

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO
POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE
PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO – AÑO 2024**

PRESENTADO POR:

Br. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO CIVIL**

ASESOR:

Msc. Ing. SANDRO VIRGILIO GUTIÉRREZ
SAMANEZ

CUSCO - PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** **SANDRO VIRGILIO GUTIÉRREZ SAMANÉZ**
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO**
DEL CENTRO Poblado de PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE
PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024

Presentado por: **MARÍA YUDIT SOLIS HILASACA** DNI N° **48317761** ;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de **INGENIERO CIVIL**

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por **02** veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6º del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **7** %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, **16** de **ENERO** de **2026**

Firma

Post firma **SANDRO VIRGILIO GUTIÉRREZ SAMANÉZ**

Nro. de DNI **23906692**

ORCID del Asesor **0000-0002-5014-9474**

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: **27259 : 546590467**

MARIA YUDIT SOLIS HILASACA

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE ...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:546590467

538 páginas

Fecha de entrega

15 ene 2026, 7:46 p.m. GMT-5

137.891 palabras

Fecha de descarga

15 ene 2026, 8:09 p.m. GMT-5

610.280 caracteres

Nombre del archivo

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO....pdf

Tamaño del archivo

19.6 MB

7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 11 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

5%	 Fuentes de Internet
3%	 Publicaciones
4%	 Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

 **Caracteres reemplazados**

166 caracteres sospechosos en N.º de páginas

Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Familia, porque en la vida no hay camino que se recorra solo. A mi mamá, por su entrega constante, por ser el apoyo que nunca flaqueó y por creer en mí cuando las cosas se ponían difíciles. Su compañía y su amor ha sido ese impulso bonito que me motiva a lograr cada paso importante en mi vida. A mi papá, por su respaldo importante para lograr mis metas.

A Javier y Yovana, mis hermanos, que son la mezcla bonita de amistad y compañía perfecta, sus palabras y su apoyo para mí, es lo máspreciado que tengo, las risas que compartimos estando juntos, me recuerda que todo es más fácil con ustedes. Gracias por ser las personas que, a pesar de sus agendas propias, siempre hicieron un tiempo para saber cómo iba todo. Sin duda, este logro es también de ustedes.

Que esta dedicatoria sea un recordatorio eterno de mi gratitud y amor hacia ustedes. Juntos hemos enfrentado desafíos, celebrado triunfos y construidos recuerdos que recordaré toda mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por su apoyo constante, su paciencia y por estar conmigo en cada etapa para que este logro sea posible.

Agradezco también a mi asesor Msc.Ing. Sandro Virgilio Gutiérrez Samanez y a mis docentes, quienes con su guía y conocimiento me ayudaron a avanzar y mejorar.

A mis amigos de la universidad, a los que me brindaron sus palabras de apoyo, su buena vibra.

Gracias por ser parte de este proceso

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo mejorar la productividad agrícola en el Centro Poblado de Parpacalla, ubicado en el distrito y provincia de Paucartambo, región Cusco. Para lograr esto, se ha diseñado un sistema de riego tecnificado que optimiza el uso del agua y facilita el riego eficiente de los cultivos. La inversión total del proyecto asciende a S/ 1,463,220.32 (un millón cuatrocientos sesenta y tres mil doscientos veinte soles con treinta y dos céntimos), financiando la ejecución de una obra integral que contempla diversas intervenciones clave. Se incluye la implementación de medidas de seguridad y salud en obra, que aseguran condiciones laborales apropiadas durante toda la fase constructiva. Asimismo, se ha considerado una captación tipo tirolesa ubicada en el sector Llulluchayoc, diseñada para recolectar el agua desde la fuente de manera eficiente y sostenible. El sistema continúa con una línea de conducción que traslada el recurso hídrico hacia un reservorio de concreto armado con una capacidad de almacenamiento de 415 m³. Desde allí, el agua se distribuye mediante una red que abarca los sectores Parpacalla 1, 2 y 3, asegurando el acceso equitativo al riego para los terrenos agrícolas de la comunidad. Se ha previsto la ejecución de pruebas de control de calidad del concreto, con el objetivo de garantizar la resistencia y durabilidad de las estructuras hidráulicas construidas. El contempla la capacitación a los usuarios del sistema de riego, permitiendo su operación eficiente y sostenida en el tiempo.

Palabras Clave: Implementación, Construcción, Riego, Captación.

ABSTRACT

This project aims to improve agricultural productivity in the Parpacalla Population Center, located in the district and province of Paucartambo, Cusco region. To achieve this, a technified irrigation system has been designed that optimizes water use and facilitates efficient irrigation of crops. The total investment of the project amounts to S/ 1,463,220.32 (one million four hundred sixty three thousand two hundred twenty soles and thirty two cents), financing the execution of an integral work that contemplates several key interventions. It includes the implementation of safety and health measures on site, which ensure appropriate working conditions during the entire construction phase. Likewise, a tyrolean type intake located in the Llulluchayoc sector has been considered, designed to collect water from the source efficiently and sustainably. The system continues with a conveyance line that transports the water resource to a reinforced concrete reservoir with a storage capacity of 415 m³. From there, the water is distributed through a network that covers the Parpacalla sectors 1, 2, and 3, ensuring equitable access to irrigation for the agricultural lands of the community. The execution of concrete quality control tests has been planned, with the objective of guaranteeing the strength and durability of the constructed hydraulic structures. It includes training for the users of the irrigation system, allowing its efficient operation and sustained performance over time.

Keywords: Implementation, Construction, Irrigation, Water Collection.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	4
ABSTRACT.....	5
ÍNDICE.....	6
ÍNDICE DE TABLAS	14
ÍNDICE DE FIGURAS.....	20
CAPITULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	24
1.1. Antecedentes.....	24
1.2. Ubicación del Proyecto.....	25
1.2.1. Ubicación y Acceso.....	25
1.3. Problemática del proyecto	30
1.4. Causas y efectos.....	30
1.5. Objetivos del Proyecto.....	32
1.5.1. Objetivo General	32
1.5.2. Objetivos Específicos	32
1.6. Justificación del Proyecto	32
1.7. Metodología Aplicada.....	33
1.8. Resultados Esperados	34
CAPITULO II. SITUACIÓN ACTUAL	35
2.1. Condiciones socioeconómicas de la población.....	35
2.1.1. Población de Paucartambo	35
2.1.2. Población de Parpacalla.....	37

2.1.3. Actividades Económicas	38
2.1.4. Población Económicamente Activa (PEA)	38
2.1.5. Servicios	43
2.1.6. Uso del agua y necesidad del proyecto.....	43
2.2. Características del Centro Poblado de Parpacalla.....	44
2.2.1. Ubicación geográfica y altitud.....	44
2.2.2. Clima	44
2.2.3. Hidrografía	44
2.2.4. Suelo y geología	45
2.2.5. Infraestructura y conectividad	45
CAPITULO III. ESTUDIO DE TOPOGRÁFÍA	46
3.1. Generalidades.....	46
3.2. Levantamiento Topográfico.....	46
3.2.1. Reconocimiento de la zona del proyecto.....	47
3.2.2. Trabajo de Campo	48
3.2.2.1. Método de Poligonal Abierta.....	49
3.2.2.2. Método de Radiación	50
3.2.3. Trabajo de gabinete	52
CAPITULO IV. ESTUDIO DE SUELOS	54
4.1. Aspectos generales.....	54
4.2. Ubicación y área de estudio	54
4.3. Requisitos técnicos según el reglamento nacional de edificaciones.....	54
4.3.1. Información previa	55
4.4. Resultados de ensayos de laboratorio	59
4.4.1. Captación.....	59

4.4.2. Reservorio.....	80
4.4.3. Línea de Aducción.....	101
4.4.4. Línea de Conducción.....	110
CAPITULO V. ESTUDIO HIDROLÓGICO	120
5.1. Aspectos generales.....	120
5.2. Información básica.....	120
5.2.1. Información Hidrometeorológica	120
5.2.2. Fuente hídrica	120
5.2.3. Ubicación y demarcación de la unidad hidrográfica	121
5.3. Clasificación de la cuenca según Otto Pfafstetter.....	123
5.3.1. Clasificación del sistema Pfafstetter.....	123
5.3.2. Clasificación del sistema Pfafstetter a nivel continental	126
5.3.3. Clasificación Pfafstetter a nivel nacional para la zona del proyecto	127
5.3.4. Clasificación Pfafstetter a nivel regional para la zona del proyecto	131
5.4. Datos Hidrometeorológicos	136
5.4.1. Estaciones meteorológicas.....	137
5.4.2. Estación de referencia para la microcuenca de Llulluchayoc	137
5.5. Análisis y tratamiento de datos.....	138
5.5.1. Registros meteorológicos	138
5.5.1.1. Estación Sicuani	139
5.5.1.2. Estación Granja Kcayra	139
5.5.1.3. Estación Pisac	140
5.5.1.4. Estación Paucartambo.....	141
5.5.2. Procesos de estimación de datos faltantes	141
5.5.2.1. Registro completo – Estación Sicuani	143

5.5.2.2.	Registro completo – Estación Granja Kcayra.....	145
5.5.2.3.	Registro completo – Estación Pisac.....	147
5.5.2.4.	Registro completo – Estación Paucartambo	149
5.5.3.	Análisis de consistencia de datos – Método de doble masa	151
5.5.3.1.	Estación Sicuani	157
5.5.3.2.	Estación Granja Kcayra	157
5.5.3.3.	Estación Pisac	158
5.5.3.4.	Estación Paucartambo.....	159
5.5.4.	Regionalización de las precipitaciones.....	161
5.5.4.1.	Método de la relación inversa.....	161
5.5.4.2.	Regionalización de la precipitación de la microcuenca Llulluchayoc	162
5.5.4.3.	Ánálisis estadístico de la regionalización.....	165
5.5.4.4.	Prueba de ajuste Chi-Cuadrado	169
5.5.5.	Análisis de distribuciones para la predicción de precipitaciones	172
5.5.5.1.	Prueba de Kolmogórov-Smirnov y Ajuste de Distribuciones	172
5.5.5.2.	Predicción de precipitación para diferentes periodos de retorno.....	175
5.5.5.3.	Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF).....	180
5.5.5.4.	Generación de caudales máximos.....	184
5.5.6.	Modelo determinístico de Lutz-Schulz	188
5.5.6.1.	Generación de caudales mensuales para el año promedio.....	200
5.5.6.2.	Generación de caudales mensuales para periodos extendidos.....	202
5.5.7.	Datos Hidrométricos – Información Histórica	203
5.5.8.	Caudal Ecológico.....	204
5.5.9.	Balance Hídrico	205
5.5.9.1.	Oferta Hídrica	205

5.5.9.2. Demanda hídrica con proyecto	206
5.5.9.3. Balance hídrico	207
5.5.10. Caudal de diseño.....	208
CAPITULO VI. ESTUDIO AGROLOGICO	209
6.1. Aspectos generales.....	209
6.2. Descripción del área de estudio	209
6.2.1. Clima	209
6.2.1.1. Precipitación	210
6.2.1.2. Humedad relativa.....	211
6.2.1.3. Temperatura.....	212
6.2.2. Condiciones agroclimáticas.....	213
6.2.2.1. Evapotranspiración potencial	214
6.2.2.2. Evapotranspiración de referencia	214
6.2.3. Pendientes.....	218
6.3. Categorización de tierras según su aptitud para el uso más adecuado.....	218
6.3.1. Grupo de capacidad de uso mayor.....	219
6.3.2. Clase de capacidad de uso mayor.....	220
6.3.3. Subclase de capacidad de uso mayor.....	220
6.4. Aspectos agronómicos	222
6.4.1. Coeficiente de cultivo Kc	223
6.4.1.1. Etapa fenológica	223
6.4.1.2. Variedad.....	224
6.4.2. Coeficiente de cultivo Kc en Parpacalla.....	225
6.5. Calidad del agua.....	228
CAPITULO VII. DISEÑO AGRONOMICO	231

7.1. Elección del sistema de riego adecuado	231
7.1.1. Características del Cultivo.....	231
7.1.2. Propiedades del Suelo.....	231
7.1.3. Topografía del Terreno.....	232
7.1.4. Condiciones Climáticas	232
7.1.5. Disponibilidad y Calidad del Agua	232
7.1.6. Recursos Económicos y Disponibilidad de Mano de Obra	232
7.2. Capacidad del sistema de riego.....	234
7.2.1. Aprovechamiento del agua en el riego	235
7.2.2. Cédulas de cultivo y su aptitud para el riego.....	237
7.2.3. Evapotranspiración del cultivo.....	241
7.2.4. Requerimientos Hídricos	241
7.2.4.1. Lámina neta	242
7.2.4.2. Lámina bruta.....	246
7.2.4.3. Frecuencia de riego.....	247
7.2.4.4. Tiempo de operación diaria del sistema (T)	247
7.2.5. Cálculo de la capacidad de riego	247
7.2.6. Demanda de agua mensual	249
CAPITULO VIII. DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	251
8.1. Aspectos generales.....	251
8.2. Características de la quebrada Llulluchayoc	251
8.3. Obra de Captación	252
8.3.1. Bocatoma:.....	252
8.3.2. Componentes de la bocatoma	255
8.3.3. Diseño hidráulico.....	257

