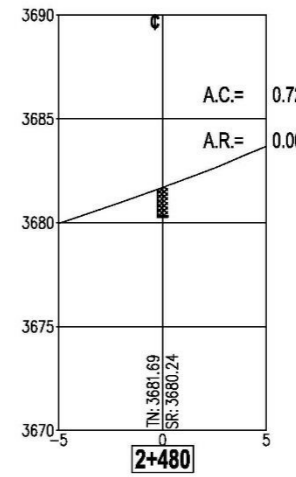
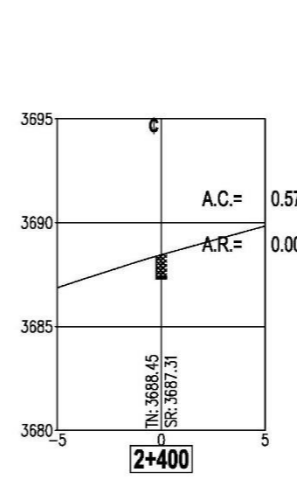
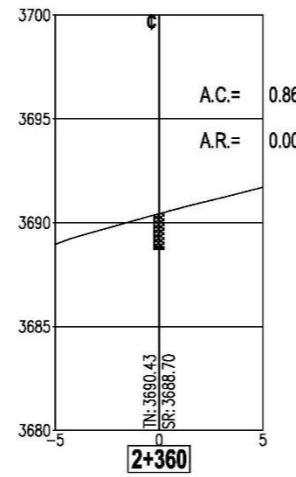
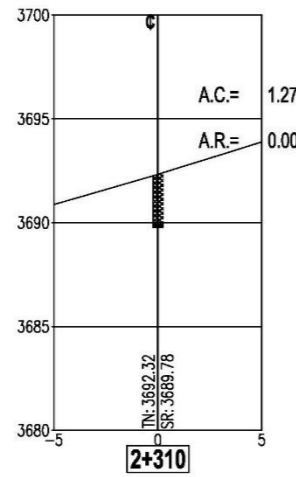
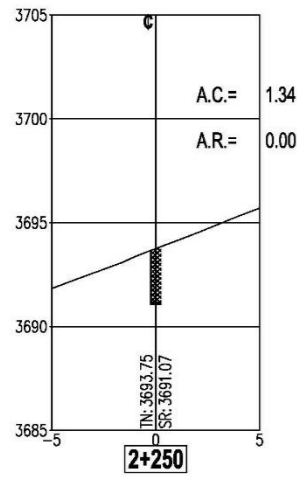
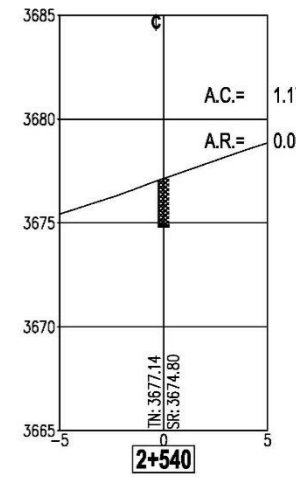
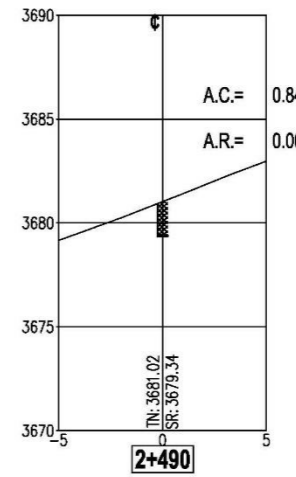
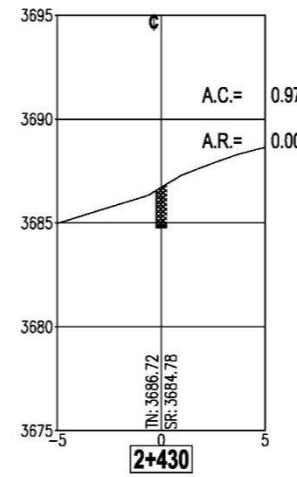
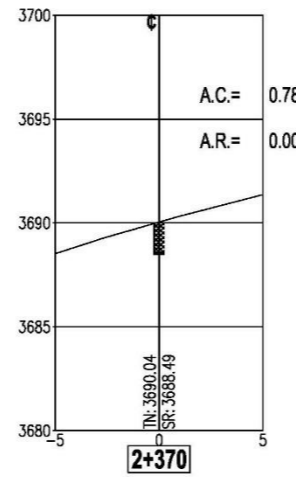
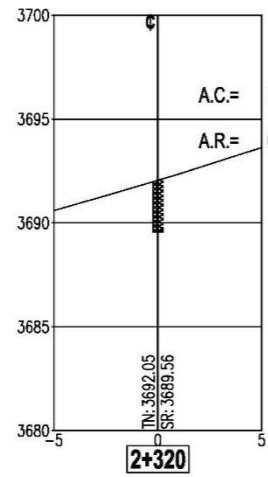
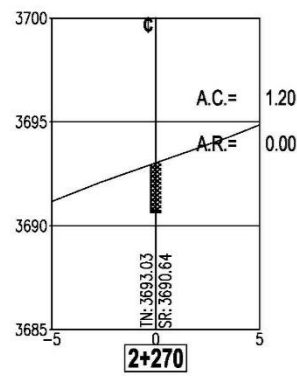
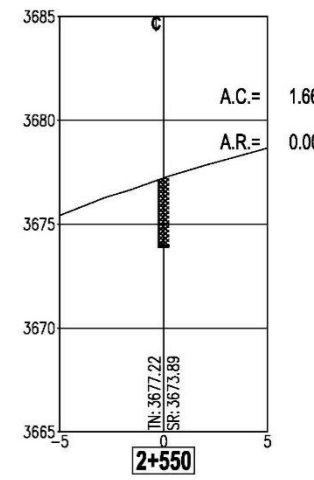
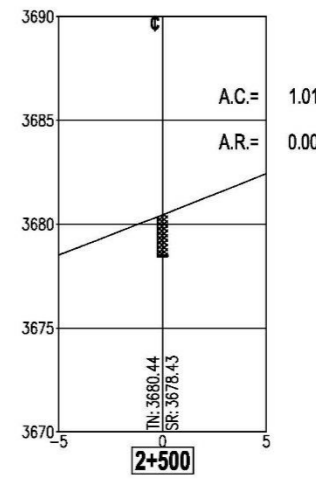
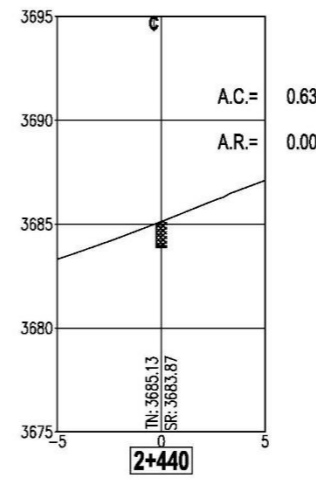
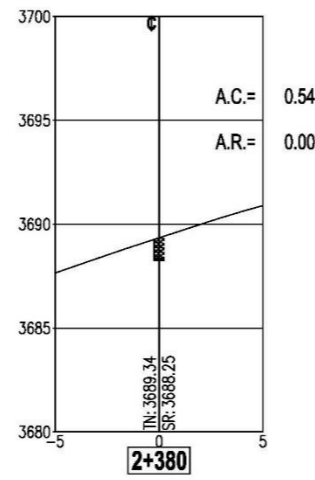
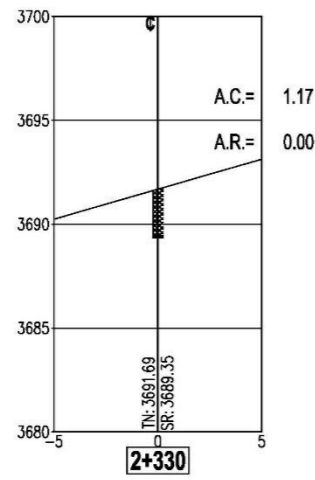
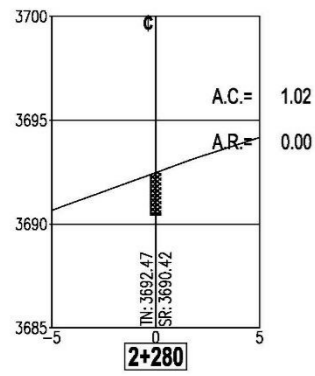