8.3.3.1.	Ancho de encausamiento (B).....	257
8.3.3.2.	Barraje fijo (Azud).....	260
8.3.3.3.	Sumidero de acero sobre vertedero	265
8.3.3.4.	Colchón disipador.....	270
8.3.4.	Desarenador.....	290
8.3.5.	Cámara de carga	297
8.4.	Reservorio	304
8.4.1.	Diseño hidráulico.....	304
8.4.1.1.	Criterios hidráulicos y volumen de diseño	305
8.4.1.2.	Geometría del reservorio	305
8.4.1.3.	Diseño constructivo y materiales.....	306
8.5.	Diseño hidráulico para el sistema de conducción y distribución.....	310
8.5.1.	Diseño hidráulico de la línea de conducción	310
8.5.1.1.	Criterios técnicos de diseño	310
8.5.1.2.	Características del diseño	311
8.5.2.	Diseño hidráulico de la red de distribución	313
8.5.2.1.	Definición del sistema de distribución	314
8.5.2.2.	Determinación de diámetros y longitud de tuberías	314
8.5.2.3.	Evaluación de presiones mínimas y máximas	314
8.5.3.	Selección del aspersor	334
CAPITULO IX. PRESUPUESTO DEL PROYECTO		336
9.1.	Aspectos generales.....	336
9.2.	Metrados	336
9.3.	Ánálisis de precios unitarios	342
9.3.1.	Incidencia de las leyes sobre la remuneración básica	342

9.4. Presupuesto de obra	404
9.5. Relación de insumos	413
9.6. Formula polinómica.....	418
9.7. Especificaciones técnicas.....	420
9.7.1. Normas Técnicas.	420
9.7.2. Métodos y unidades utilizadas.....	420
9.7.3. Validez de las Especificaciones Técnicas	421
9.7.4. Consultas	421
9.7.5. Coordinación	421
CAPITULO X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	501
10.1. CONCLUSIONES	501
10.2. RECOMENDACIONES	502
PANEL FOTOGRÁFICO.....	503
ANEXOS	509
REFERENCIAS.....	519

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ubicación Geográfica del Centro Poblado de Parpacalla.</i>	25
Tabla 2 <i>Vías de Acceso y Comunicación a la Zona del Proyecto.</i>	27
Tabla 3 <i>Población de Paucartambo por grupos de edad en la zona urbana y rural por genero.</i>	35
Tabla 4 <i>Población de Parpacalla por grupos de edad en la zona rural por genero.....</i>	37
Tabla 5 <i>Población Económicamente Activa PEA del centro poblado de Parpacalla</i>	40
Tabla 6 <i>PEA por sexo en Parpacalla.....</i>	41
Tabla 7 <i>Principales actividades ocupacionales.....</i>	41
Tabla 8 <i>Puntos de control de la Poligonal</i>	49
Tabla 9 <i>Clasificación de la edificación según el Programa de Exploración Mínimo.</i>	57
Tabla 10 <i>Puntos de exploración para el EMS</i>	58
Tabla 11 <i>Programa para el EMS del proyecto</i>	59
Tabla 12 <i>Análisis granulométrico - Captación.....</i>	62
Tabla 13 <i>Ensayo de límites de consistencia.....</i>	63
Tabla 14 <i>Porcentajes de suelo que pasa para clasificación SUCS - C-1</i>	65
Tabla 15 <i>Parámetros para evaluación de gradación de suelo - Captación</i>	66
Tabla 16 <i>Resultados del ensayo de corte directo - Captación.....</i>	68
Tabla 17 <i>Análisis granulométrico - Reservorio</i>	82
Tabla 18 <i>Ensayo de Limites de consistencia.....</i>	84
Tabla 19 <i>Porcentajes de suelo que pasa para clasificación SUCS - C-2</i>	86
Tabla 20 <i>Parámetros para evaluación de gradación de suelo – Captación</i>	87
Tabla 21 <i>Resultados del ensayo de corte directo – Reservorio</i>	89
Tabla 22 <i>Análisis granulométrico - línea de aducción</i>	103
Tabla 23 <i>Ensayo de límite de consistencia-línea de aducción</i>	106

Tabla 24 <i>Porcentajes de suelo que pasa para clasificación SUCS - C-3</i>	108
Tabla 25 <i>Parámetros para evaluación de gradación de suelo – Línea de aducción</i>	109
Tabla 26 <i>Ánálisis granulométrico - línea de conducción</i>	113
Tabla 27 <i>Ensayo de límites de consistencia - línea de conducción</i>	115
Tabla 28 <i>Porcentajes de suelo que pasa para clasificación SUCS - C-4</i>	117
Tabla 29 <i>Parámetros para evaluación de gradación de suelo – Línea de conducción</i>	118
Tabla 30 <i>Ubicación de la fuente del recurso hídrico</i>	122
Tabla 31 <i>Subdivisión en el sistema de codificación de cuencas según Pfafstetter</i>	124
Tabla 32 <i>Unidades Hidrográficas nivel 2 en el continente de América del Sur</i>	129
Tabla 33 <i>Unidades hidrográficas nivel 3 dentro de la cuenca del río Amazonas</i>	130
Tabla 34 <i>Unidades hidrográficas nivel 4 dentro de la cuenca del río Ucayali</i>	132
Tabla 35 <i>Unidades hidrográficas nivel 5 dentro de la cuenca del río Urubamba</i>	134
Tabla 36 <i>Unidades hidrográficas nivel 6 dentro de la cuenca del río Yavero</i>	134
Tabla 37 <i>Clasificación jerárquica de la quebrada Llulluchayoc según Pfafstetter</i>	136
Tabla 38 <i>Estaciones meteorológicas cercanas al proyecto</i>	137
Tabla 39 <i>Descripción del punto de captación - Llulluchayoc</i>	138
Tabla 40 <i>Registro de datos completos para la estación Sicuani</i>	144
Tabla 41 <i>Registro de datos completos para la estación Granja Kcayra</i>	146
Tabla 42 <i>Registro de datos completos para la estación Pisac</i>	148
Tabla 43 <i>Registro de datos completos para la estación Paucartambo</i>	150
Tabla 44 <i>Registro de datos pluviométricos para las estaciones de referencia</i>	152
Tabla 45 <i>Datos acumulados y promedio de estaciones para Doble masa</i>	155
Tabla 46 <i>Coordenadas UTM de las estaciones de referencia y punto de interés</i>	163

Tabla 47 <i>Distancias y factores de ponderación para la estimación de precipitaciones en la quebrada Llulluchayoc</i>	163
Tabla 48 <i>Registro de precipitaciones obtenidas a partir de la regionalización.....</i>	164
Tabla 49 <i>Datos ordenados para el análisis estadístico</i>	165
Tabla 50 <i>Parámetros estadísticos para la microcuenca Llulluchayoc.....</i>	167
Tabla 51 <i>Tabla de frecuencias inicial.....</i>	168
Tabla 52 <i>Tabla de frecuencias final.....</i>	168
Tabla 53 <i>Parámetros estadísticos finales</i>	169
Tabla 54 <i>Frecuencias Esperada y Observada para la prueba de ajuste Chi – Cuadrado.....</i>	169
Tabla 55 <i>Ajuste de Distribuciones para la prueba de Kolmogórov-Smirnov.....</i>	174
Tabla 56 <i>Distribución Normal - Precipitación para distintos períodos de retorno.</i>	176
Tabla 57 <i>Distribución Gumbel - Precipitación para distintos períodos de retorno.....</i>	178
Tabla 58 <i>Precipitación máxima estimada (mm) para distintos períodos de retorno según las distribuciones Normal y Gumbel</i>	179
Tabla 59 <i>Precipitación máxima de duración - Microcuenca Llulluchayoc</i>	182
Tabla 60 <i>Intensidad máxima de la precipitación - Microcuenca Llulluchayoc</i>	183
Tabla 61 <i>Coeficientes de escorrentía - Método racional.....</i>	186
Tabla 62 <i>Parámetros Geomorfológicos.....</i>	186
Tabla 63 <i>Caudales Máximos Microcuenca - Llulluchayoc</i>	188
Tabla 64 <i>Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva.....</i>	194
Tabla 65 <i>Coeficientes de agotamiento</i>	196
Tabla 66 <i>Porcentaje de almacenamiento hídrico</i>	198
Tabla 67 <i>Generación de la precipitación mensual</i>	200

Tabla 68 <i>Contribución de la retención</i>	201
Tabla 69 <i>Caudales mensuales para el año promedio</i>	201
Tabla 70 <i>Caudales para periodos extendidos.....</i>	202
Tabla 71 <i>Registro de caudales equivalentes a aforos cuenca Llulluchayoc</i>	204
Tabla 72 <i>Caudales disponibles</i>	205
Tabla 73 <i>Oferta Hídrica de la cuenca Llulluchayoc</i>	206
Tabla 74 <i>Demanda hídrica del proyecto</i>	207
Tabla 75 <i>Balance Hídrico del sistema de riego</i>	207
Tabla 76 <i>Caudal de diseño</i>	208
Tabla 77 <i>Registro de precipitaciones promedio mensual -Estación Inferida.....</i>	210
Tabla 78 <i>Registro de humedad de la estacion de referencia (Paucartambo) para el area de estudio</i>	212
Tabla 79 <i>Registro de temperaturas de estaciones de referencia y estación inferida - Parpacalla</i>	213
Tabla 80 <i>Factor mensual de latitud de Hargreaves</i>	216
Tabla 81 <i>Valores de MF para la latitud correspondiente al centro poblado de Parpacalla</i>	216
Tabla 82 <i>Evapotranspiración referencial mensual - Metodo de Hargreaves</i>	217
Tabla 83 <i>Clases de pendiente</i>	218
Tabla 84 <i>Coeficientes de cultivo (Kc) para productos agrícolas en Parpacalla</i>	227
Tabla 85 <i>Comparación de métodos de riego y sus características</i>	233
Tabla 86 <i>Cédula de cultivo antes y después del proyecto</i>	239
Tabla 87 <i>Kc Ponderado Mensual de los Cultivos en Parpacalla</i>	240
Tabla 88 <i>Evapotranspiración del Cultivo Calculada a partir del Kc Ponderado.....</i>	241

Tabla 89 <i>Valores de la Capacidad de campo con respecto a la textura del suelo</i>	243
Tabla 90 <i>Valores del punto de marchitez con respecto a la textura del suelo</i>	244
Tabla 91 <i>Profundidades efectivas de raíces por cultivo</i>	245
Tabla 92 <i>Porcentaje de aprovechamiento del agua disponible para diferentes cultivos</i>	246
Tabla 93 <i>Capacidad del sistema</i>	248
Tabla 94 <i>Distribución mensual de la demanda de agua del sistema de riego</i>	250
Tabla 95 <i>Características de la quebrada Llulluchayoc.....</i>	252
Tabla 96 <i>Factores de fondo para Blench.....</i>	258
Tabla 97 <i>Factores de orilla para Blench.....</i>	258
Tabla 98 <i>Parámetros característicos para Altunin</i>	259
Tabla 99 <i>Ancho de Encausamiento.....</i>	259
Tabla 100 <i>Perfil del barraje vertedero</i>	261
Tabla 101 <i>Parámetros hidráulicos para el diseño del vertedero tipo Creager.....</i>	262
Tabla 102 <i>Coeficientes k y n - vertedor tipo creager.....</i>	263
Tabla 103 <i>Relación X y para la gráfica del perfil de Creager</i>	264
Tabla 104 <i>Cálculo del coeficiente de la rejilla</i>	266
Tabla 105 <i>Parámetros determinados para el diseño de rejilla</i>	269
Tabla 106 <i>Calculo hidráulico de la estructura de disipación</i>	271
Tabla 107 <i>Dimensiones del desarenador</i>	292
Tabla 108 <i>Dimensiones y parámetros hidráulicos de la cámara de carga</i>	299
Tabla 109 <i>Características técnicas del reservorio</i>	308
Tabla 110 <i>Parámetros de diseño hidráulico - Línea de conducción</i>	310
Tabla 111 <i>Diseño del tramo Captación - Cámara rompe presión 1</i>	311

Tabla 112 <i>Diseño del tramo Cámara rompe presión 1- Reservorio</i>	312
Tabla 113 <i>Diseño línea de conducción</i>	312
Tabla 114 <i>Parámetros del aspersor seleccionado VYR-60</i>	335
Tabla 115 <i>Metrados del proyecto</i>	336
Tabla 116 <i>Jornal diario de Hora Hombre</i>	343

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación Nacional, Departamental, Provincial y Local del Proyecto.</i>	26
Figura 2 <i>Mapa vial de acceso al proyecto.</i>	29
Figura 3 <i>Árbol de problemas, causas y efectos.</i>	31
Figura 4 <i>Población urbana por sexo</i>	36
Figura 5 <i>Población rural por sexo</i>	36
Figura 6 <i>Población rural por sexo en Parpacalla</i>	37
Figura 7 <i>PEA por sexo - Parpacalla.....</i>	41
Figura 8 <i>Actividades principales de la población en Parpacalla.....</i>	42
Figura 9 <i>Coordinación de actividades</i>	47
Figura 10 <i>Centro poblado de Parpacalla.</i>	48
Figura 11 <i>Trabajos realizados en campo.....</i>	50
Figura 12 <i>Representación de los puntos topográficos recolectados</i>	52
Figura 13 <i>Representación de los puntos topográficos sobre la zona del proyecto realizado en Civil 3D.....</i>	53
Figura 14 <i>Plano topográfico con curvas de nivel del centro poblado de Parpacalla</i>	55
Figura 15 <i>Curva granulométrica – Zona captación</i>	60
Figura 16 <i>Distribución granulométrica - Calicata C-1.....</i>	60
Figura 17 <i>Curva de flujo - determinación del límite líquido – C-1</i>	64
Figura 18 <i>Envolvente de Mohr-Coulomb para el ensayo de corte directo - captación.....</i>	69
Figura 19 <i>Correlación de NAVFAC -captación.....</i>	71
Figura 20 <i>Curva granulométrica - Zona reservorio</i>	80
Figura 21 <i>Distribución granulométrica - Calicata C-2.....</i>	81
Figura 22 <i>Curva de flujo - determinación del límite líquido – C-2</i>	85