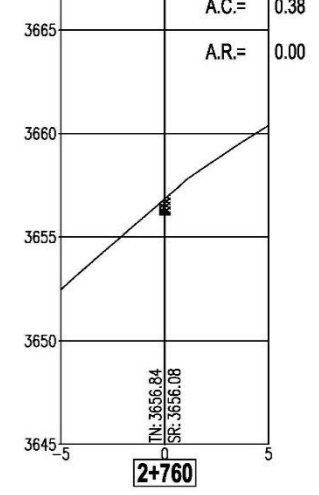
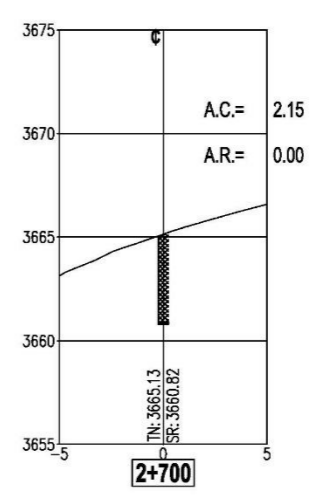
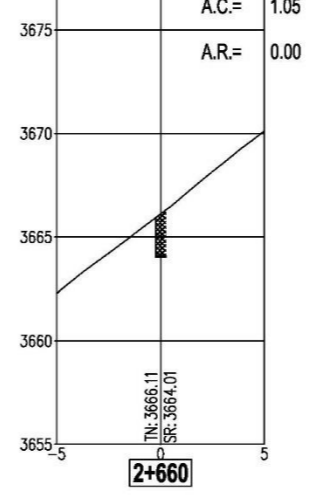
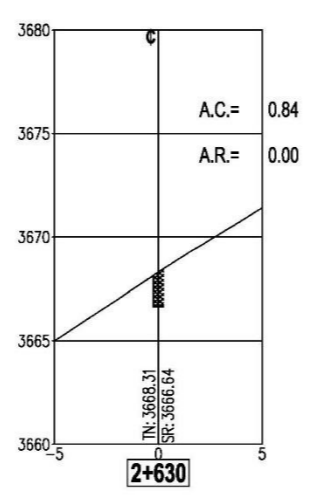
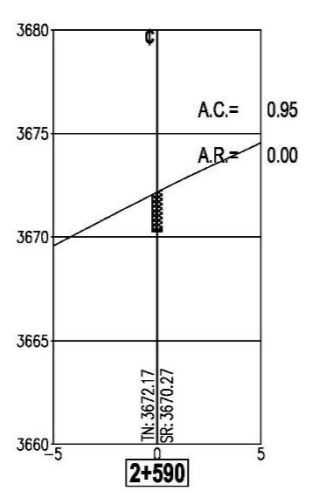
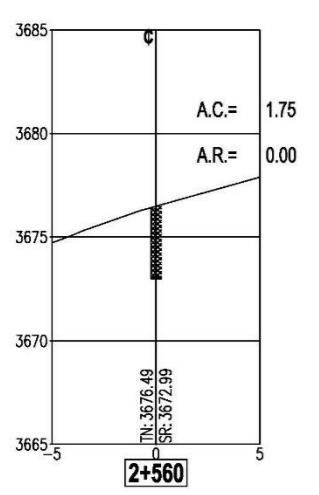
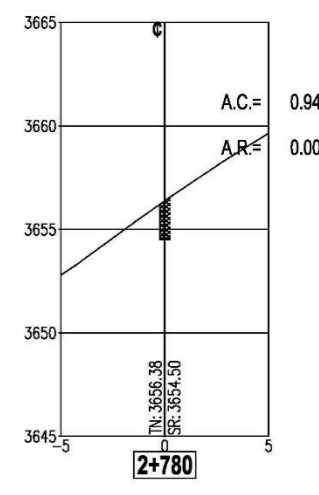
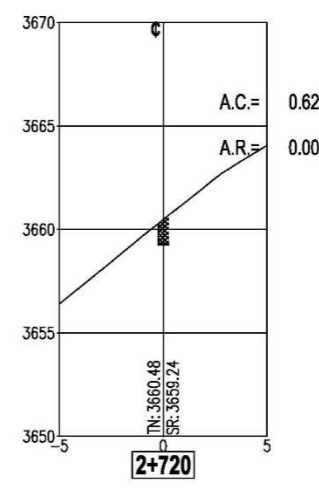
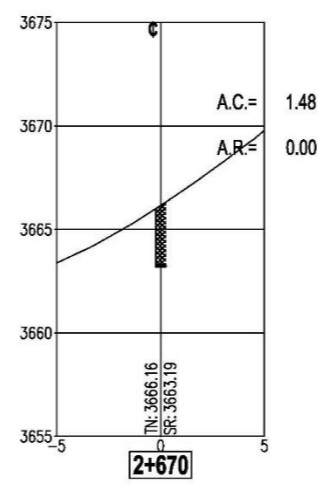
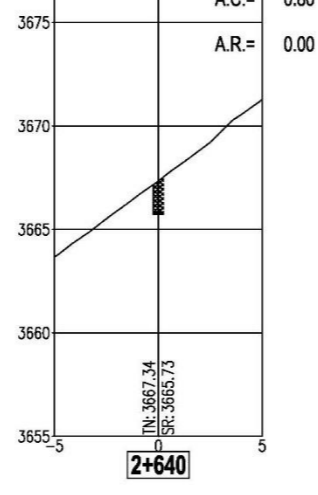
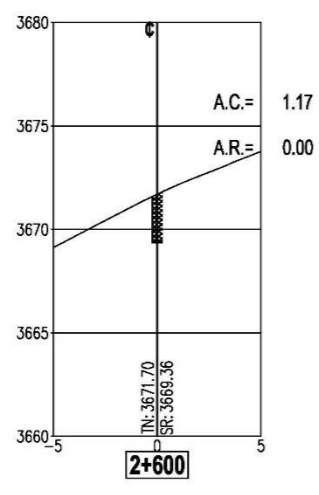
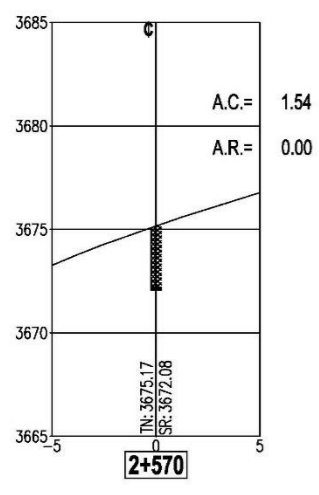
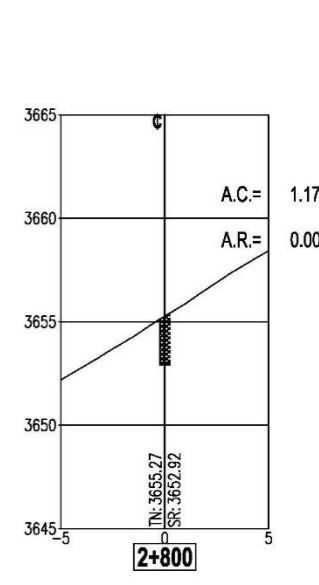
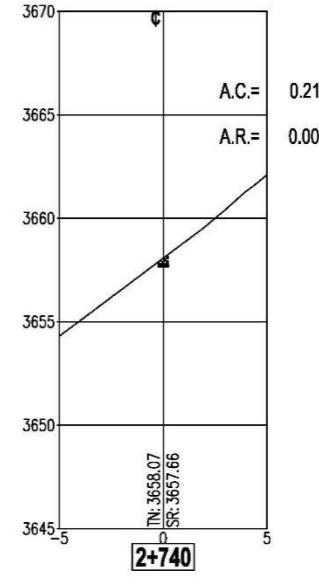
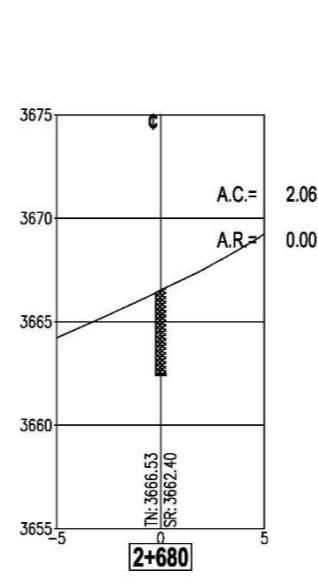
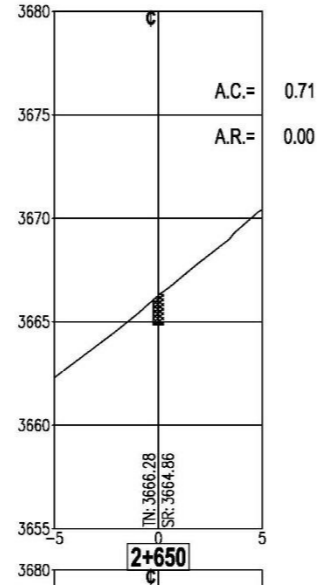
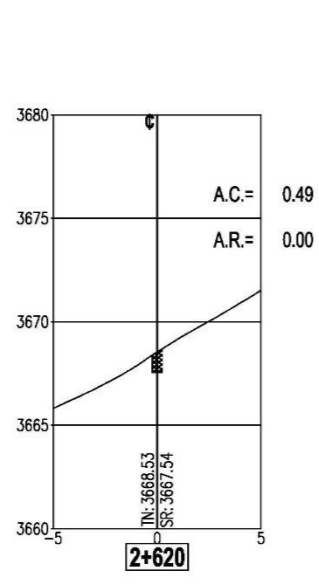
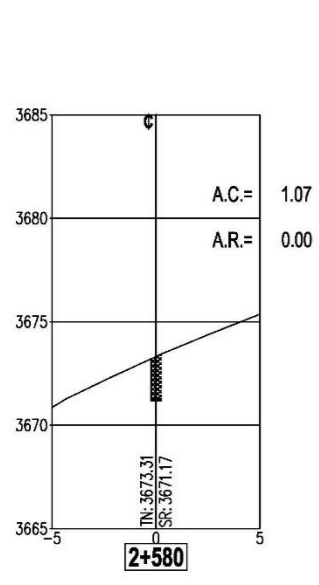


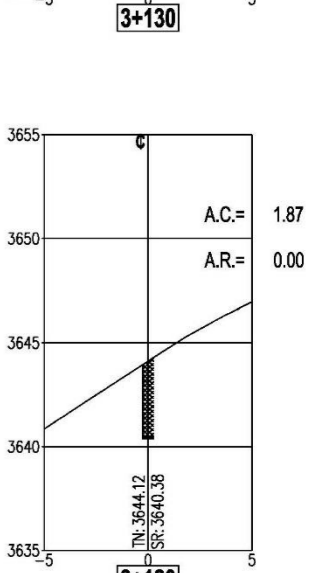
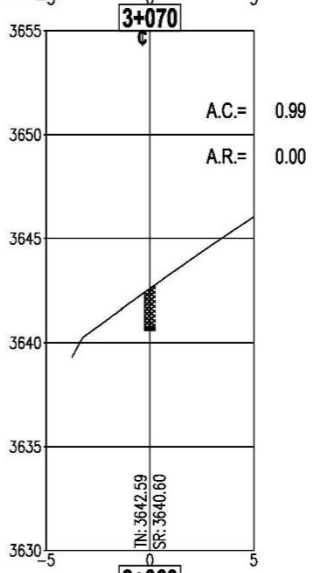
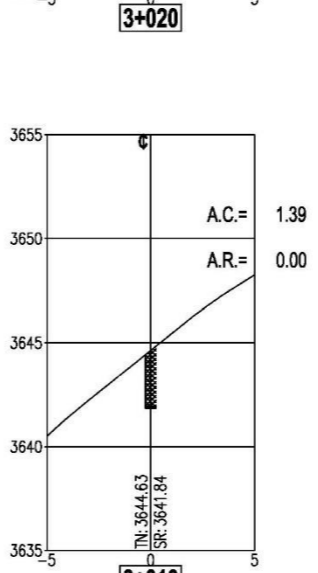
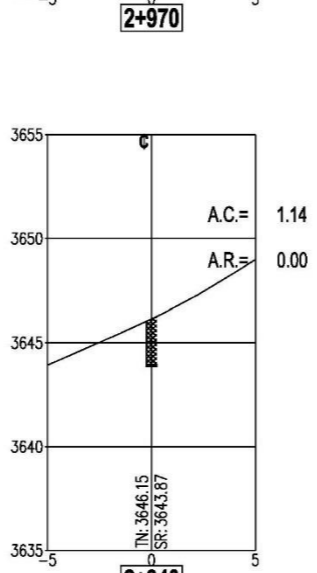
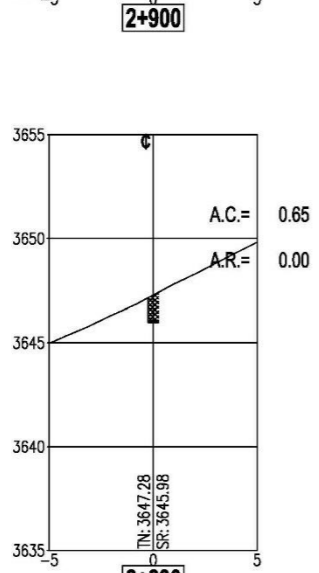
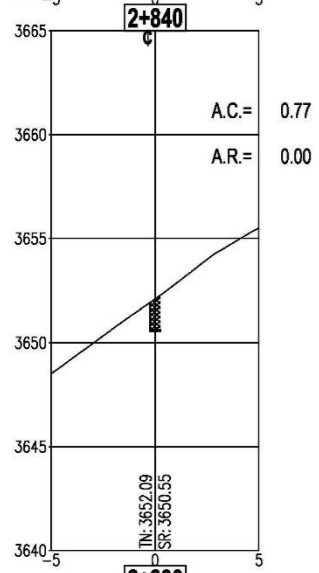
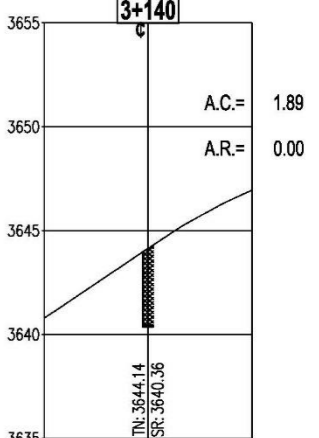
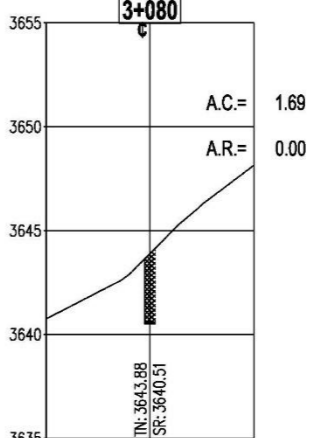
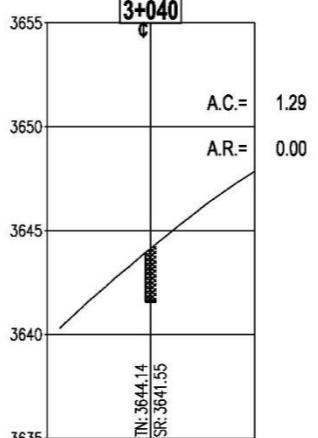
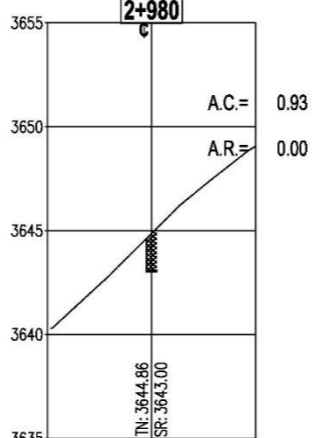
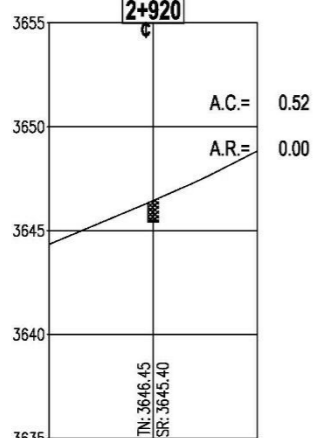
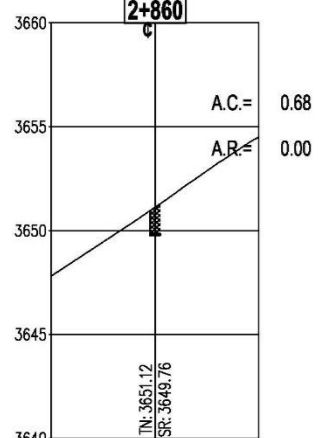
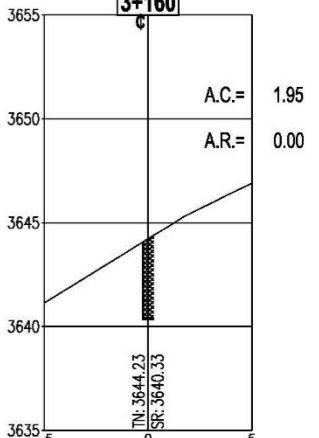
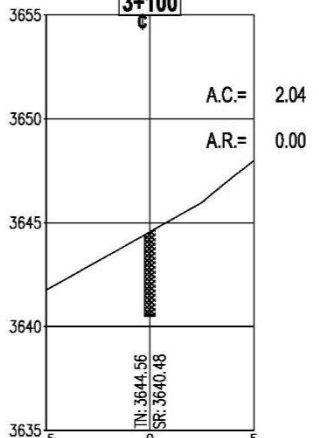
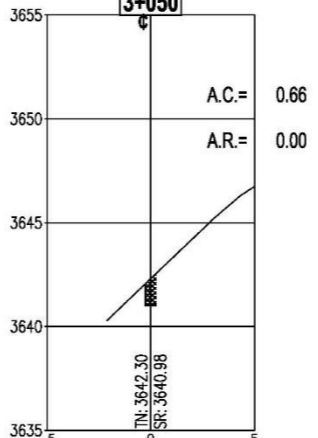
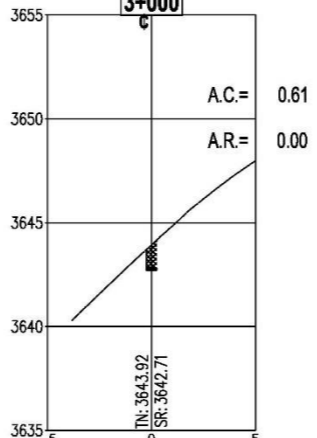
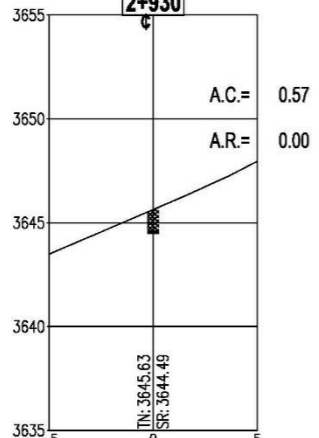
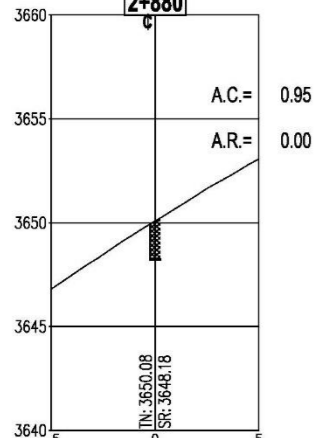
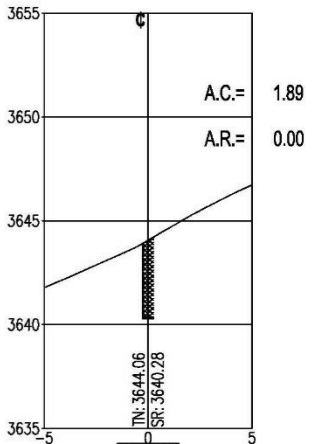
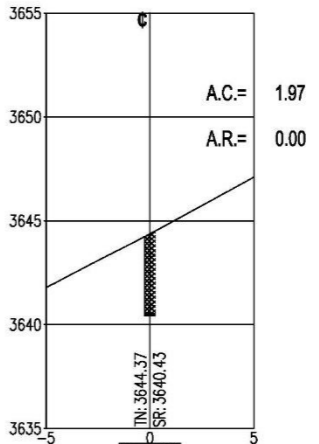
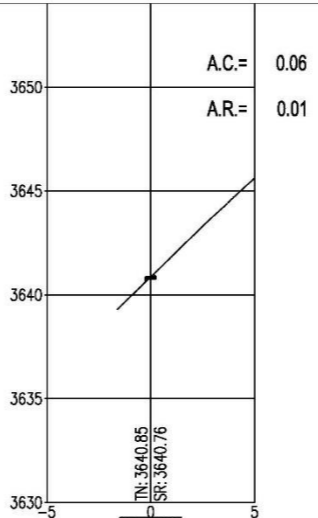
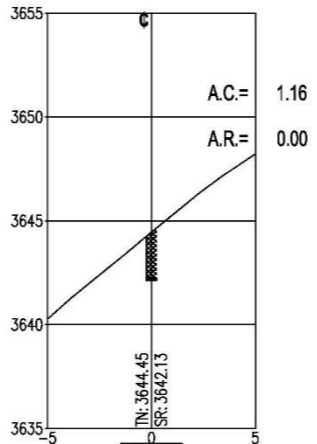
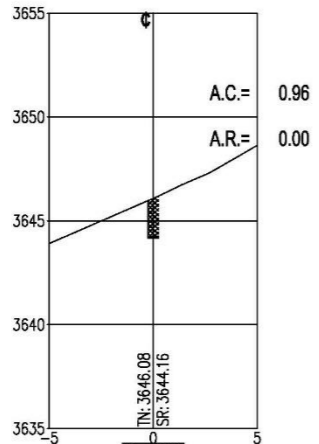
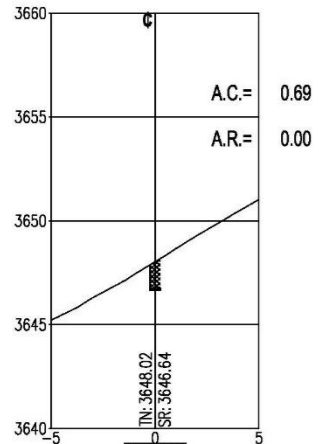