Figura 23 <i>Envolvente de Mohr-Coulomb para el ensayo de corte directo-reservorio</i>	90
Figura 24 Correlación de NAVFAC -reservorio	92
Figura 25 <i>Curva granulométrica - Línea de aducción</i>	101
Figura 26 <i>Distribución granulométrica - Calicata C-3</i>	102
Figura 27 <i>Curva de flujo - determinación del límite líquido – C-3</i>	107
Figura 28 <i>Curva granulométrica - Línea de conducción.....</i>	111
Figura 29 <i>Distribución granulométrica - Calicata C-4.....</i>	112
Figura 30 <i>Curva de flujo - determinación del límite líquido – C-4</i>	116
Figura 31 <i>Mapa topográfico de la microcuenca de Llulluchayoc</i>	121
Figura 32 <i>Codificación de cuencas según Pfafstetter.....</i>	125
Figura 33 <i>Clasificación Pfafstetter a nivel continental (América del Sur).....</i>	126
Figura 34 <i>Cuencas Hidrográficas que abarcan territorio peruano.</i>	127
Figura 35 <i>Clasificación de nivel 2 y 3 en el continente sudamericano</i>	128
Figura 36 <i>Clasificación de la cuenca del río Amazonas nivel 3 y 4</i>	130
Figura 37 <i>Clasificación de la cuenca del río Ucayali nivel 4.....</i>	131
Figura 38 <i>Unidades hidrográficas de la cuenca del río Urubamba</i>	133
Figura 39 <i>Clasificación de la cuenca Llulluchayoc según Pfafstetter.....</i>	135
Figura 40 <i>Histograma de precipitaciones totales anuales - Estación Sicuani</i>	139
Figura 41 <i>Histograma de precipitaciones totales anuales - Estación Granja Kcayra</i>	140
Figura 42 <i>Histograma de precipitaciones totales anuales - Estación Pisac</i>	140
Figura 43 <i>Histograma de precipitaciones totales anuales - Estación Paucartambo</i>	141
Figura 44 <i>Histograma de precipitación de datos completos - Estación Sicuani</i>	145
Figura 45 <i>Histograma de precipitación de datos completos - Estación Granja Kcayra.....</i>	147

Figura 46 <i>Histograma de precipitación de datos completos - Estación Pisac</i>	149
Figura 47 <i>Histograma de precipitación de datos completos - Estación Paucartambo</i>	151
Figura 48 <i>Curva de doble masa - Sicuani.....</i>	157
Figura 49 <i>Curva de doble masa - Granja Kcayra</i>	158
Figura 50 <i>Curva de doble masa - Pisac</i>	159
Figura 51 <i>Curva de doble masa - Paucartambo</i>	160
Figura 52 <i>Proceso para la Regionalización de datos en la microcuenca de Llulluchayoc.....</i>	162
Figura 53 <i>Precipitación máxima según el periodo de retorno para la microcuenca de Llulluchayoc-Normal</i>	177
Figura 54 <i>Precipitación máxima según el periodo de retorno para la microcuenca de Llulluchayoc-Gumbel.....</i>	179
Figura 55 <i>Curva Intensidad - Frecuencia - Duración Microcuenca Llulluchayoc</i>	184
Figura 56 <i>Microcuenca de Llulluchayoc</i>	187
Figura 57 <i>Precipitaciones promedio mensuales</i>	211
Figura 58 <i>Temperatura promedio por estaciones.....</i>	213
Figura 59 <i>Evapotranspiración referencial - Parpacalla</i>	217
Figura 60 <i>Curva del coeficiente de cultivo</i>	224
Figura 61 <i>Toma de muestras de agua para su análisis</i>	228
Figura 63 <i>Perfil de la cresta del barraje según el método de Creager</i>	264
Figura 64 <i>Abertura entre barras adyacentes y ejes de barra para diseño de rejilla.....</i>	266
Figura 65 <i>Parámetros de diseño hidráulico de la rejilla.....</i>	267
Figura 66 <i>Coeficiente de descarga u para barras rectas y ovaladas</i>	268
Figura 67 <i>Representación gráfica de la distribución de acero del muro</i>	277

Figura 68 <i>Representación gráfica de la distribución de acero en perfil y planta del muro de encauzamiento.....</i>	283
Figura 69 <i>Representación gráfica de la distribución de acero de aletas del muro de encauzamiento.....</i>	285
Figura 70 <i>Diseño hidráulico del desarenador.....</i>	293
Figura 71 <i>Diseño hidráulico del desarenador</i>	300
Figura 72 <i>Aspersor agrícola seleccionado</i>	335
Figura 73 <i>Remuneraciones vigentes en construcción civil.</i>	343
Figura 74 <i>Interfaz del programa DELPHIN Express BIM 360</i>	404
Figura 75 Interfaz del programa DELPHIN Express BIM 360-Lista de Insumos	413
Figura 76 <i>Interfaz del programa DELPHIN Express BIM 360-Fórmula polinómica.....</i>	418

CAPITULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Antecedentes

La concepción del proyecto de riego “Implementación del Sistema de Riego el Centro Poblado de Parpacalla del Distrito y Provincia de Paucartambo, Región Cusco – Año 2024. Consta de la construcción de obras hidráulicas tales como la captación, reservorio, desarenador, cámara de carga y la conducción del agua para riego mediante tuberías hacia un sistema de riego distribuido en 3 sectores.

El bloque hidráulico en su conjunto esta caracterizado de acuerdo al área, tipo de suelo y población con que cuenta el sector de Parpacalla, a continuación, se describe el trabajo realizado de las estructuras componentes del sistema de riego.

- Bocatoma: comprende la construcción de un sistema de captación tipo tirolesa en el cauce de la quebrada Llulluchayoc, dicha obra se diseñó para la captación de un caudal $Q=15\text{ltr/seg}$. El agua captada es conducida hacia la cámara de captación hacia la derecha regulada por una compuerta.
- Desarenador: a continuación, se presenta el desarenador el cual se considera una transición para la entrega de agua hacia la cámara de carga el cual realiza la entrega del agua captada a la tubería de sección circular que conduce las aguas captadas hacia el reservorio.
- Reservorio: estructura diseñada como reservorio abierto de sección trapezoidal con almacenamiento de 415m^3 de agua para el riego por turnos de los beneficiarios.

A partir del punto de reservorio comienza las secciones divididas en tres de las parcelas beneficiarias las cuales son catalogadas como Sector Parpacalla1, 2 y 3.

1.2. Ubicación del Proyecto

1.2.1. *Ubicación y Acceso*

El área de trabajo se encuentra en la región Cusco, situada en la parte oriental de la sierra, ocupando el lado occidental de la cordillera oriental de los andes, cuyas aguas desembocan en la gran cuenca atlántica. El proyecto está ubicado en la comunidad de Parpacalla, en el distrito y provincia de Paucartambo en la región del Cusco.

I. Ubicación Política

- Departamento: Cusco
- Provincia : Paucartambo
- Distrito : Paucartambo
- Comunidad : Parpacalla

II. Ubicación Geográfica:

El centro poblado de Parpacalla está ubicado en las coordenadas 19L a 218487.87mE y 8529767.21mS y una elevación de 3100 m.s.n.m., ubicado a 4km del distrito de Paucartambo. Siendo el acceso hacia el centro poblado una trocha carrozable la cual conduce y une los distritos de Paucartambo y Challabamba.

Tabla 1

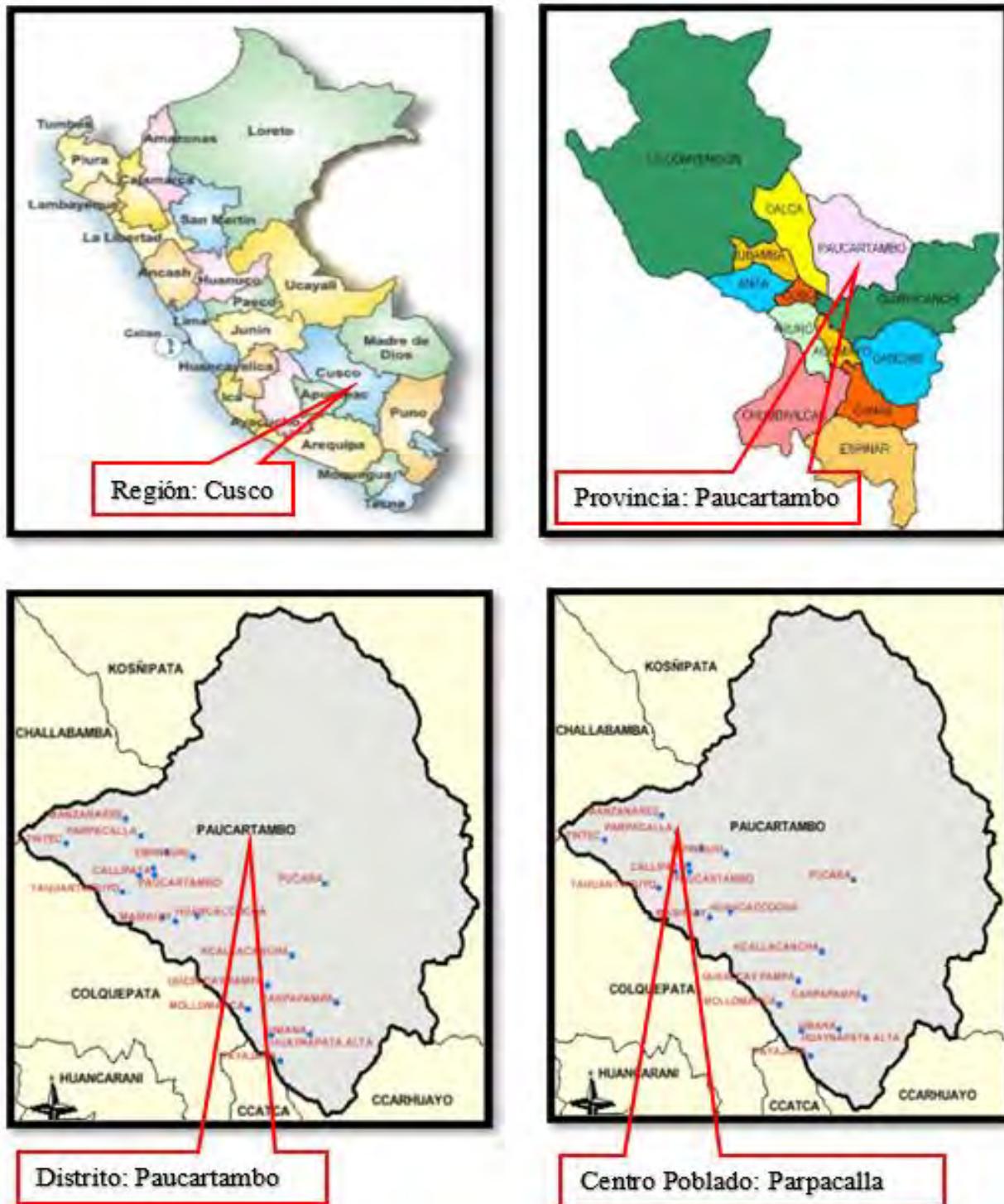
Ubicación Geográfica del Centro Poblado de Parpacalla.

Coordenadas UTM	
Coordenada Este	218487.87 E
Coordenada Norte	8529767.21 S
Altitud del Centro Poblado de Parpacalla	3100 m.s.n.m.
Altitud a Nivel Distrital	3010-3252m.s.n.m.

Nota. Elaborado en base a los datos obtenidos en Google Earth.

Figura 1

Ubicación Nacional, Departamental, Provincial y Local del Proyecto.



Nota. Adaptado de Mapas Viales por Departamentos, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, MTC (<https://portal.mtc.gob.pe/transportes/.html>).

III. Ubicación Hidrográfica:

Cuenca Hidrográfica: Cuenca Urubamba

IV. Vías de Acceso:

En los últimos años, el sistema vial de la provincia de Paucartambo ha mejorado gradualmente debido a la intervención de la municipalidad provincial de Paucartambo, un importante trabajo que ha desarrollado dicho municipio es la apertura de nuevas vías hacia los centros poblados y comunidades del distrito de Paucartambo. Las vías mencionadas actualmente no se encuentran asfaltadas, las cuales se encuentran únicamente a nivel de afirmado. La temporada de lluvia representan una problemática entre los meses de diciembre a marzo, lo cual genera la incomodidad de la población local.

El acceso desde la ciudad del Cusco hasta la capital de la provincia de Paucartambo se encuentra asfaltada, la cual une estas dos provincias muy importantes en la región del Cusco, siendo el promedio de tiempo de llegada al distrito de Paucartambo de 3 horas y al centro poblado de Parpacalla un tiempo aproximado de 20 min.

Tabla 2

Vías de Acceso y Comunicación a la Zona del Proyecto.