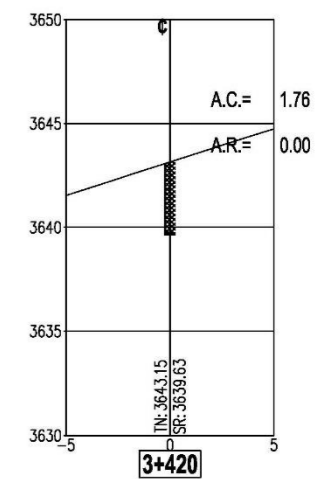
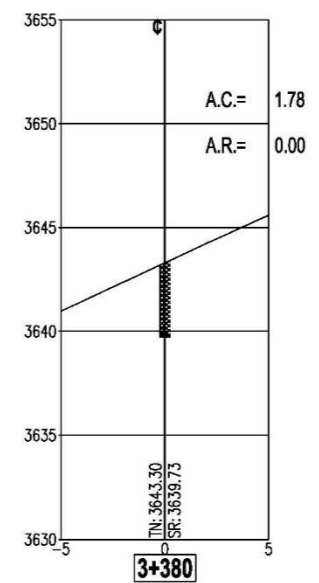
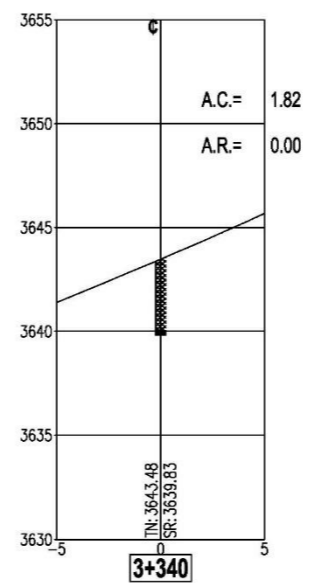
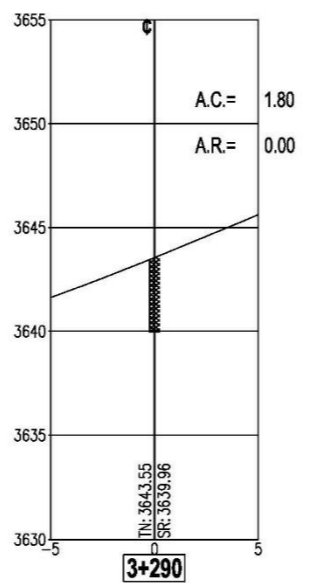
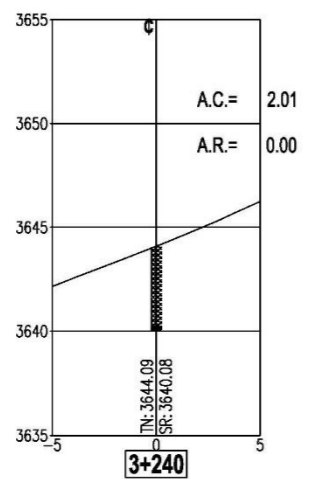
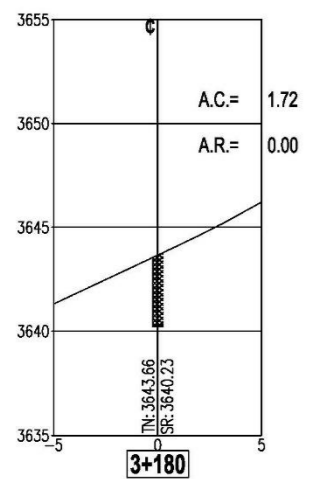
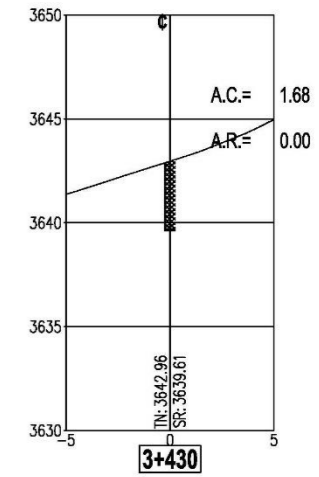
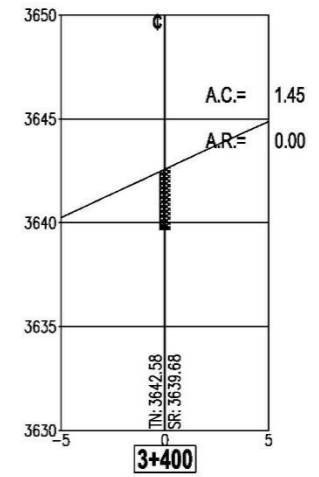
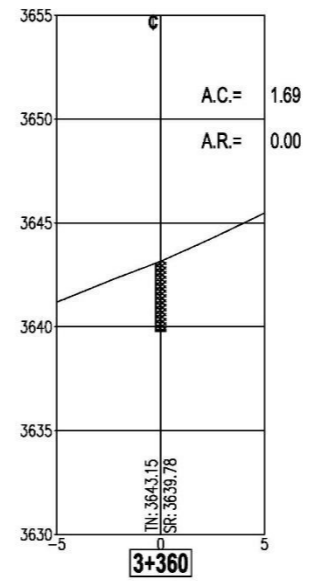
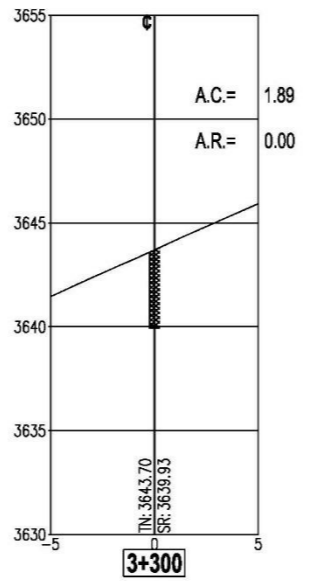
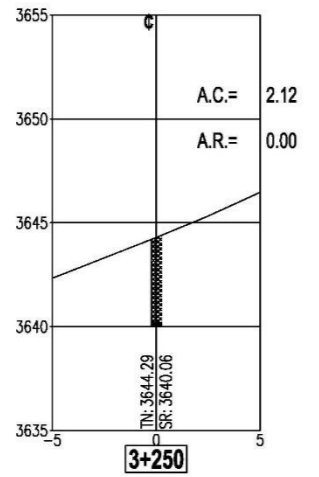
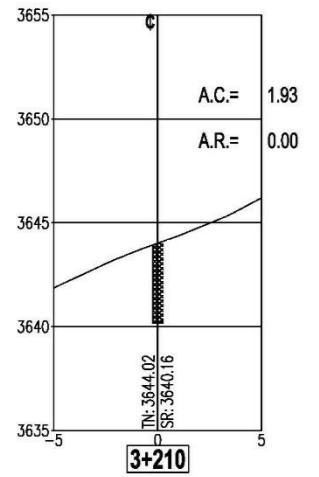
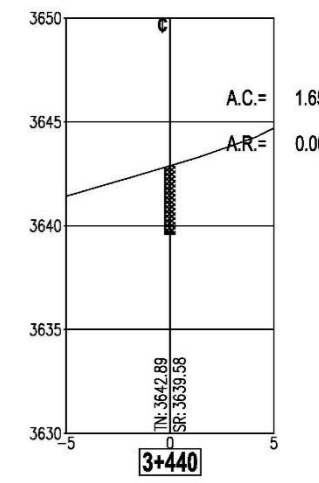
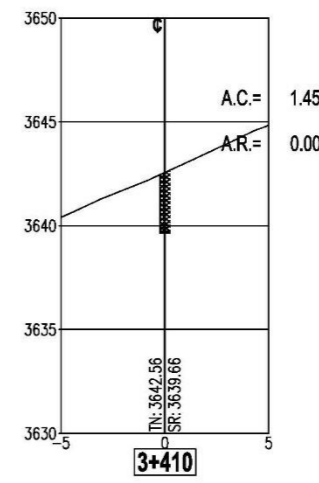
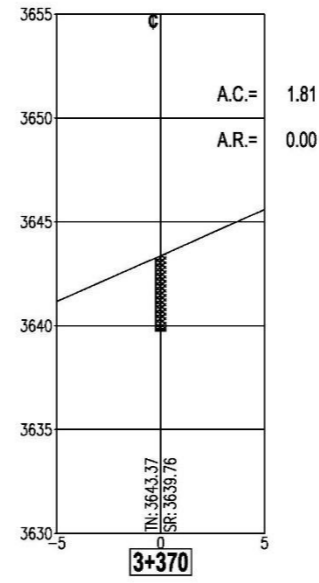
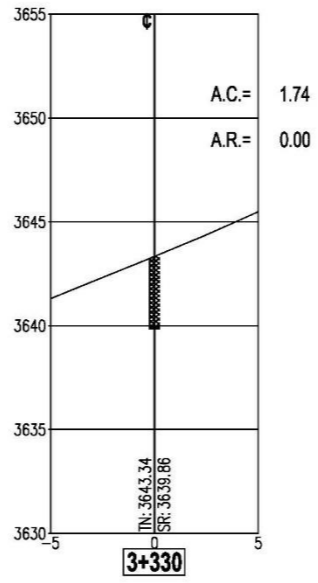
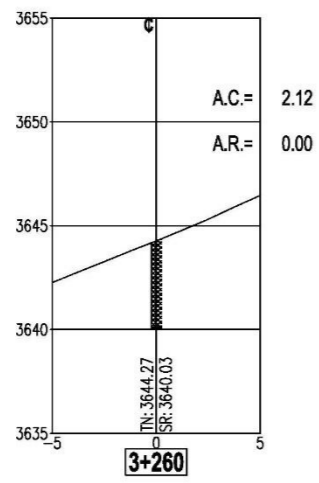
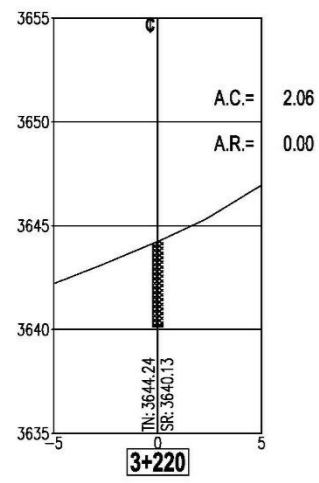


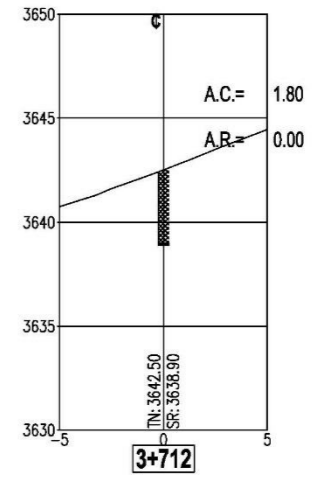
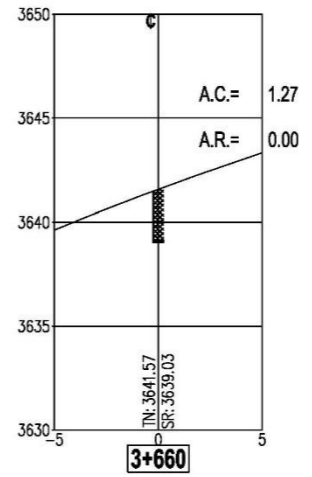
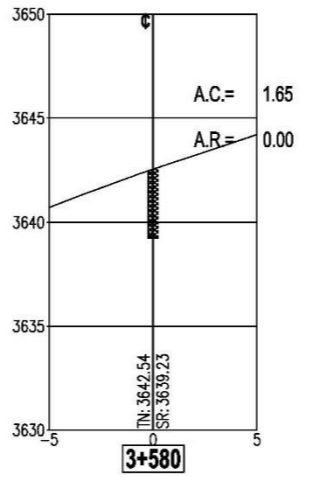
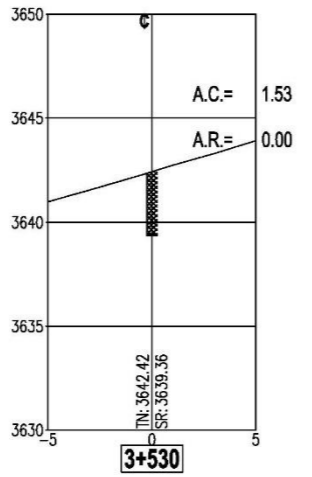
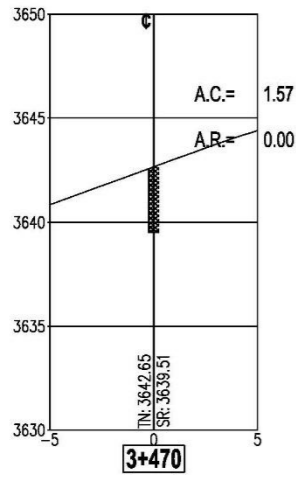
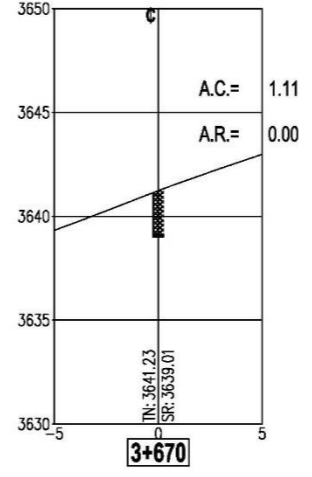
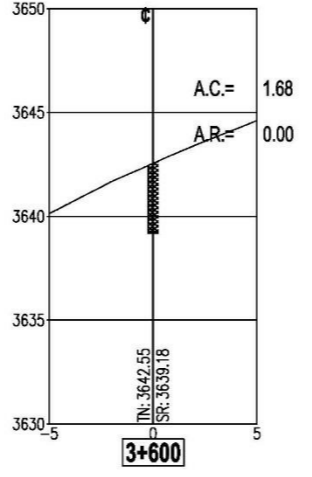
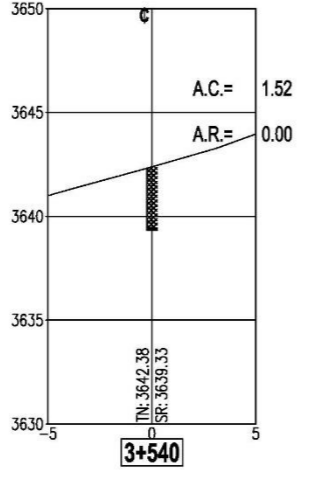
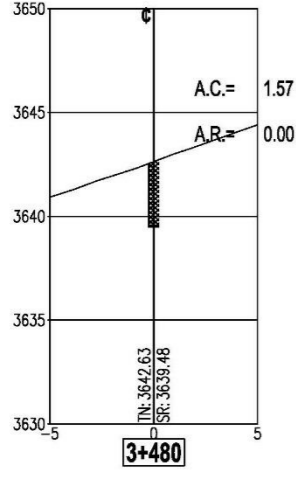
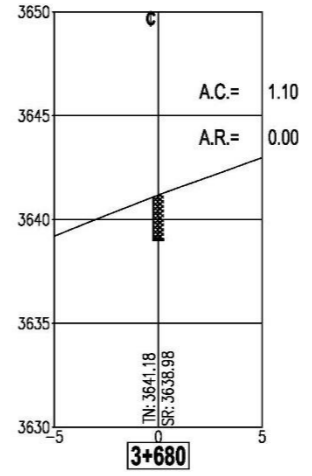
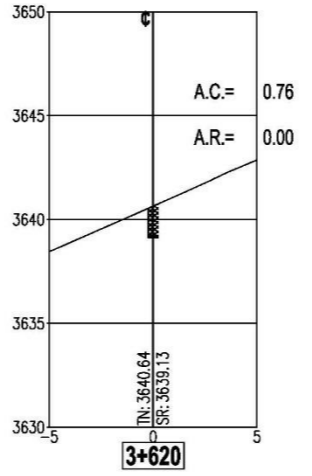
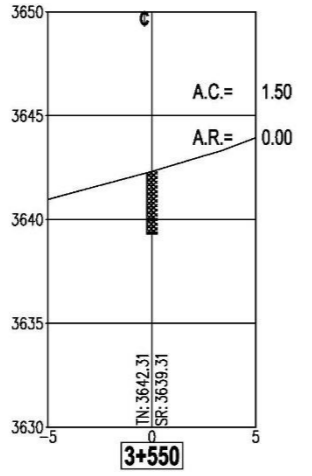
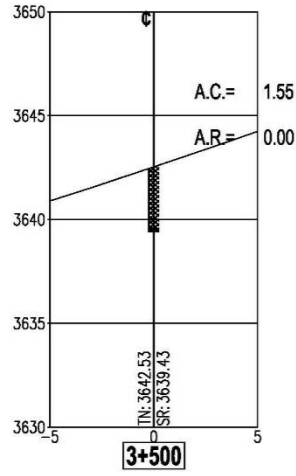
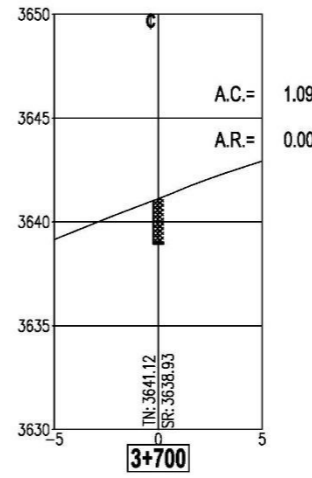
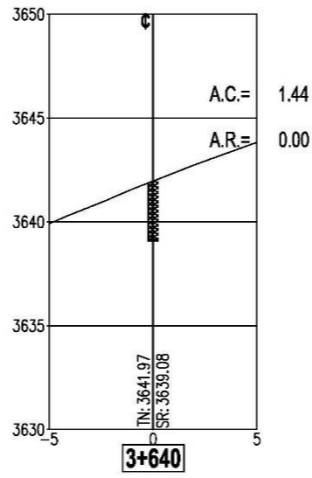
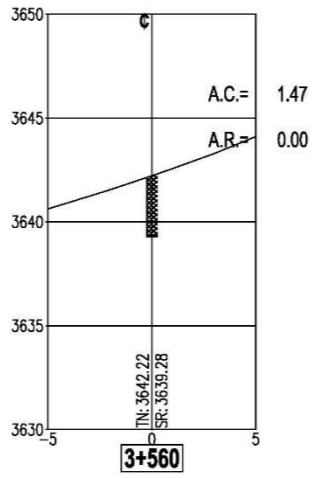
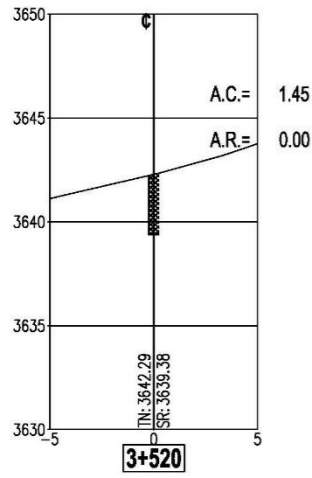