TRAMO	ESTADO	TIEMPO	MEDIO DE TRANSPORTE
Cusco - Huancarani	Asfaltada	2 horas	Bus, Autos colectivos
Huancarani- Paucartambo	Asfaltada	1 hora	Bus, Autos colectivos
	Trocha		Motocicleta, Combis, Traslado
Paucartambo - Parpacalla	Carrozable	20 min.	Peatonal
Parpacalla- Zona del Trocha			Motocicleta, Combis, Traslado
Proyecto	Carrozable	20 min.	Peatonal

Nota. Elaboración Propia.

- **Red vial de conexión principal.**

El acceso desde la ciudad del Cusco se realiza mayormente por la Red Vial Nacional (SINAC), utilizando la Ruta PE-3S (Longitudinal de la Sierra Sur) y su continuidad hacia el corredor Cusco–Paucartambo; a partir de Paucartambo, el acercamiento final a Parpacalla se hace por red vial departamental/local. Los mapas viales oficiales del MTC confirman la traza y jerarquía de estas rutas, así como la superficie de rodadura predominante (asfalto en la troncal y afirmado en varios ramales departamentales).

- **Condición y mejoras recientes.**

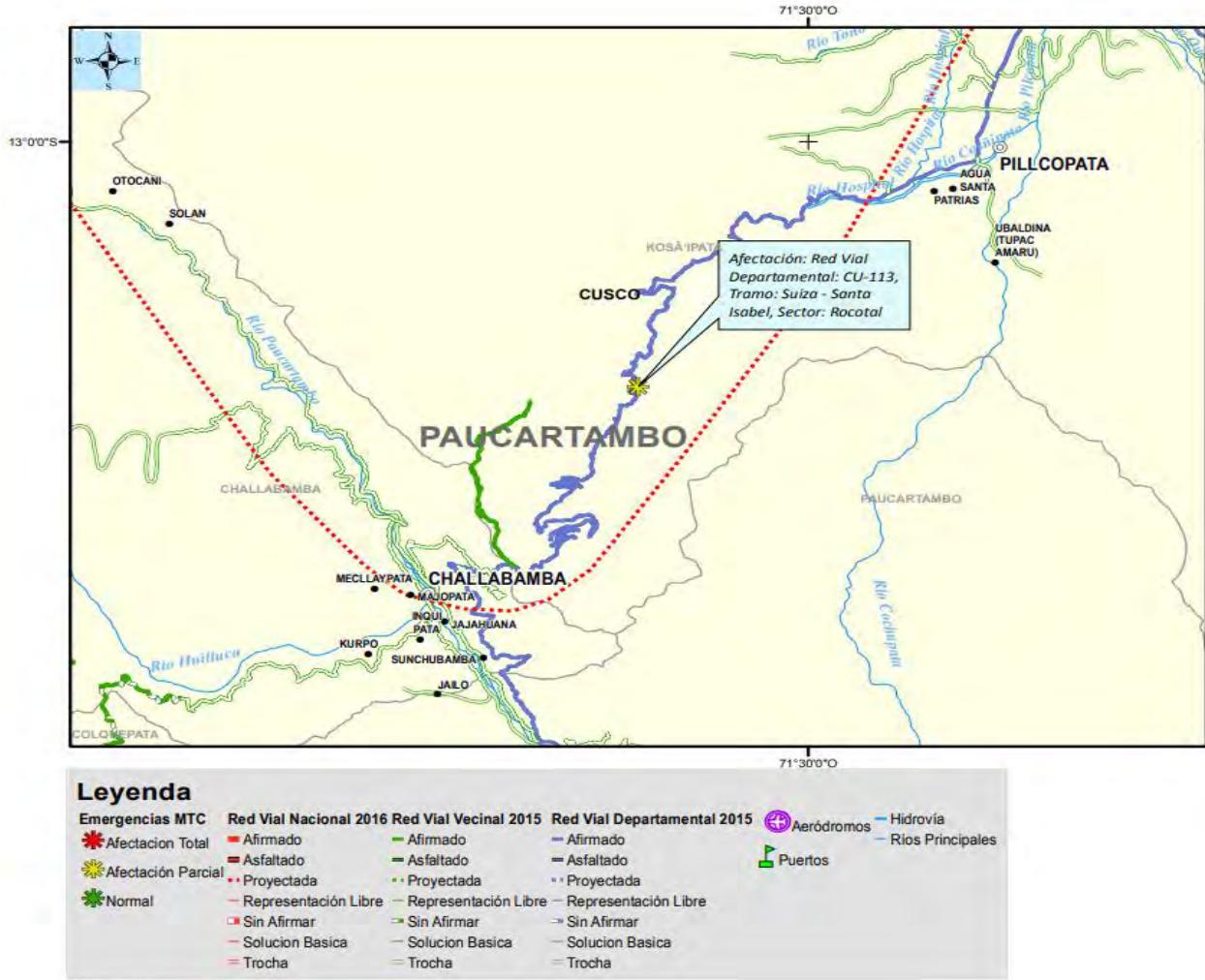
La transitabilidad en el corredor Cusco–Paucartambo–Abra Acjanacu viene fortaleciéndose con obras de mejoramiento y asfaltado promovidas por el Gobierno Regional de Cusco y Provías, que priorizan la continuidad, seguridad y capacidad del tramo, reduciendo tiempos de viaje y costos de operación vehicular. Entre 2024–2025 se reportan avances en el asfaltado Paucartambo–Abra Acjanacu y la renovación del puente Huambutio, infraestructura clave de la ruta de salida desde Cusco hacia Paucartambo. Estas intervenciones favorecen la logística de transporte de personal, insumos y equipos hacia los centros poblados de la zona.

- **Estacionalidad y riesgos.**

Entre noviembre y marzo (época de lluvias), pueden presentarse restricciones puntuales por huaicos, deslizamientos o crecidas de quebradas, particularmente en los segmentos no asfaltados. La consulta previa al visor de Provías Nacional y a reportes regionales permite anticipar cierres temporales, pasos en un solo carril o desvíos. Para desplazamientos con carga, se sugiere vehículo 4x4 y verificación de puentes y badenes críticos antes de programar convoyes.

Figura 2

Mapa vial de acceso al proyecto.



- **Logística para la obra.**

La cadena de suministro puede organizarse con base en Cusco (disponibilidad de materiales, equipos y talleres), con Paucartambo como punto intermedio para acopio menor y coordinación comunitaria. El acceso demostrado por la PE-3S y la red departamental, sumado a las mejoras viales en ejecución, hacen viable el ingreso periódico de maquinaria ligera y mediana, así como el transporte escalonado de materiales (cemento, tuberías, acero), optimizando ventanas de operación en época seca y manteniendo planes de contingencia en lluvias.

1.3. Problemática del proyecto

- Baja productividad agrícola en Parpacalla debido a limitaciones en el acceso al recurso hídrico.
- Ausencia de un sistema de riego tecnificado, lo que obliga a depender de riego por secano o riego tradicional poco eficiente.
- Falta de planificación hídrica, pues no se cuenta con cálculos de demanda de agua para asegurar sostenibilidad.
- Carencia de presupuesto y cronograma estructurado, lo que dificulta la gestión eficiente de recursos y actividades.

1.4. Causas y efectos

Problema central: *Baja productividad agrícola en Parpacalla.*

Causas principales

Hidráulicas y de agua

- Escasa infraestructura de riego.
- Ineficiencia en el uso del agua (pérdidas por infiltración y evaporación).
- Ausencia de cálculo de demanda hídrica.

Técnicas y de diseño

- No existe sistema tecnificado de riego.
- Falta de estudios hidráulicos y planificación técnica.

Económicas y de gestión

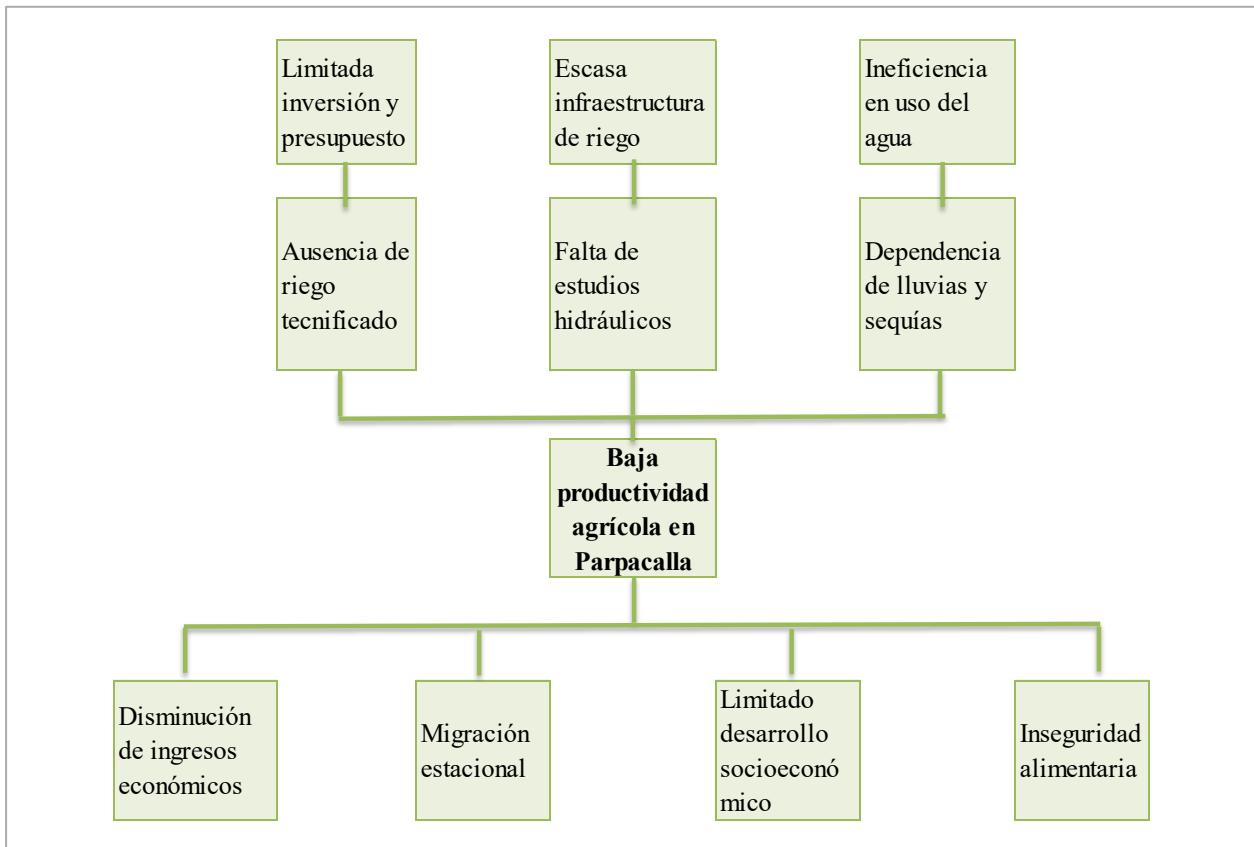
- Limitada inversión en infraestructura agrícola.
- Falta de presupuesto y programación de actividades claras.

Sociales y ambientales

- Dependencia del riego por lluvias (estacionalidad).
- Variabilidad climática y sequías recurrentes.
- Efectos principales
- Baja productividad agrícola.
- Disminución de ingresos económicos de las familias.
- Migración estacional de pobladores por falta de oportunidades.
- Limitado desarrollo socioeconómico del centro poblado.
- Deterioro de la seguridad alimentaria local.

Figura 3

Árbol de problemas, causas y efectos.



Nota. Elaboración propia.

1.5.Objetivos del Proyecto

1.5.1. Objetivo General

- Mejorar e incrementar la productividad agrícola y las condiciones económicas en el centro poblado de Parpacalla del distrito y provincia de Paucartambo de la región Cusco.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de riego tecnificado para el centro poblado de Parpacalla del distrito y provincia de Paucartambo de la región Cusco.
- Calcular la demanda de agua para el proyecto del sistema de riego del centro poblado de Parpacalla del distrito y provincia de Paucartambo de la región Cusco.
- Realizar el cálculo hidráulico para el proyecto del sistema de riego del centro poblado de Parpacalla del distrito y provincia de Paucartambo de la región Cusco.
- Elaborar el presupuesto y programación de actividades para el proyecto del sistema de riego del centro poblado de Parpacalla del distrito y provincia de Paucartambo, región Cusco.

1.6. Justificación del Proyecto

El presente proyecto se justifica por la necesidad de mejorar el sistema de riego del centro poblado de Parpacalla, con el objetivo de incrementar la producción agrícola en la zona. La población beneficiaria se ocupa principalmente al cultivo de productos como papa, maíz haba, cebada y avena. Estos productos no solo abastecen a las principales ciudades de Cusco, sino que también representa una fuente clave de ingresos para los pobladores de este centro poblado.

La optimización del sistema de riego permitirá aumentar la productividad de los cultivos, lo que no solo mejorará la economía local, sino que también contribuirá a mejorar la calidad de

vida de los habitantes del centro poblado de Parpacalla. Este proyecto, por lo tanto, responde a la necesidad de impulsar el desarrollo agrícola en la región del Cusco.

1.7. Metodología Aplicada

Para la elaboración del presente proyecto de riego en el centro poblado de Parpacalla, perteneciente al distrito y la provincia de Paucartambo, se siguió una metodología estructurada que permitió desarrollar un diseño eficiente y técnicamente viable, para esto se procedió con los siguientes puntos que describen de manera general la metodología empleada.