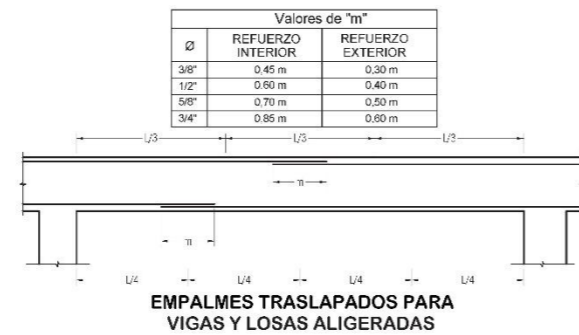
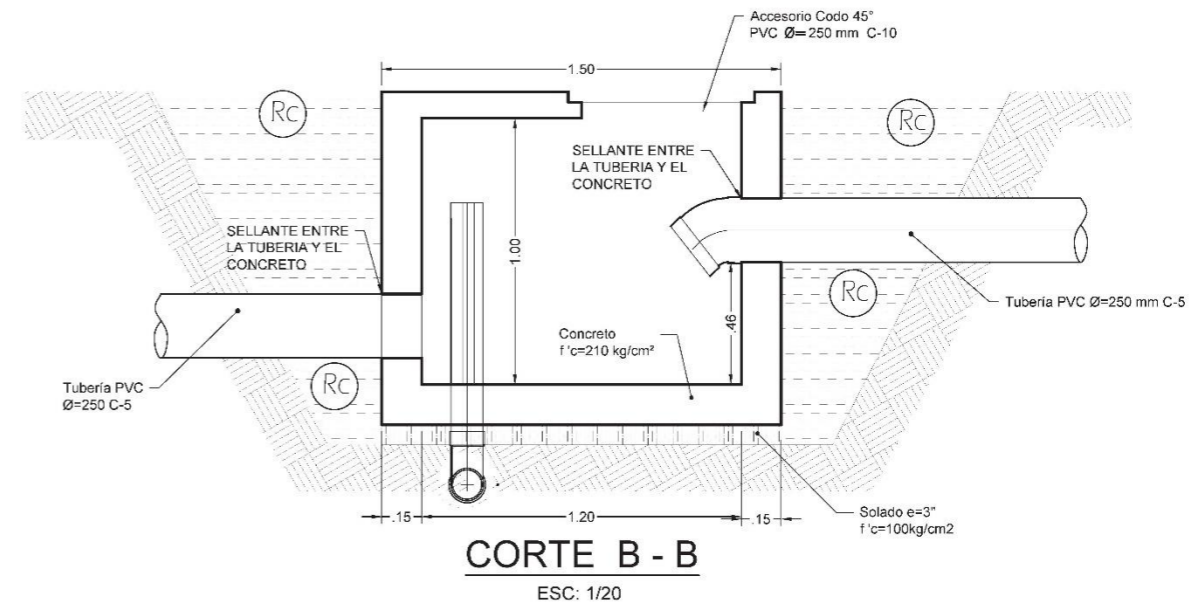
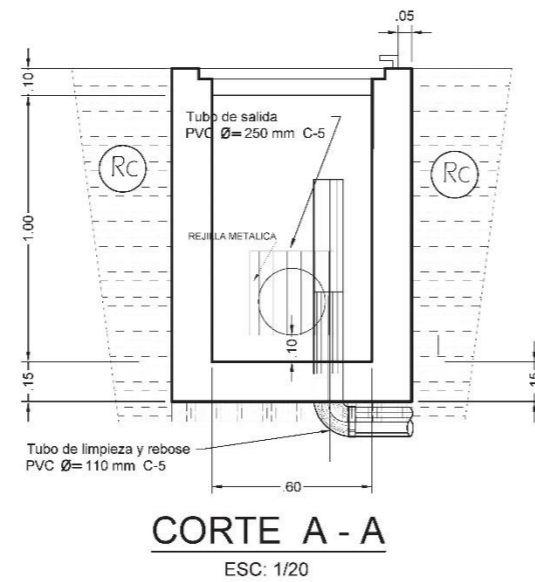
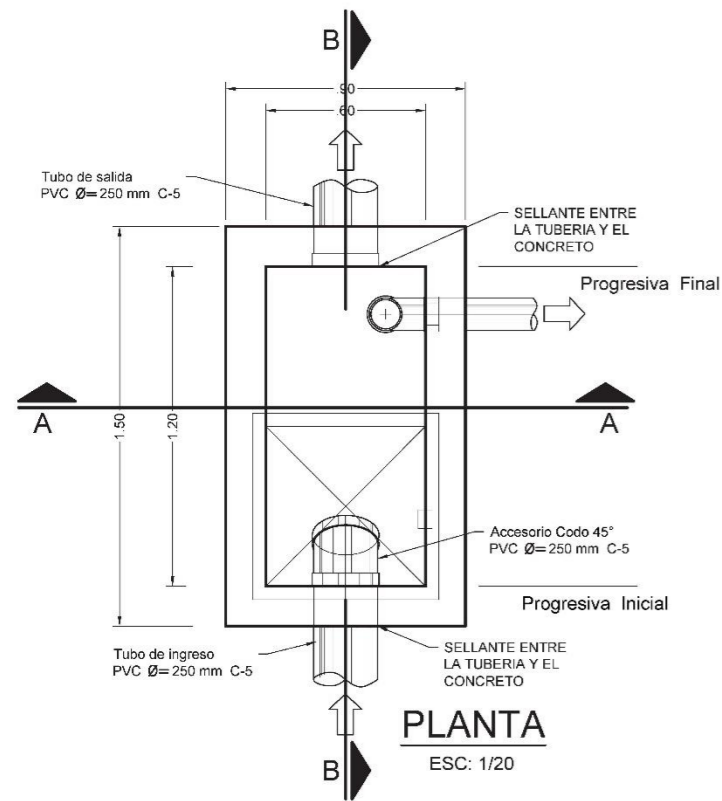








Camara de carga e inspección

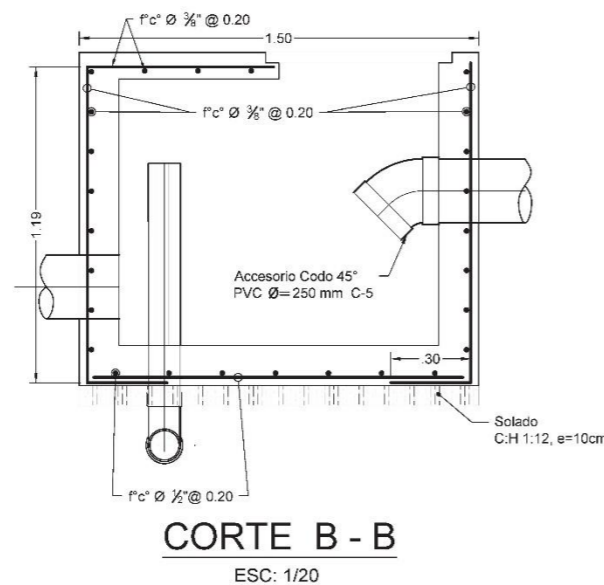
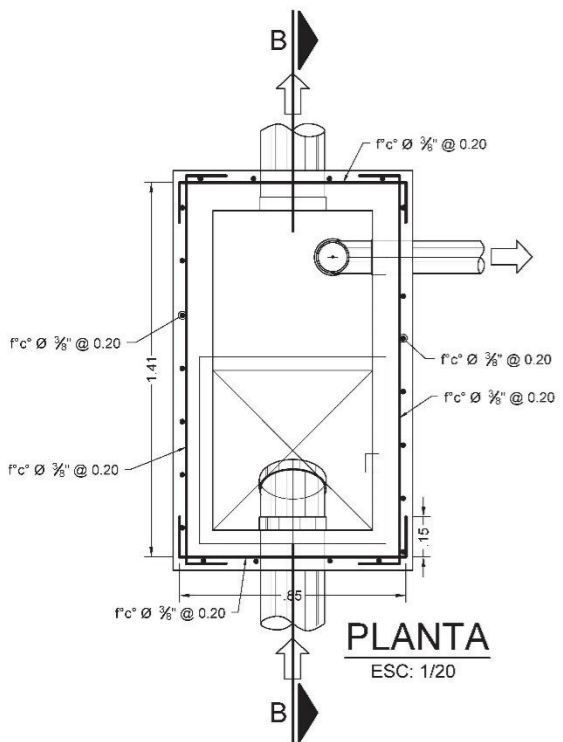


CUADRO DE GANCHOS STANDARD EN VARILLAS DE FIERRO CORRUGADAS

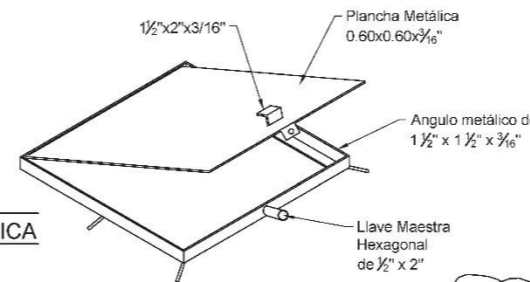
Ø	d (mm)	l _a (cm)
1/4"	38	10
3/8"	57	15
1/2"	76	17
5/8"	95	20
3/4"	114	25

NOTA: EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN FORMA LONGITUDINAL EN ZAPATA, CONTRAFUERTE, EN LA PANTALLA DEBERAN TERMINAR EN GANCHOS STANDARD, LOS CUALES SE ALOJARAN EN EL CONCRETO CON LAS DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN EL CUADRO MOSTRADO.

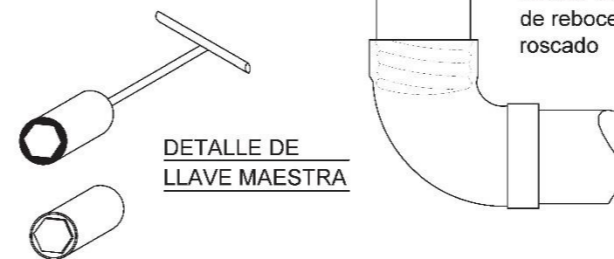
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**
- CONCRETO:**
 - Concreto armado : f_c = 210 kg/cm²
 - Soalido : C:H=1:12
 - Cemento Portland : Tipo I
 - Máxima relación Agua/Cemento : a/c = 0.50
 - ACERO:**
 - Barras corrugadas con resaltes Grado 60 ASTM A615 : f_y = 4 200 kg/cm²
 - RECUBRIMIENTOS:**
 - En losas de cajas : 2.0 cm
 - Superficie a la intemperie (muro) : 4.0 cm
 - REVOQUES:**
 - Interior con impermeabilizante : Morte C:A 1:2, e=2.0 cm
 - Exterior : Mortero C:A=1:4, e=1.5 cm



DETALLE DE TAPA METÁLICA



Detalle de la tubería de rebose y limpia; roscado



ESTRIBOS

Ø (pulg)	a (cm)	R (mm)
1/4	5.0	3
3/8	7.5	18

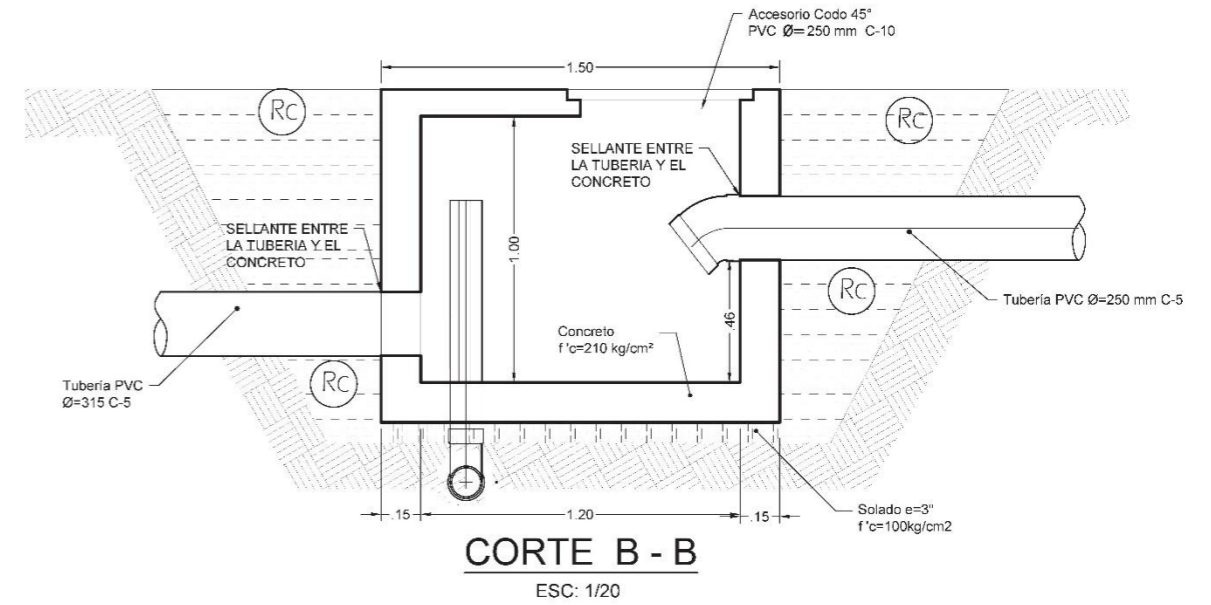
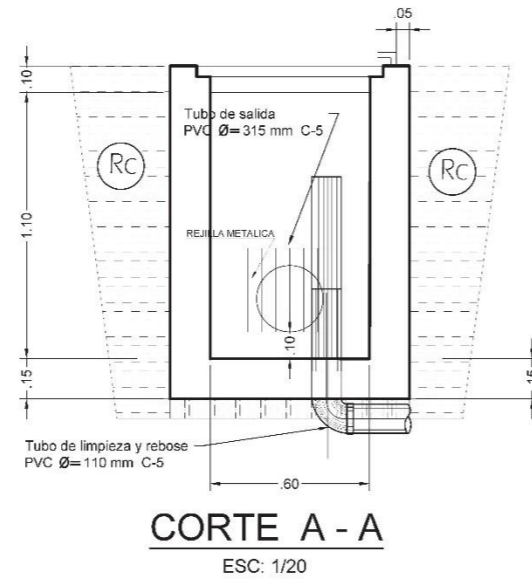
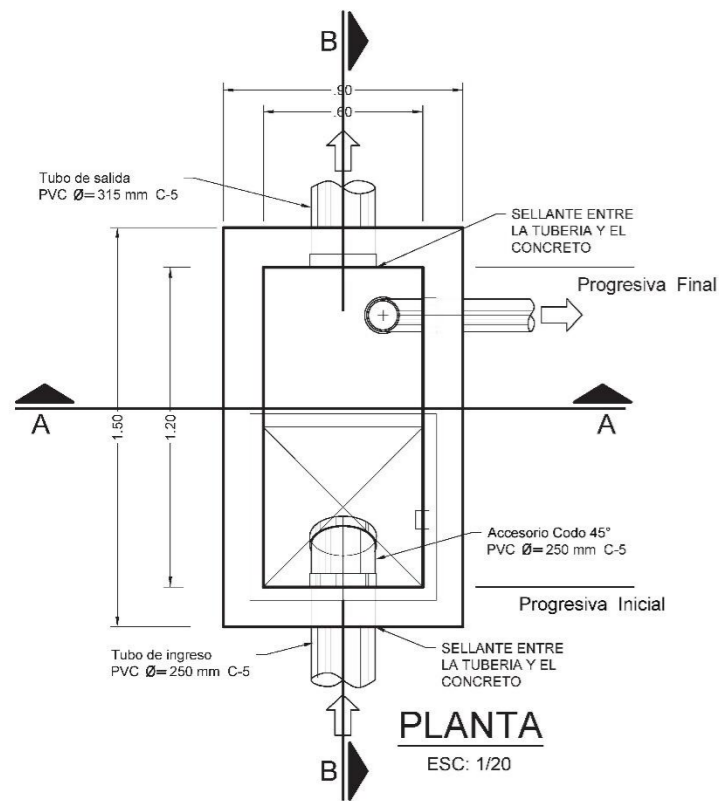
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
"DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE RIEGO SECTORES TUYA - MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS, ANCASH"

PLANO: **CÁMARA DE CARGA E INSPECCIÓN 1 - LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov. Huari	CÓDIGO: CC	LAMINA: CC-01
ZONA: 18 SUR	Reg. Ancash	ESCALA: INDICADA	
TESISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCACUZCO	FECHA: Abril de 2022	REVISADO:	

Camara de carga e inspección



Valores de "m"

Ø	REFUERZO INTERIOR	REFUERZO EXTERIOR
3/8"	0.45 m	0.30 m
1/2"	0.60 m	0.40 m
5/8"	0.70 m	0.50 m
3/4"	0.85 m	0.60 m



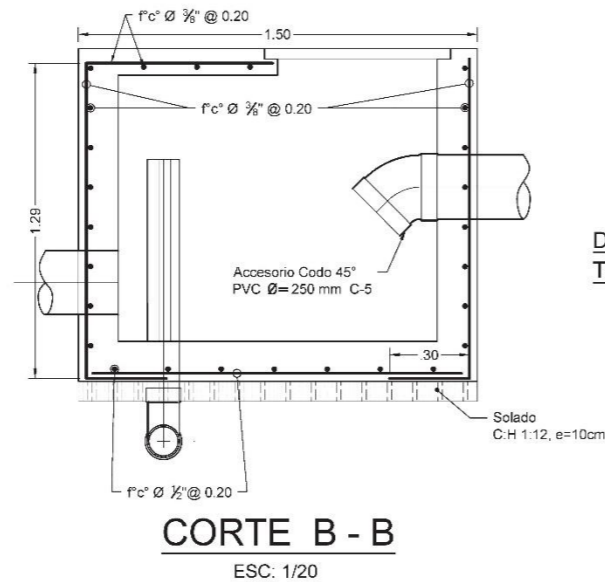
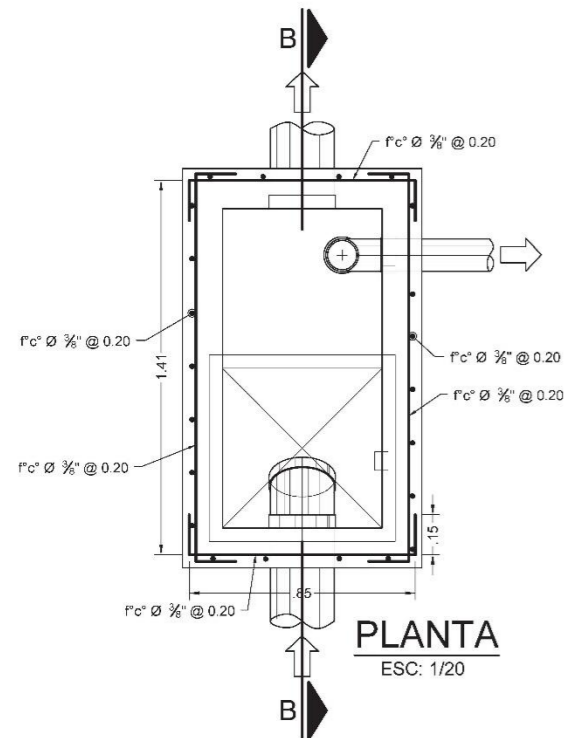
CUADRO DE GANCHOS STANDARD EN VARILLAS DE FIERRO CORRUGADAS

Ø	d (mm)	l _d (cm)
1/4"	38	10
3/8"	57	15
1/2"	76	17
5/8"	95	20
3/4"	114	25

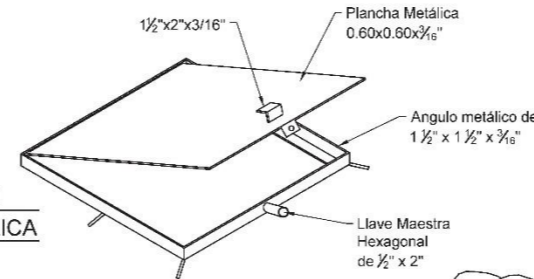
NOTA:
EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN FORMA LONGITUDINAL EN ZAPATA, CONTRAFUERTE, EN LA PANTALLA DEBERAN TERMINAR EN GANCHOS STANDARD, LOS CUALES SE ALOJARAN EN EL CONCRETO CON LAS DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN EL CUADRO MOSTRADO.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- CONCRETO:**
 - Concreto armado : f'c = 210 kg/cm²
 - Soldado : C:H = 1:12
 - Cemento Portland : Tipo I
 - Máxima relación Agua/Cemento : a/c = 0.50
- ACERO:**
 - Barras corrugadas con resaltes Grado 60 ASTM A615 : f_y = 4 200 kg/cm²
- RECUBRIMIENTOS:**
 - En losas de cajas : 2.0 cm
 - Superficie a la intemperie (muro) : 4.0 cm
- REVOQUES:**
 - Interior con impermeabilizante : Morte C:A 1:2, e=2.0 cm
 - Exterior : Mortero C:A=1:4, e=1.5 cm