- **Recolección de la Información:** se recopilo información relevante para el diseño del sistema de riego, incluyendo datos climatológicos, hidrológicos y edáficos de la zona. Además, se revisaron normativas vigentes y lineamientos técnicos aplicables a proyectos de infraestructura hidráulica en el sector agrícola.
- **Levantamiento Topográfico:** se llevó a cabo el levantamiento topográfico detallado de la zona de intervención, en donde se determinó cotas, pendientes y posibles rutas de conducción del agua. Este estudio permitió definir el trazo óptimo para la infraestructura de riego, garantizando una distribución eficiente del recurso de agua.
- **Diseño del sistema de riego:** con base en los estudios realizados, se procedió a un diseño técnico del sistema de riego, considerando:
 - ✓ Captación y conducción de agua desde la fuente de abastecimiento
 - ✓ Selección del tipo de canalización (entubado o abierto) en función del terreno y eficiencia hidráulica.
 - ✓ Diseño de reservorio para el almacenamiento y regulación del uso del agua.
 - ✓ Calculo hidráulico de caudales, presiones y perdidas de carga, optimizando la distribución del recurso del agua.

- **Proyecto final:** finalmente, se integraron todos los estudios en un proyecto final el cual incluye planos, memorias de cálculo, especificaciones técnicas, presupuesto detallado y cronograma de ejecución de actividades.

1.8. Resultados Esperados

La implementación del proyecto de riego permitirá alcanzar los siguientes resultados:

- Incremento de la productividad agrícola: al contar con un sistema de riego tecnificado, se espera optimizar el uso del agua y mejorar el rendimiento de los cultivos, asegurando una producción más estable y eficiente.
- Diseño de un sistema de riego tecnificado: obtener un diseño detallado que optimice la captación, conducción y distribución del agua, asegurando su adecuada implementación en el centro poblado de Parpacalla.
- Determinación de la demanda hídrica: se espera determinar la cantidad necesaria de agua para cubrir las necesidades de riego de los cultivos de la zona, permitiendo una gestión eficiente del recurso.
- Calculo hidráulico optimizado: garantizar que las características de la estructura hidráulica sean adecuadas para el caudal de diseño, que reduzca perdidas y maximice la eficiencia del sistema de riego.
- Presupuesto detallado y planificación de las actividades: disponer de un presupuesto estructurado y un cronograma de ejecución eficiente, facilitando la gestión y toma de decisiones para la implementación del proyecto

CAPITULO II. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Condiciones socioeconómicas de la población

2.1.1. Población de Paucartambo

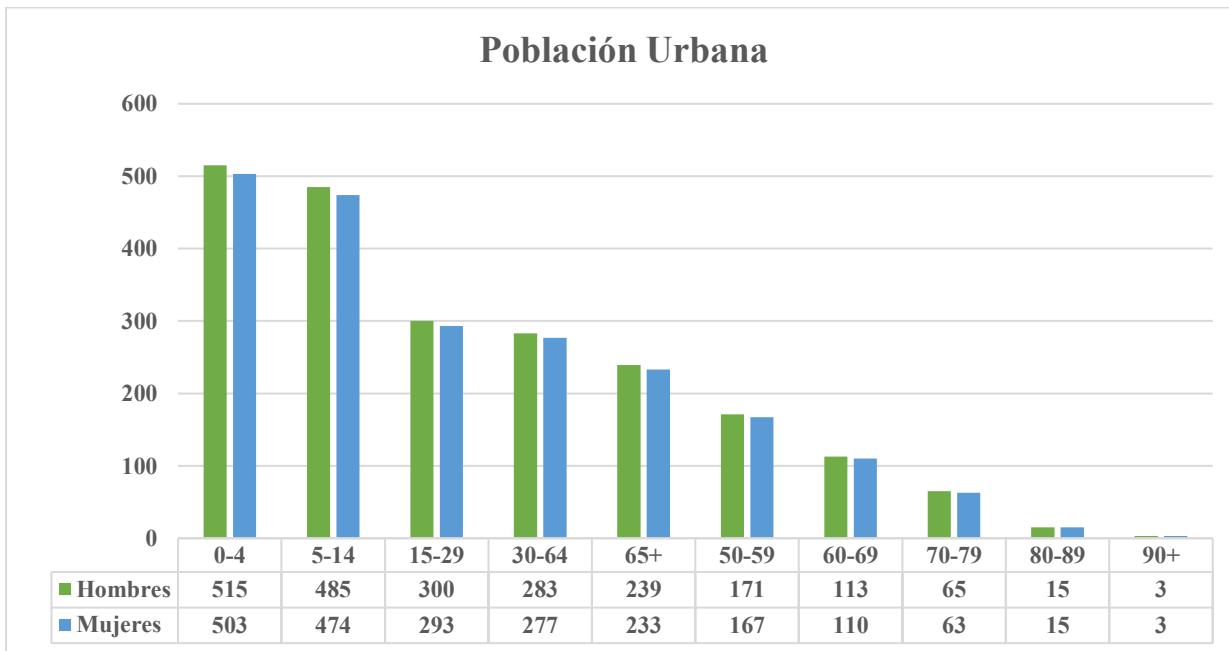
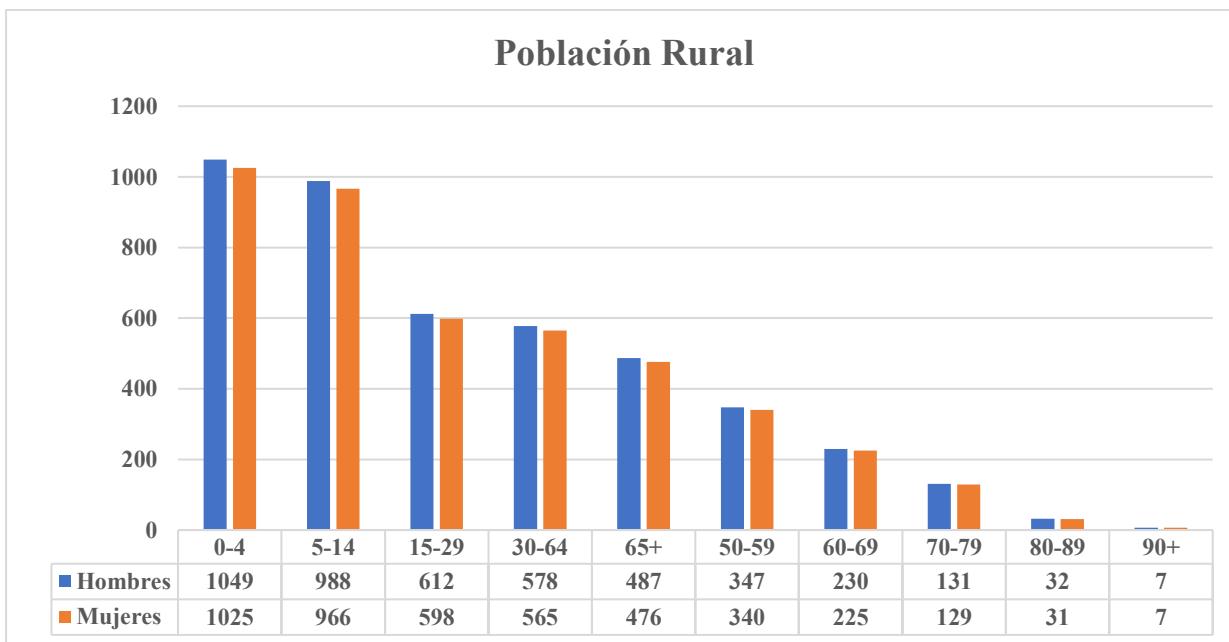
Paucartambo, capital de la provincia homónima en Cusco, es un distrito predominantemente rural, de economía agropecuaria y con fuerte identidad cultural andina. Según el Censo 2017, concentra **13,151 habitantes**, con ligera mayoría masculina, y una estructura etaria joven (casi la mitad menor de 20 años). La población se distribuye mayormente en zonas rurales, mientras que la cabecera distrital reúne la fracción urbana significativa. Estas características demográficas condicionan la demanda de servicios, infraestructura y políticas sociales focalizadas.

Tabla 3

Población de Paucartambo por grupos de edad en la zona urbana y rural por género

Dpto. Prov. Distr.	Total	Porcentaje	Población		Total	Urbana		Total	Rural	Total	
Edades			Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres	
Paucartambo	13150	100%	6650	6500	13150	2189	2138	4327	4461	4362	8823
0-9	3092	23.51	1564	1528	3092	515	503	1018	1049	1025	2074
10-19	2913	22.15	1473	1440	2913	485	474	959	988	966	1954
20-29	1803	13.71	912	891	1803	300	293	593	612	598	1210
30-39	1703	12.95	861	842	1703	283	277	560	578	565	1143
40-49	1435	10.91	726	709	1435	239	233	472	487	476	963
50-59	1025	7.79	518	507	1025	171	167	338	347	340	687
60-69	678	5.16	343	335	678	113	110	223	230	225	455
70-79	388	2.95	196	192	388	65	63	128	131	129	260
80-89	93	0.71	47	46	93	15	15	30	32	31	63
90+	20	0.15	10	10	20	3	3	6	7	7	14

Nota. Elaborado en base a los datos del INEI 2017.

Figura 4*Población urbana por sexo***Figura 5***Población rural por sexo*

2.1.2. Población de Parpacalla

Parpacalla es un centro poblado identificado dentro del distrito de Paucartambo, en la región Cusco. Se trata de una comunidad campesina predominantemente quechua hablante, con un perfil demográfico pequeño pero característico de las poblaciones rurales andinas. Según el Banco de Información Digital del Ministerio de Cultura (BDPI), basado en registros del INEI, en el Censo 2017 Parpacalla tenía 195 habitantes en total, distribuidos casi por igual entre hombres (97) y mujeres (98) (CityPopulation, 2017)

Tabla 4

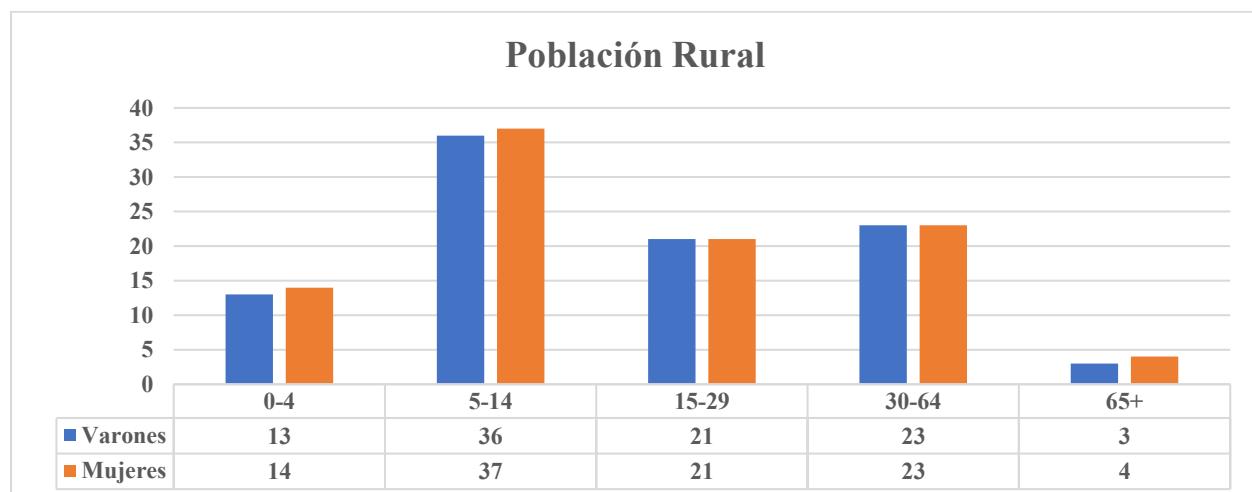
Población de Parpacalla por grupos de edad en la zona rural por género

Dpto.	Prov.	Total	Porcentaje	Población	Total	Urbana	Total	Rural	Total	
Edades				Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	
Paucartambo		195	100%	96	99	195	0	96	99	195
0-4		27	13.85	13	14	27	0	0	13	14
5-14		73	37.44	36	37	73	0	0	36	37
15-29		42	21.54	21	21	42	0	0	21	21
30-64		46	23.59	23	23	46	0	0	23	23
65+		7	3.59	3	4	7	0	0	3	4

Nota. Elaborado en base a los datos del INEI 2017.

Figura 6

Población rural por sexo en Parpacalla



2.1.3. Actividades Económicas

La economía local se basa en la agricultura y la ganadería, siendo los principales cultivos el maíz, la papa, quinua y hortalizas, destinados tanto para el autoconsumo como para la venta en mercados regionales. Según el ministerio de desarrollo agrario y riego (MIDAGRI, 2022), la productividad de estos cultivos se ve afectada por la estacionalidad de las lluvias, ya que la mayor parte de la producción depende del riego por precipitación, lo que genera una marcada fluctuación en los rendimientos agrícolas.

La ganadería, especialmente la crianza de ovinos y bovinos, también representa una fuente de ingresos para la población. Sin embargo, la falta de infraestructura hidráulica adecuada limita la capacidad de expansión de estas actividades, afectando el desarrollo económico de la comunidad (MIDAGRI, 2022)

2.1.4. Población Económicamente Activa (PEA)

La Población Económicamente Activa (PEA) se define como el conjunto de personas que, dentro de una población, se encuentran en edad de trabajar y participan en actividades productivas, ya sea mediante un empleo remunerado o mediante actividades independientes. Para estimar la PEA en el Centro Poblado de Parpacalla, ubicado en la provincia de Paucartambo, se parte de la población total de 195 habitantes.

De acuerdo con la clasificación del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la PEA suele abarcar a las personas entre los **15 y 64 años**, rango etario en el cual se concentra la mayor parte de la fuerza laboral. En localidades rurales similares, la proporción de la PEA representa aproximadamente entre **55% y 60%** de la población total.

Aplicando dicho rango de referencia, se obtiene lo siguiente para Parpacalla:

$$\text{PEA estimada} = 195 \times 0.55 \text{ a } 195 \times 0.60$$

PEA estimada≈107 a 117 personas

Por lo tanto, se estima que la PEA de Parpacalla fluctúa entre **107 y 117 habitantes**, lo cual representa más de la mitad de su población. Este grupo es clave para analizar la disponibilidad de mano de obra en actividades agrícolas, pecuarias y de servicios que constituyen la base económica de la comunidad.

De acuerdo con el **Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (Censos Nacionales 2017 y ENAHO 2023)**, la provincia de Paucartambo presenta una estructura demográfica rural, con fuerte dependencia de la agricultura familiar. Este contexto se refleja en Parpacalla, donde la implementación de un sistema de riego puede tener un impacto directo en la ampliación de la frontera agrícola, el aumento de la productividad y el empleo sostenible.

Tabla de estimación de la PEA en Parpacalla (2023)

La PEA se calculó a partir de la Población en Edad de Trabajar (PET), definida por el INEI como las personas de **14 años o más**. Utilizando los datos por grupos etarios del Censo 2017 (BDPI - Parpacalla), se estimó la población de 14 años como 1/10 del grupo 5–14 (por la agregación de edades). Con PET (14+) = **102** personas y aplicando la tasa de actividad rural reportada en la EPEN 2023 (**80.8%**), se obtuvo una PEA estimada de **82** personas. Aplicando la tasa de desempleo rural (**1.6%**) se estimó **1** persona desocupada y **81** personas ocupadas. Las suposiciones y fuentes se detallan en la siguiente tabla:

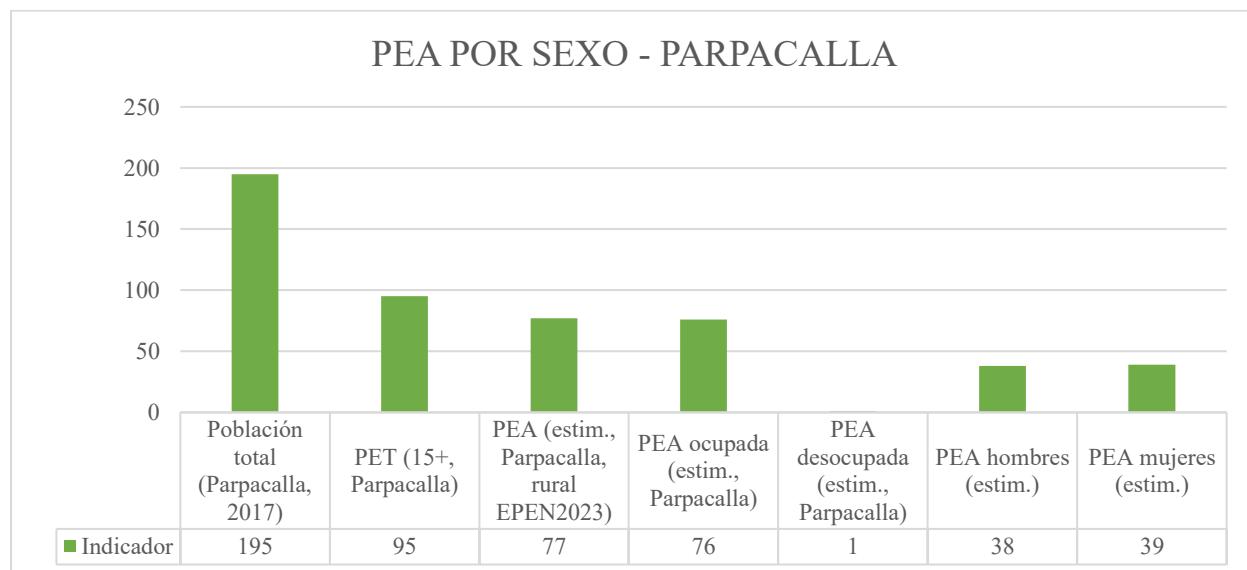
Tabla 5*Población Económicamente Activa PEA del centro poblado de Parpacalla*

Paso	Descripción	Valor
Población total (Censo 2017)	BDPI - Parpacalla	195
0–4	BDPI	27
5–14	BDPI	73
15–29	BDPI	42
30–64	BDPI	46
65+	BDPI	7
Estimación: 14 años (1/10 de PET 5–14)		7
Población 0–13 estimada	0–4 + 5–13 estimado	93
PET (14+)	Total - 0–13	102
Tasa actividad rural (EPEN 2023)	PEA/PET rural	80.8%
PEA (estimada)	PET * tasa actividad	82
Tasa desempleo rural (EPEN 2023)		1.6%
Desocupados	PEA * tasa desempleo	1
PEA ocupada	PEA - desocupados	81
PEA hombres	Proporción hombres * PEA	41
PEA mujeres	Proporción mujeres * PEA	41
Distribución sectorial (sobre Agricultura PEA ocupada)	(Censo INEI)	75% Agricultura: 62; Comercio: 8; Servicios: 6; Construcción: 3; Otros: 2

Nota. Fuente: INEI – Censos Nacionales 2017, ENAHO 2023, proyecciones provinciales adaptadas a Parpacalla.

Tabla 6*PEA por sexo en Parpacalla*

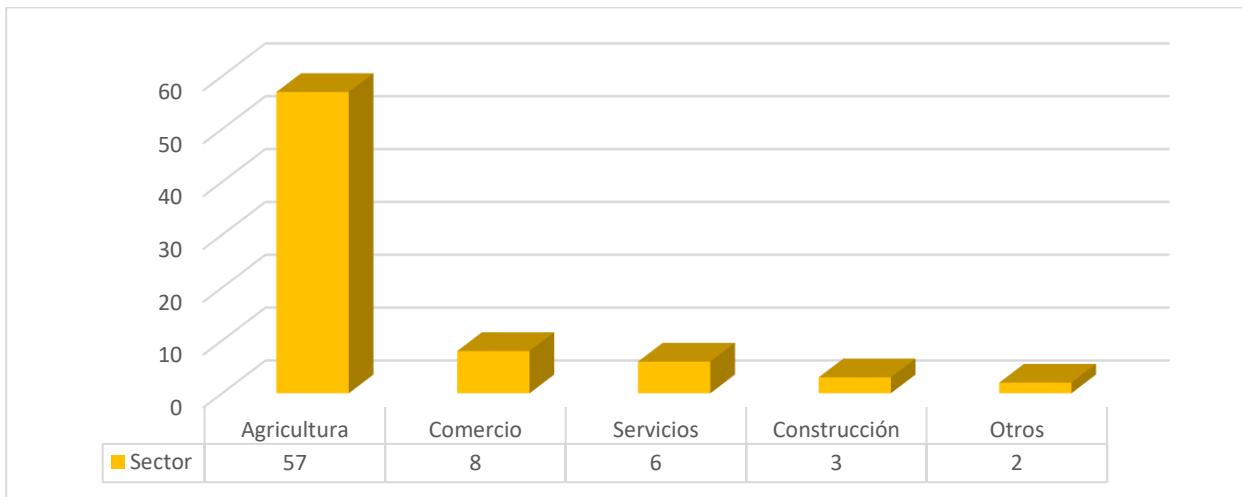
Indicador	Valor
Población total (Parpacalla, 2017)	195
PET (15+, Parpacalla)	95
PEA (Parpacalla, rural EPEN2023)	77
PEA ocupada (Parpacalla)	76
PEA desocupada (Parpacalla)	1
PEA hombres	38
PEA mujeres	39

Figura 7*PEA por sexo - Parpacalla***Tabla 7***Principales actividades ocupacionales*

Sector	Personas (Parpacalla)
Agricultura	57
Comercio	8
Servicios	6
Construcción	3
Otros	2

Figura 8

Actividades principales de la población en Parpacalla



El análisis realizado de la Población Económicamente Activa (PEA) en el centro poblado de Parpacalla muestra que, del total de 195 habitantes, aproximadamente **93 personas forman parte de la PEA**, de las cuales una mayoría significativa se dedica principalmente a la **actividad agropecuaria**. Este dato es de gran importancia, ya que evidencia que la base productiva y económica de la población depende directamente de la agricultura y la disponibilidad de recursos hídricos para el riego.

La concentración de la PEA en actividades agrícolas garantiza que la implementación del sistema de riego no solo tendrá un uso efectivo y sostenible, sino que también mejorará de manera directa los niveles de productividad agrícola y, en consecuencia, las condiciones de vida de la población. El proyecto, por lo tanto, no se presenta únicamente como una inversión en infraestructura, sino como una oportunidad real para potenciar las capacidades productivas de la comunidad, fomentar la seguridad alimentaria y fortalecer su economía local.

Es así que, la PEA de Parpacalla respalda la viabilidad del proyecto de riego, ya que existe una masa crítica de población activa dedicada a la agricultura que hará uso directo y continuo del

sistema, garantizando su pertinencia, sostenibilidad y contribución al desarrollo socioeconómico de la comunidad.

2.1.5. *Servicios*

El acceso a servicios básicos en el centro poblado es limitado. Según el INEI (2023):

- Un 65% de los hogares cuenta con acceso a agua potable mediante sistemas de abastecimiento comunitarios.
- Solo el 40% de las viviendas dispone de sistemas de saneamiento adecuados, mientras que el resto de la población aun utiliza letrinas o carece de infraestructura sanitaria.
- La electricidad está disponible en aproximadamente el 85% de las viviendas, pero existen deficiencias en la cobertura y estabilidad del servicio, lo que afecta la productividad y calidad de vida de los habitantes.
- La conectividad a internet es baja, con menos del 25% de los hogares con acceso a este servicio, limitando las oportunidades educativas y comerciales
- En cuanto al transporte, el acceso al centro poblado se da principalmente a través de caminos rurales no asfaltados, lo que dificulta la movilidad de los pobladores y el transporte público es escaso y opera en horarios limitados, dependiendo de la demanda y de las condiciones climáticas, lo que impacta negativamente en la conectividad y el desarrollo económico de la comunidad

2.1.6. *Uso del agua y necesidad del proyecto*

Actualmente los agricultores en el centro poblado de Parpacalla dependen en gran medida del riego por gravedad, el cual presenta pérdidas significativas de agua, debido a una inadecuada estructura hidráulica. Esto reduce la eficiencia del riego y limita la capacidad de siembra en épocas con poca precipitación (ANA, 2022).

El proyecto de riego tecnificado permitirá optimizar la distribución del agua, mejorar la productividad agrícola y garantizar una mayor estabilidad económica para los productores locales.

Según estudios del centro de investigación y capacitación para el desarrollo agrario (CICDA, 2021), la implementación de sistemas de riego tecnificado en comunidades rurales puede aumentar los rendimientos agrícolas hasta en un 50% y reducir el consumo de agua en un 30%, lo que muestra la necesidad y el impacto positivo del proyecto en la comunidad de Parpacalla.

2.2. Características del Centro Poblado de Parpacalla

2.2.1. Ubicación geográfica y altitud

El centro poblado de Parpacalla se encuentra ubicado en el distrito y provincia de Paucartambo, en la región Cusco. Se localiza a una altitud aproximada de 3200 metros sobre el nivel del mar, en una región de relieve accidentado con pendientes moderadas y pronunciadas. Su ubicación en la vertiente oriental de los andes peruanos influye en sus condiciones climáticas y en el acceso a los recursos hídricos (IGN,2023)

2.2.2. Clima

El clima del centro poblado de Parpacalla es de tipo templado frio, caracterizado por temperaturas que oscilan entre los 2° C y los 18°C a lo largo del año. La época de lluvias ocurre entre los meses de noviembre y marzo, con una precipitación anual promedio de 800 a 1200mm. Durante la temporada seca (abril a octubre), las temperaturas nocturnas pueden descender por debajo de los 0°C, afectando la producción agrícola y la disponibilidad de agua para el riego (SENAMHI,2023)

2.2.3. Hidrografía

Parpacalla se encuentra dentro de la cuenca del río Paucartambo, un afluente del río Madre de Dios. La disponibilidad de agua en la zona está condicionada por la estacionalidad de las lluvias

y la presencia de fuentes hídricas superficiales como quebradas y manantiales. Sin embargo, el acceso al recurso hídrico es limitado durante la temporada seca, lo que impacta en las actividades agropecuarias locales (ANA,2022).

2.2.4. Suelo y geología

Los suelos de la zona son predominantemente frances – arenosos con una fertilidad moderada, adecuados para el cultivo de papa, quinua y cebada. No obstante, la erosión causada por la pendiente y las prácticas agrícola inadecuadas han generado problemas de degradación del suelo. Además, la presencia de formaciones geológicas del periodo cuaternario indica una susceptibilidad a deslizamientos en ciertas zonas de la región (INGEMMET, 2023).