DETALLE DE TAPA METÁLICA



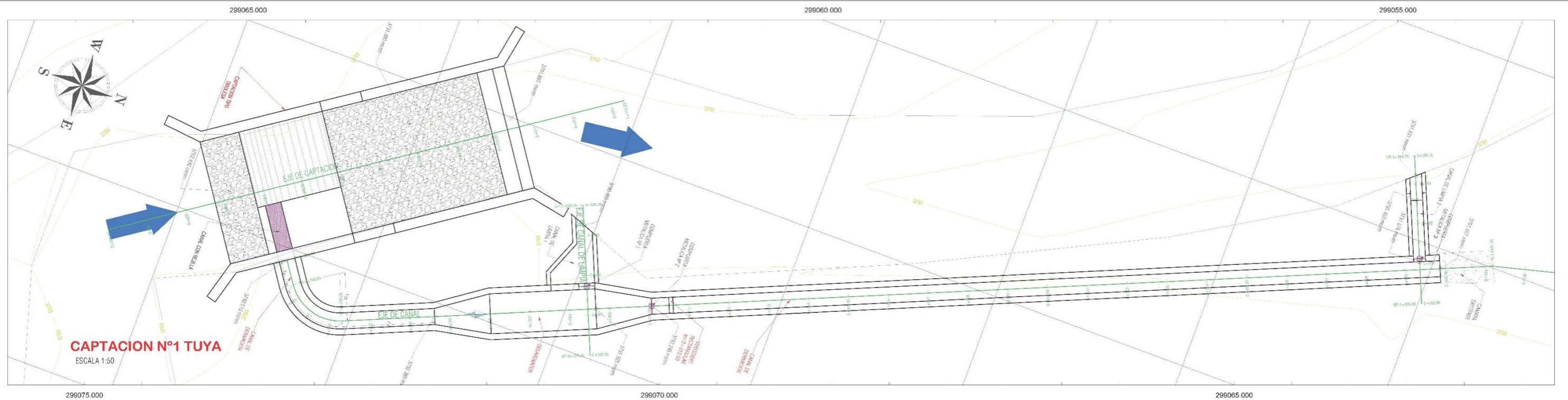
Detalle de la tubería de reboce y limpia; roscado



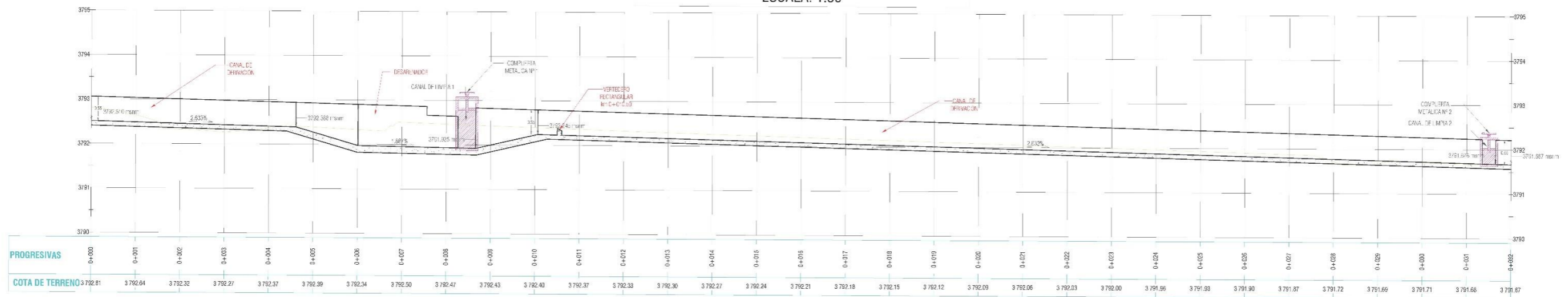
ESTRIBOS

Ø (pulg)	a (cm)	R (mm)
1/4	5.0	13
3/8	7.5	19

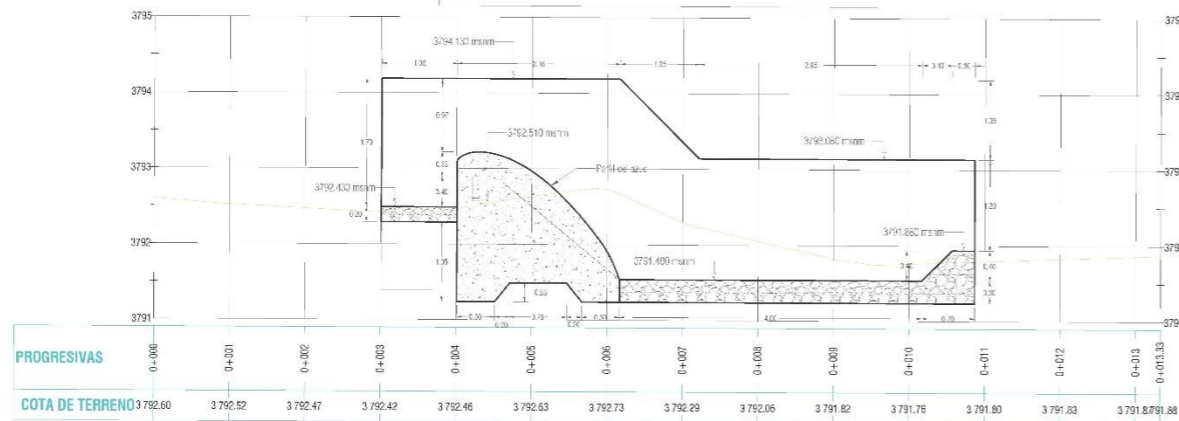
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		TESIS: "DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE RIEGO SECTORES TUYA - MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS, ANCASH"	
PLANO: CÁMARA DE CARGA E INSPECCIÓN 2 - LÍNEA DE CONDUCCIÓN			
PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov: Huari	CÓDIGO: CC	LAMINA: CC-02
ZONA: 18 SUR	Reg: Ancash	ESCALA: INDICADA	
TESISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCACUZCO	FECHA: Abril de 2022	REVISADO:	



PERFIL LONGITUDINAL: EJE DE CANAL Y DESARENADOR
ESCALA: 1:50

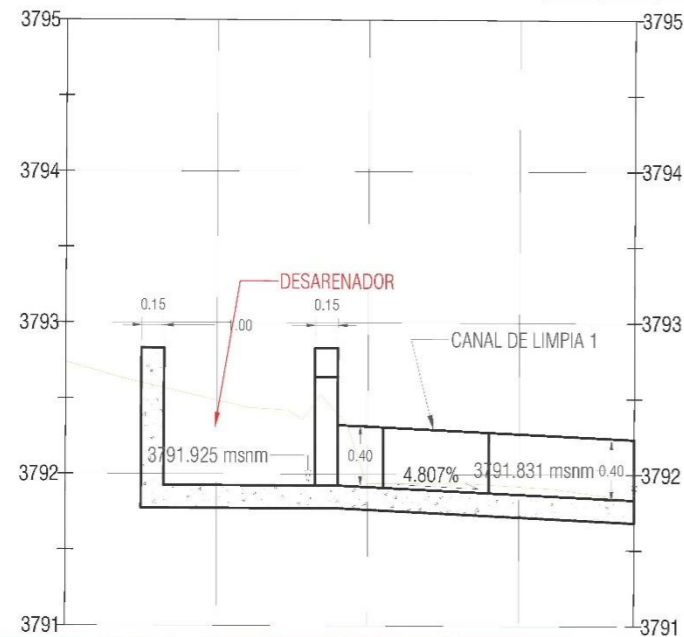


PERFIL LONGITUDINAL: EJE DE CAPTACION
ESCALA: 1:50



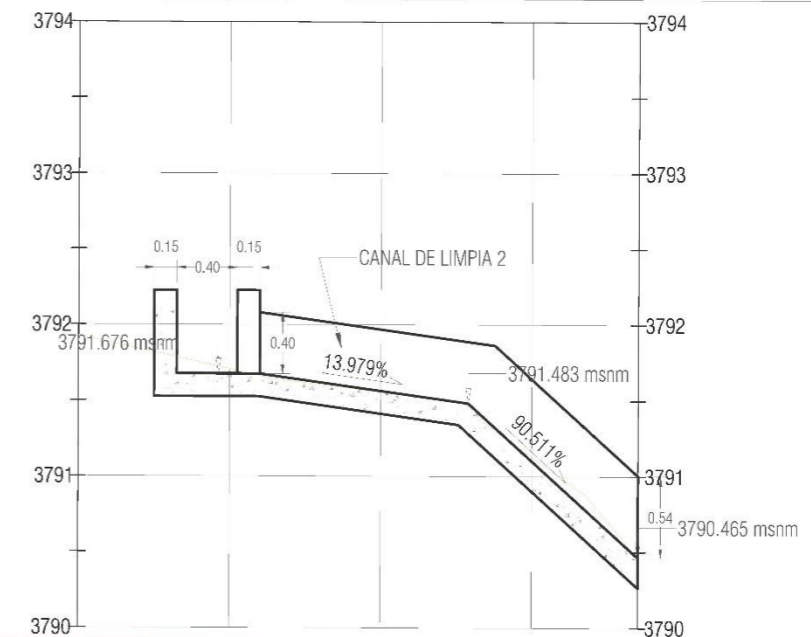
 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		TESIS: "DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE RIEGO SECTORES TUYA - MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS, ANCASH"	
		PLANO: CAPTACIÓN QUEBRADA TUYA - BOCATOMA - DESARENADOR	
PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov: Huari Reg. Ancash	CÓDIGO: BO	LAMINA: BO-01
ZONA: 18 SUR	TESISISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCAUZO	ESCALA: INDICADO	
FECHA: Abril de 2022	REVISADO:		

**PERFIL LONGITUDINAL: EJE DE CANAL DE LIMPIA
ESCALA: 1:50**



PROGRESIVAS	0+000	0+001	0+002	0+003	0+003.76
COTA DE TERRENO	3792.74	3792.49	3791.94	3791.92	3791.83

**PERFIL LONGITUDINAL: EJE DE CANAL DE LIMPIA 2
ESCALA: 1:50**



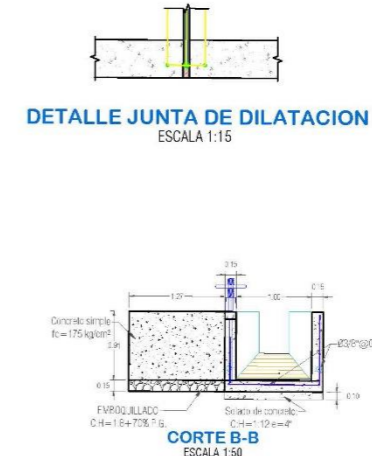
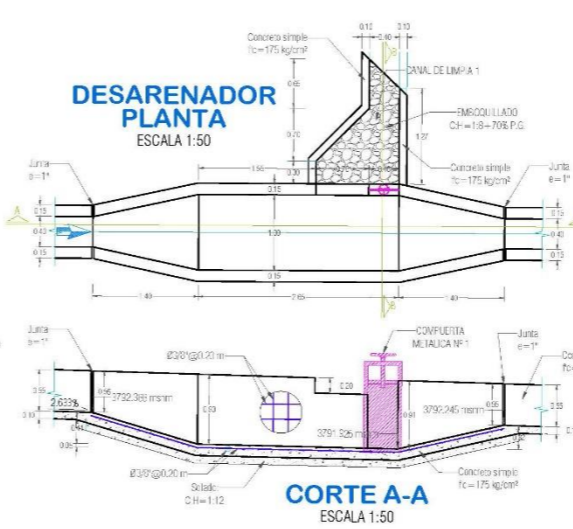
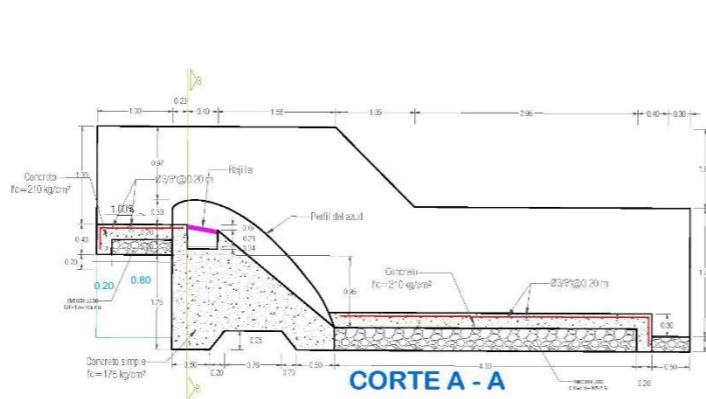
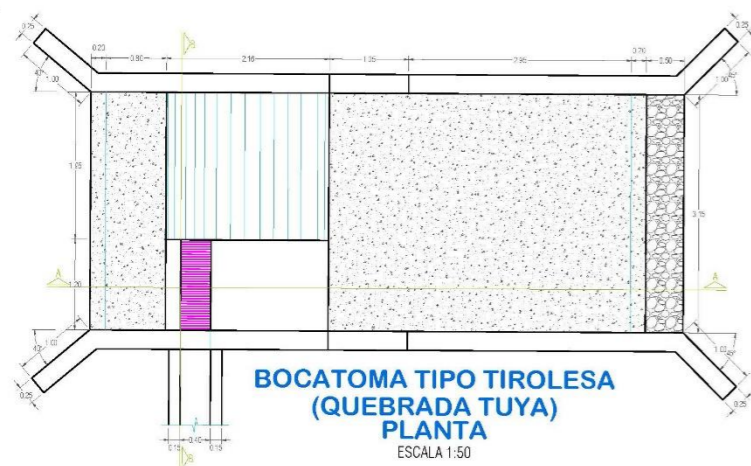
PROGRESIVAS	0+000	0+001	0+002	0+003	0+003.70
COTA DE TERRENO	3791.93	3791.71	3791.56	3791.13	3790.47



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
"DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA
HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE
RIEGO SECTORES TUYA -
MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS,
ANCASH"

PLANO: CAPTACIÓN QUEBRADA TUYA - PERFIL LONGITUDINAL CANAL DE LIMPIA			
PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov. Huari Reg. Ancash	CÓDIGO: BO	LAMINA: BO-02
ZONA: 18 SUR	FECHA: Abril de 2022	ESCALA: INDICADO	
TESISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCACUZCO	REVISADO:		



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.- CONCRETO:

- Solado: C/H=1:12
- Concreto armado: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Cemento Portland: Tipo I
- Máxima relación Agua/Concreto: $a/c = 0.50$

2.- ACERO:

- Baras corrugadas con rosas Grado 60 ASTM A615: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

3.- RECUBRIMIENTOS:

- Superficie sobre el terreno: 7.5 cm
- Superficies en contacto con el terreno: 5.0 cm
- Superficie a la intemperie: 4.0 cm

Valores de "m"

Ø	REFUERZO INTERIOR	REFUERZO EXTERIOR
3/8"	0.45 m	0.30 m
1/2"	0.60 m	0.40 m
5/8"	0.70 m	0.50 m
3/4"	0.85 m	0.60 m

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.- CONCRETO:

- Solado: C/H=1:12
- Concreto armado: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Cemento Portland: Tipo I
- Máxima relación Agua/Concreto: $a/c = 0.50$

2.- ACERO:

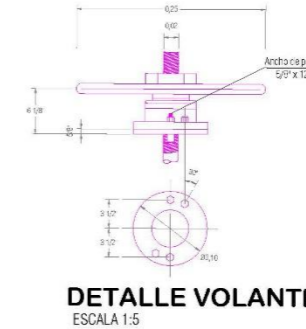
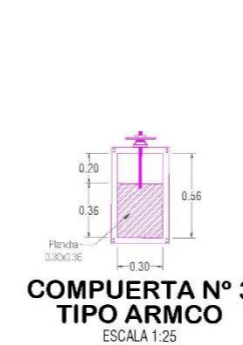
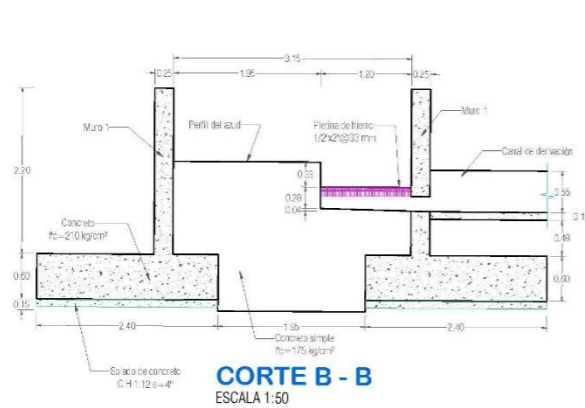
- Baras corrugadas con rosas Grado 60 ASTM A615: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

3.- RECUBRIMIENTOS:

- Superficie sobre el terreno: 7.5 cm
- Superficies en contacto con el terreno: 5.0 cm
- Superficie a la intemperie: 4.0 cm

Valores de "m"

Ø	REFUERZO INTERIOR	REFUERZO EXTERIOR
3/8"	0.45 m	0.30 m
1/2"	0.60 m	0.40 m
5/8"	0.70 m	0.50 m
3/4"	0.85 m	0.60 m

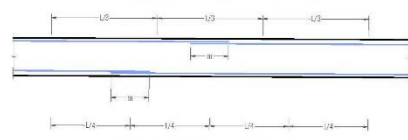


EMPALMES POR TRASLAPOS

CUADRO DE GANCHOS STANDARD EN VARILLAS DE FIERRO CORRUGADAS

NOTA:
EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN FORMA LONGITUDINAL EN ZAPATA, CONTRAFUERTE, EN LA PANTALLA DEBERAN TERMINAR EN GANCHOS STANDARD, LOS CUALES SE ALOJARAN EN EL CONCRETO CON LAS DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN EL CUADRO MOSTRADO.

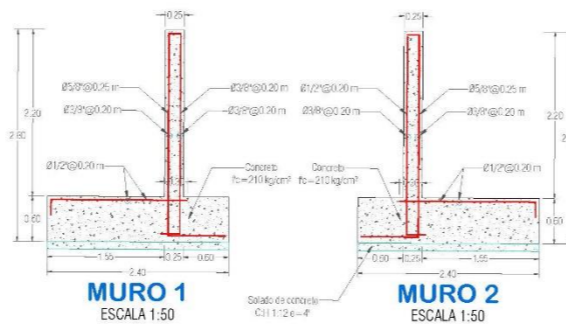
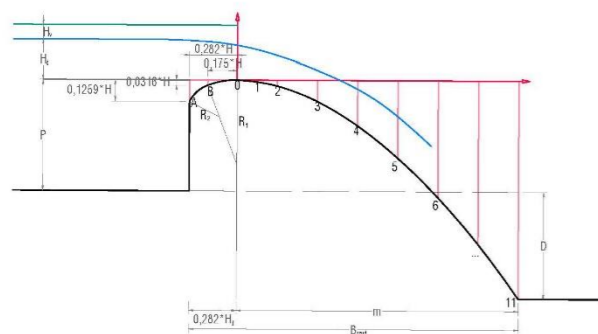
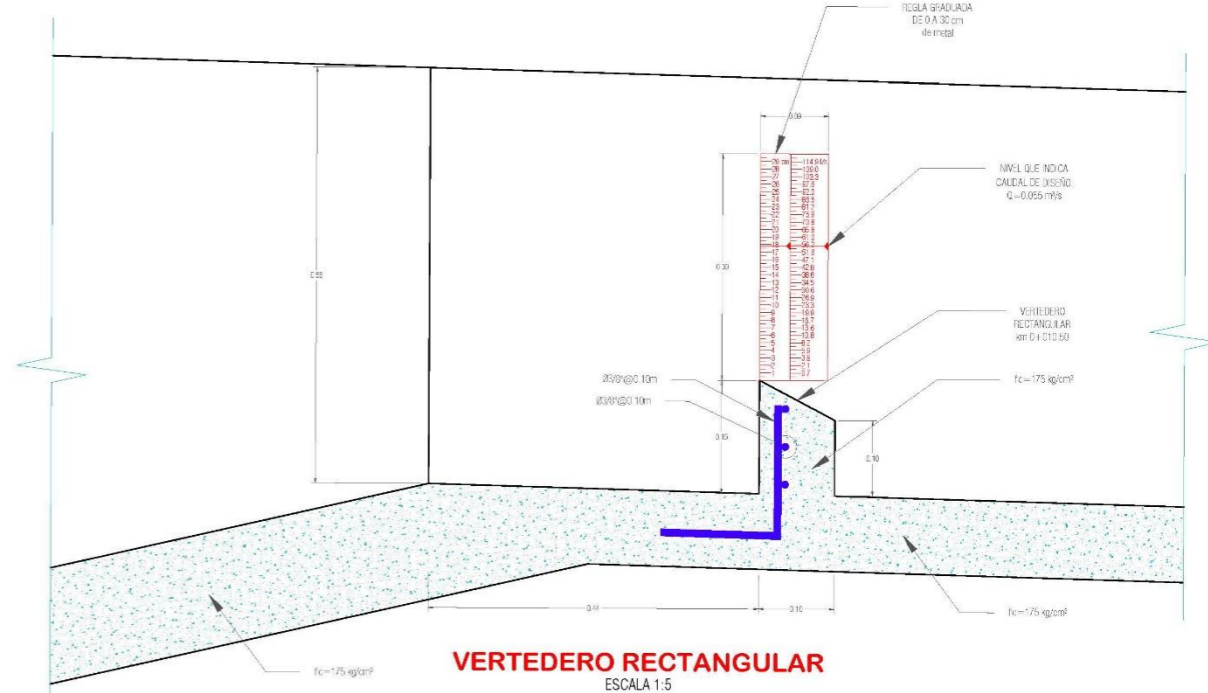
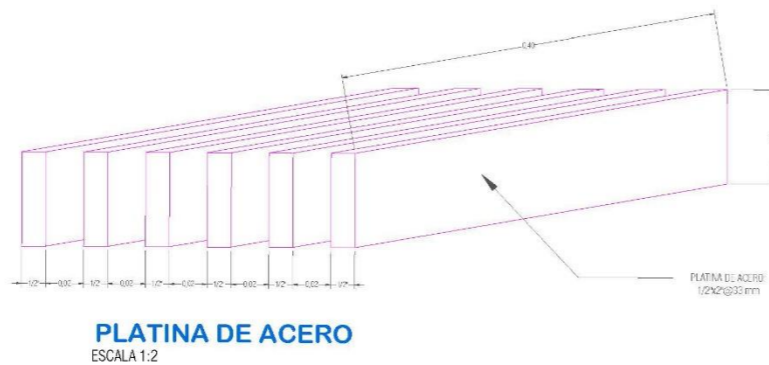
a	d (mm)	l ₁ (cm)
1/4"	38	10
3/8"	57	15
1/2"	76	17
5/8"	95	20
3/4"	114	25



CUADRO DE GANCHOS STANDARD EN VARILLAS DE FIERRO CORRUGADAS

NOTA:
EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN FORMA LONGITUDINAL EN ZAPATA, CONTRAFUERTE, EN LA PANTALLA DEBERAN TERMINAR EN GANCHOS STANDARD, LOS CUALES SE ALOJARAN EN EL CONCRETO CON LAS DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN EL CUADRO MOSTRADO.

a	d (mm)	l ₁ (cm)
1/4"	38	10
3/8"	57	15
1/2"	76	17
5/8"	95	20
3/4"	114	25



UCV
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
"DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL SISTEMA DE RIEGO SECTORES TUYA - MATARAGRA, DISTRITO DE HUACCHIS, ANCASH"

PLANO:
CAPTACIÓN QUEBRADA TUYA - ARQUITECTURA Y ESTRUCTURAS

PROYECCIÓN / DATUM: UTM / W.G.S.84	LOCALIZACIÓN: Dis: Huacchis Prov: Huari Reg: Ancash	CÓDIGO: BO	LAMINA: BO-03
ZONA: 18 SUR	FECHA: Abril de 2022	ESCALA: INDICADA	REVISADO:
TESISTA: JOSÉ ORLANDO MEJÍA MARCAJUZCO			



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, JOSE MIGUEL BERRU CAMINO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Diseño de infraestructura hidráulica para el sistema de riego, sectores Tuya-Mataragra, distrito de Huacchis-Ancash", cuyo autor es MEJIA MARCACUZCO JOSE ORLANDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 07 de Agosto del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
JOSE MIGUEL BERRU CAMINO DNI: 16403359 ORCID: 0000-0001-8434-3219	Firmado electrónicamente por: BCAMINOJ el 08-08- 2022 09:13:44

Código documento Trilce: TRI - 0400723