2.2.5. Infraestructura y conectividad

El centro poblado cuenta con una infraestructura básica limitada. Las principales vías de acceso son caminos rurales sin asfaltar, lo que indica la presencia de dificultad de transporte de productos y el acceso a servicios esenciales. En cuanto al transporte, existen servicios de movilidad intermitentes hacia Paucartambo y Cusco, pero su operatividad depende de la demanda local y las condiciones climáticas. La falta de infraestructura vial adecuada afecta la comercialización de productos agrícolas y el desarrollo económico del centro poblado de Parpacalla. (MTC, 2022)

CAPITULO III. ESTUDIO DE TOPOGRÁFÍA

3.1. Generalidades

El estudio topográfico es una parte importante en cualquier proyecto de riego porque nos permite conocer de manera precisa como es el terreno donde se va a trabajar. Gracias a este estudio se identifican las alturas, pendientes y la forma general del terreno, así también se identifican los límites reales de las parcelas. Con esta información es posible ubicar adecuadamente cada elemento del sistema de riego, como es la captación, línea de conducción, las cámaras rompe presión y los hidrantes, asegurando que el agua circule con la presión y el caudal necesarios para un buen funcionamiento del sistema, especialmente en los riegos por aspersión.

El trabajo de gabinete a partir de la recopilación de información del estudio topográfico permite elaborar planos detallados con curvas de nivel que sirven como base para planificar los trazos preliminares del proyecto. Contar con estos datos evita errores durante la etapa de diseño y garantiza que, al momento de la construcción, el replanteo en campo se realice de manera correcta.

3.2. Levantamiento Topográfico

Es un conjunto de actividades destinadas a identificar la ubicación relativa de distintos puntos en la superficie terrestre. Estas tareas incluyen medir distancias horizontales y verticales entre elementos del terreno, determinar ángulos y pendientes y definir la orientación de las diferentes alineaciones. Seguidamente toda la información se representa de manera gráfica en planos que buscan reflejar lo más fielmente posible el relieve real del área estudiada.

Para el presente trabajo se ha visto por conveniente desarrollar el estudio de topografía en tres etapas principales, las cuales se describen a continuación:

3.2.1. Reconocimiento de la zona del proyecto

Antes de iniciar el levantamiento topográfico se llevó a cabo una visita de reconocimiento del área del proyecto. Esta etapa permitió conocer mejor el terreno, evaluar sus pendientes, identificar posibles puntos para ubicar los equipos topográficos y elaborar un croquis preliminar. Esta información es fundamental para visualizar donde podrían instalarse las obras de arte y para definir el área exacta que abarcara el proyecto. Durante esta actividad se contó con el apoyo de los pobladores a quienes también se les explicó el planteamiento definitivo de las estructuras que forman parte del proyecto de riego. Además, se planteó que el procedimiento del levantamiento de los puntos topográficos se realizaría empleando equipos topográficos como es la estación total para facilitar el trabajo en sus parcelas.

Las acciones que se realizaron en esta etapa fueron las siguientes:

- Definir el área específica del proyecto.
- Plantear la ubicación de las obras de arte.
- Identificar los instrumentos necesarios para el trabajo de campo
- Organizar los trabajos de campo con el personal disponible

Figura 9

Coordinación de actividades



Figura 10

Centro poblado de Parpacalla.



3.2.2. Trabajo de Campo

Consiste en realizar directamente en el terreno todas mediciones previas durante el reconocimiento previo. Para ello se registran distancias, ángulos horizontales y verticales, así como los desniveles entre distintos puntos. Es fundamental que esta etapa se lleve a cabo de forma ordenada y sistemática, ya que un buen trabajo en campo facilita considerablemente el procesamiento y análisis posterior en gabinete.

para el presente estudio topográfico se utilizó un levantamiento de tipo geodésico basado en una poligonal abierta, completando con el método de radiación. Esta combinación permitió obtener puntos de control con precisión mediante técnicas GNSS y posteriormente, densificar la información del terreno con estación total. A continuación, se detalla el procedimiento empleado.

3.2.2.1. Método de Poligonal Abierta

El método de la poligonal abierta consiste en establecer una serie de puntos de control a lo largo del área del proyecto, los cuales sirven como referencia para todo el levantamiento topográfico.

En este estudio, los puntos se obtuvieron empleando un equipo GPS diferencial (GNSS) de alta precisión, empleando el método RTK (Real Time Kinematic). Este procedimiento permite obtener coordenadas en tiempo real con exactitud centimétrica, ya que un receptor fijo (base) transmite correcciones al receptor móvil (Rover) mientras este recorre el área de trabajo.

De esta manera se establecieron los puntos de control que sirvieron como apoyo principal para el levantamiento con estación total.

El uso de una poligonal abierta es adecuado cuando el área a levantar no permite cerrar la poligonal, como ocurre en zonas extensas o de difícil acceso, manteniendo aun así un control confiable de la precisión del trabajo.

Tabla 8

Puntos de control de la Poligonal

Número	Coordenadas		Elevación COTA (msnm)	Descripción
	Norte (N)	Este (E)		
01	8531807.4	221793.18	3391.949	PT01
02	8531796.9	221807.5	3395.675	REF 1
03	8531690.4	221741.75	3372.82	REF 2
04	8531604.2	221707.23	3358.426	REF 3
05	8531677.7	221592.54	3359.879	REF 4
06	8531622.6	221468.91	3383.802	REF05
07	8531491.6	221338.16	3355.808	REF.06
08	8531211.1	221006.21	3348.682	REF 07
09	8530167.6	220024.16	3328.552	REF.08
10	8530360	219663.7	3357.233	REF 09
11	8530213.1	218566.68	3071.745	REF 10
12	8529737	218480.77	2930.046	REF 11
13	8530153.2	218039.14	2874.801	REF 12

Nota. Elaboración propia.

3.2.2.2. Método de Radiación

Una vez establecidos los puntos de control con el GPS diferencial, se procedió a densificar la información del terreno mediante el método de radiación utilizando una estación total. Este método consiste e instalar la estación total sobre un punto de control y desde allí medir directamente distancias y ángulos hacia todos los puntos visibles alrededor. Cada una de estas observaciones permite obtener coordenadas precisas de los detalles del terreno, como quiebres de pendientes, caminos, bordes de las parcelas y cualquier elemento relevante para el diseño del proyecto de riego.

El método de radiación es ideal para obtener gran de talle del relieve y una representación fiel del área, ya que permite captar de manera directa los cambios de nivel y la morfología del terreno.

Figura 11

Trabajos realizados en campo



Nota. Elaboración propia.

- El equipo empleado para el trabajo de campo se muestra a continuación:

Equipo	Descripción-
	<p>ESTACION TOTAL TOPCON MODELO: GM 55 PRECISIÓN: 5" PRISMA EDM PRECISIÓN: 1,5MM + 2PPM ALCANCE SIN Y CON PRISMA: 500 M Y CON PRISMA HASTA 4,000MTS</p>
	<p>GPS DIFERENCIAL GNSS MARCA SOUTH MODELO GALAXY G7 MEDICIÓN EN TIEMPO REAL (RTK) CON PRECISIÓN DE 8 MM 1PPM RMS, MEDICIÓN ESTÁTICA CON PRECISIÓN DE 2.5MM 1PPM RMS.</p>
	<p>CINTA METRICA DE 30 M LA CINTA MEDIDORA PLÁSTICA DE LONA 30M</p>
	<p>PINTURA PARA MARCAR AEROSOL TOPOGRAFICO PARA MARCAR DURANTE LOS TRABAJOS DE TOPOGRAFIA</p>

3.2.3. Trabajo de gabinete

En la etapa de gabinete se procesa, organiza y valida toda la información obtenida durante el levantamiento de campo. Para este proyecto, ubicado en el centro poblado de Parpacalla, en el distrito y provincia de Paucartambo, se trabajó bajo el sistema de coordenadas UTM, zona 19S, que es la zona cartográfica oficial que corresponde a esta parte de la región del Cusco.

Durante esta fase se han revisado las coordenadas obtenidas mediante el GPS diferencial (GNSS) y estación total, se ajustan las poligonales y se integran todos los puntos dentro del mismo sistema de referencia cartográfica. Posteriormente empleando el software especializado Civil 3D se generan los planos topográficos y curvas de nivel así también un modelo digital del terreno, necesario para el diseño del sistema de riego.

Figura 12

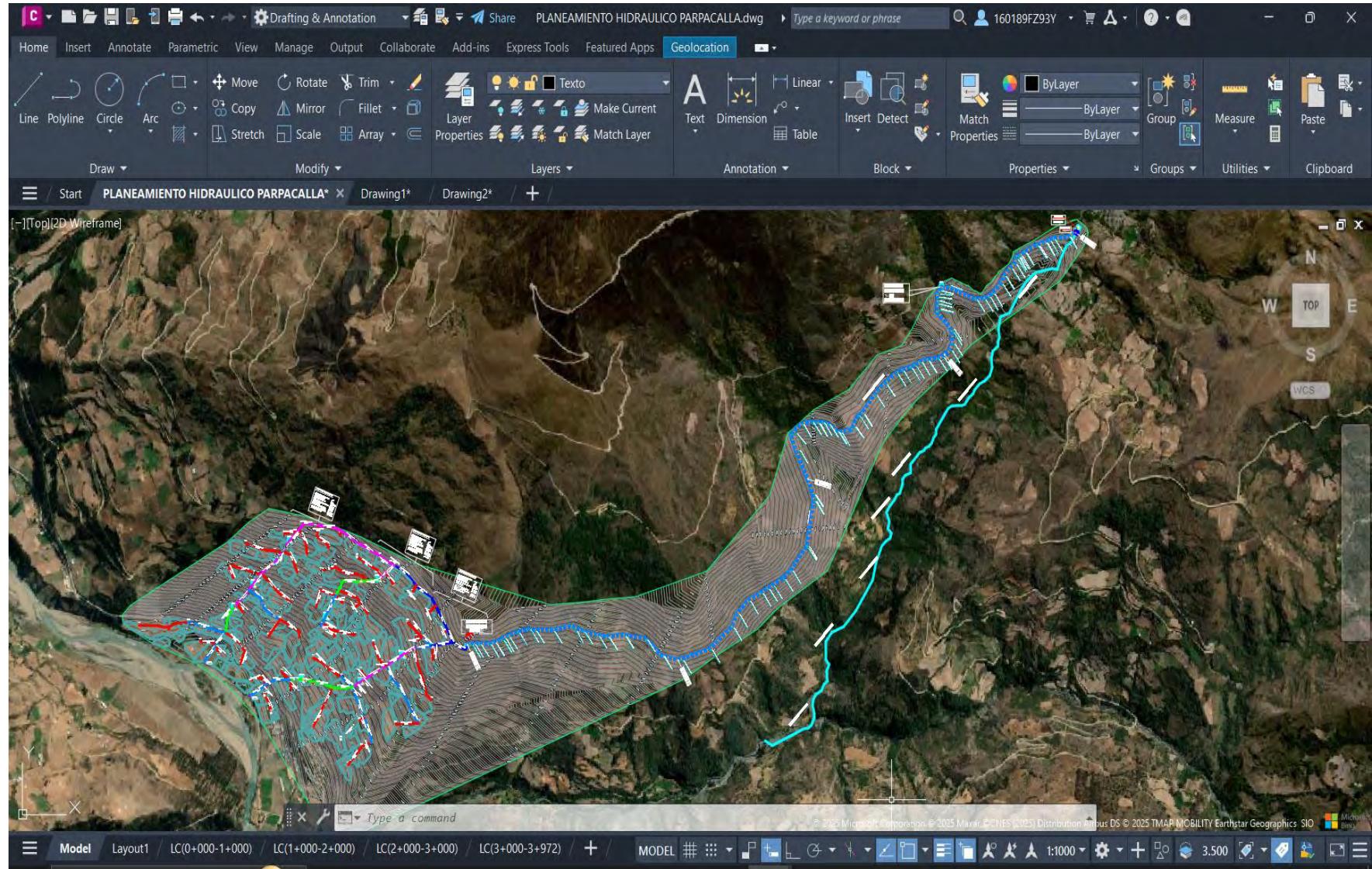
Representación de los puntos topográficos recolectados



Nota. Tomado de Google Earth. Vista panorámica del centro poblado de Parpacalla.

Figura 13

Representación de los puntos topográficos sobre la zona del proyecto realizado en Civil 3D



CAPITULO IV. ESTUDIO DE SUELOS

4.1. Aspectos generales

El estudio de suelos es fundamental en cualquier proyecto de construcción, ya que permite conocer las propiedades del terreno y garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras. A través de exploraciones en campo y ensayos de laboratorio, se determina la composición, resistencia, capacidad de carga y comportamiento del suelo ante factores como peso, agua y sismos. Esta información es clave para diseñar cimentaciones adecuadas y prevenir problemas como hundimientos, deslizamientos o fallas estructurales, optimizando así la durabilidad y eficiencia de la obra.

4.2. Ubicación y área de estudio

El área de estudio tiene la siguiente ubicación política:

- Región : Cusco
- Provincia : Paucartambo
- Distrito : Paucartambo
- Comunidad : Parpacalla

4.3. Requisitos técnicos según el reglamento nacional de edificaciones.

El presente estudio de suelos se desarrolla en cumplimiento de la normativa vigente establecida en la Norma Técnica E.050 "Suelos y Cimentaciones" del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Esta normativa proporciona los lineamientos para la caracterización geotécnica del suelo, los criterios de diseño de cimentaciones y las recomendaciones para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras.

Se han seguido las metodologías y requisitos especificados en la E.050 para la ejecución de ensayos de laboratorio, clasificación de suelos, determinación de la capacidad portante.

Asimismo, se han adoptado los criterios de diseño sugeridos por la norma para la infraestructura del sistema de riego, asegurando su correcto desempeño en el tiempo.

4.3.1. Información previa

Antes de realizar el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS), es fundamental recopilar información detallada sobre el terreno y la estructura a cimentar. La Norma E.050 "Suelos y Cimentaciones" del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) establece los datos necesarios para garantizar un análisis adecuado del comportamiento del suelo y su interacción con la estructura proyectada.

Se define además los requisitos de información previa, incluyendo datos sobre el terreno, la obra a cimentar y las edificaciones colindantes. Esta información permite determinar la clasificación de la edificación, las condiciones del suelo y la metodología de exploración adecuada, asegurando un diseño seguro y eficiente de las cimentaciones.

Exploración del terreno.

- Se cuenta con el plano topográfico del terreno.

Figura 14

Plano topográfico con curvas de nivel del centro poblado de Parpacalla



Nota. Elaboración propia.

- El uso del terreno es para construcción de la captación y reservorio.
- Tras la revisión del área de intervención, se determinó que el terreno no cuenta con edificaciones existentes, estructuras enterradas, ni elementos constructivos que puedan interferir con la implementación del proyecto.
- No se han identificado restos arqueológicos, acequias o drenajes previos que requieran consideraciones adicionales en el diseño.
- El terreno se encuentra desocupado, por lo tanto, la exploración del suelo se realizó sin inconvenientes.

Características para la Cimentación.

- El proyecto consiste en un sistema de riego a campo abierto, sin edificaciones de estructura verticales. El área de intervención corresponde a la zona agrícola beneficiaria del sistema de riego. La infraestructura se compone de la bocatoma y estructuras menores de control hidráulico.
- De acuerdo a la siguiente tabla y con fines de determinar el programa de exploración mínimo (PM) del EMS las estructuras son calificadas de acuerdo a su importancia en donde, la estructura de tipo I es más exigente que el II y este que el III y este que el IV.

Tabla 9

Clasificación de la edificación según el Programa de Exploración Mínimo.

TIPO DE EDIFICACIÓN U OBRA PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE PUNTOS DE EXPLORACIÓN		DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS * (m)	NÚMEROS DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
DESCRIPCION			≤ 3	4 a 8	9 a 12	>12
APORTICADA DE ACERO PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 12	III	III	III	II	
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 10	III	III	II	I	
BASES DE MÁQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	I	--	--	--	
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	I	I	I	I	
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	II	I	I	I	

	≤ 9 m de altura	> 9 m de altura
TANQUES ELEADOS Y SIMILARES	II	I
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA		III
INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN OBRAS URBANAS		IV

Nota. Tomado de la normativa E.050 Suelos y Cimentaciones (tabla 1). Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Según la tabla anterior, las instalaciones hidráulicas, como el sistema de riego a campo abierto, pueden asimilarse a instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado y obras urbanas, las cuales se clasifican como estructuras de tipo IV, que es la de menor exigencia en exploración geotécnica.

Puntos de exploración.

- La determinación de los puntos de exploración es un aspecto clave en los estudios geotécnicos, ya que permite obtener información representativa del subsuelo para el diseño y construcción de las estructuras. Además, se establecen los criterios para definir el número, la profundidad y la distribución de los puntos de exploración, considerando las

características del terreno y la tipología de la obra, con el objetivo de garantizar la estabilidad y funcionalidad del sistema de riego.

- El número de puntos a intervenir para su exploración está determinado por la tabla de puntos de exploración de la norma E.050. la cual se muestra a continuación:

Tabla 10

Puntos de exploración para el EMS

NÚMERO DE PUNTOS DE EXPLORACION	
Tipo de edificación u obra	Número de puntos de exploración (n)
I	uno por cada 225m ² de área techada del primer piso
II	uno por cada 450m ² de área techada del primer piso
III	uno por cada 900m ² de área techada del primer piso
IV	uno por cada 100m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
Habilitación urbana para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

Nota. Tomado de la norma E.050 Suelos y Cimentaciones (tabla 6) del Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Según la tabla anterior y teniendo en cuenta el tipo de estructura la cual es de tipo IV, la cantidad de puntos de exploración recomendada es uno por cada 100 metros de instalaciones sanitarias.
- El número de puntos a investigar será de 4 calicatas la cuales serán captación, reservorio y línea de conducción.
- Según la normativa peruana, la profundidad mínima de exploración para cimentaciones superficiales es de 3 metros en estructuras sin sótano. Dado que las estructuras del sistema de riego (captación, reservorio) se cimentan de manera superficial, una profundidad de 3 metros es el valor de referencia obligatorio.

4.4. Resultados de ensayos de laboratorio

El programa de estudio de mecánica de suelos incluyó la ejecución de calicatas en distintos puntos estratégicos del proyecto, con el objetivo de caracterizar las propiedades del suelo en cada ubicación. Se realizaron ensayos de laboratorio conforme a la norma E.050, permitiendo determinar su granulometría, plasticidad y resistencia. A continuación, se presenta la tabla con la distribución de los puntos de investigación, las calicatas realizadas y los ensayos ejecutados. Además, el resultado del EMS descritos en la tabla se presentan a mayor detalle a continuación.

Tabla 11

Programa para el EMS del proyecto

Puntos de investigación	Calicata	Ensayos realizados
Captación	C-1	Granulometría, Límites de Atterberg, Corte Directo
Reservorio	C-2	Granulometría, Límites de Atterberg, Corte Directo
Línea de aducción	C-3	Granulometría, Límites de Atterberg
Línea de conducción	C-4	Granulometría, Límites de Atterberg

Nota. Elaboración propia. Se presenta la distribución de los ensayos de laboratorio realizados en cada punto de exploración del proyecto.

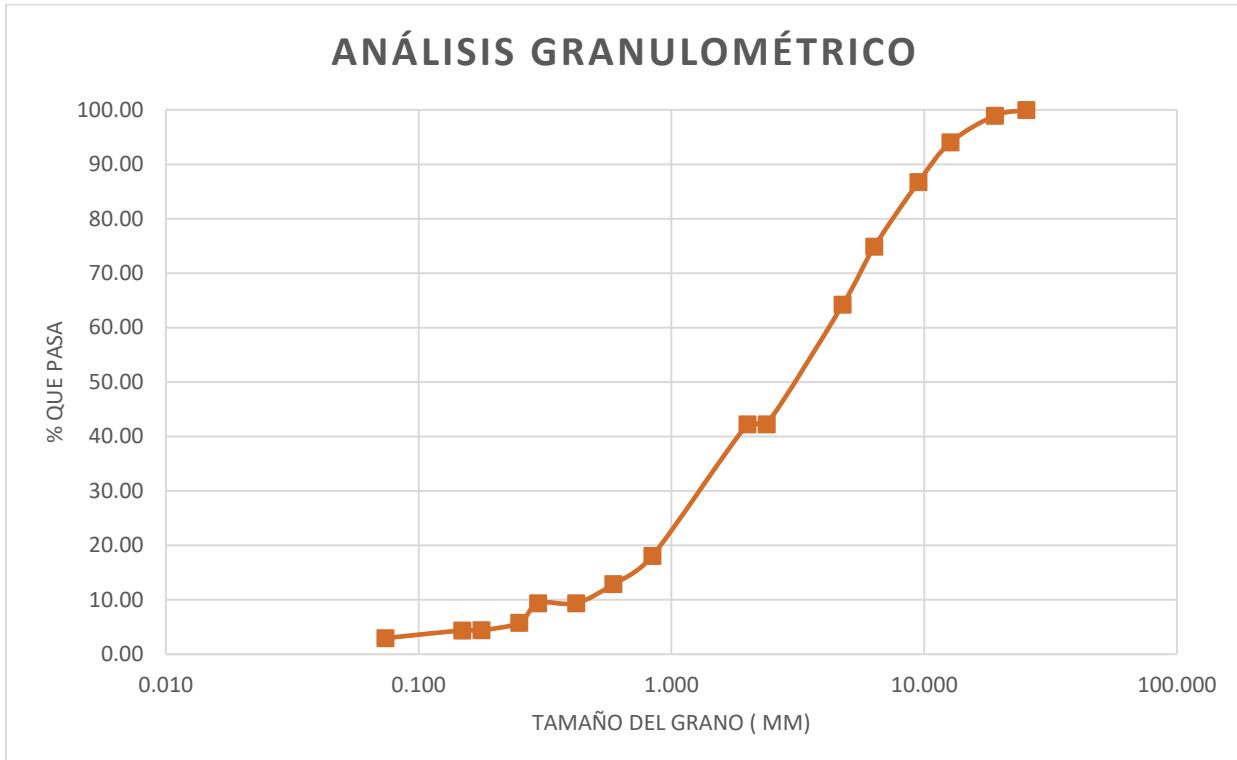
4.4.1. Captación

Para asegurar la estabilidad y funcionalidad de la estructura de captación, se realizó una exploración de suelo. A partir de esta, se obtuvieron muestras que fueron analizadas en laboratorio a fin de determinar sus características físicas y mecánicas. Los resultados obtenidos servirán de base para el diseño y la toma de decisiones en la construcción de la captación.

Análisis granulométrico - NTP 339.128.

El ensayo granulométrico realizado para la muestra obtenida en la calicata C-1, ubicada en la zona de captación, permitió analizar la distribución de tamaños de partículas en el suelo. La curva granulométrica obtenida indica la proporción de material retenido en cada tamiz, facilitando su clasificación y la evaluación de su idoneidad para el proyecto.

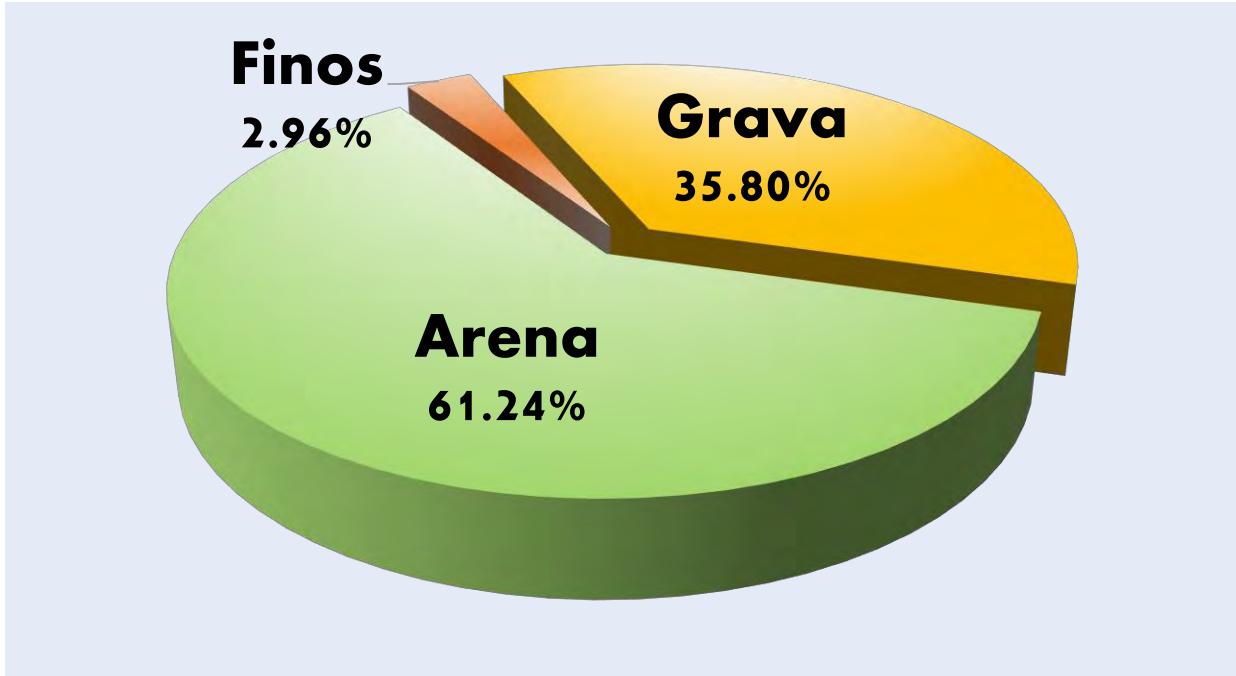
- **Curva granulométrica:**

Figura 15*Curva granulométrica – Zona captación*

Nota. Elaboración propia.

- ✓ Se observa una distribución de partículas con una importante fracción de finos, sugiriendo que el suelo tiene una cantidad pequeña de limos o arcillas.
- ✓ La pendiente indica la variabilidad de tamaños. Un tramo más vertical sugiere una menor variedad de tamaños, mientras que una curva más inclinada representa un suelo bien graduado.
- ✓ El porcentaje de material fino (suelo que pasa por el tamiz N°200) representa un 2.96% lo que implica que el suelo tiene un contenido moderado de partículas menores a 0.074mm.

Figura 16*Distribución granulométrica - Calicata C-I*



Nota. Elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos y representados en la figura 5, se observa la siguiente distribución:

- ✓ **Grava (35.80%)**: Representa una fracción significativa del suelo, lo que sugiere una estructura relativamente gruesa con buena estabilidad y drenaje. La presencia de grava puede influir en la compactación y resistencia del suelo, favoreciendo su capacidad de soporte.
- ✓ **Arena (61.24%)**: Constituye el componente predominante, lo que indica que el suelo posee una textura granular con alta permeabilidad y baja retención de humedad. Los suelos arenosos tienden a facilitar el flujo de agua, reduciendo el riesgo de retención excesiva en la captación.
- ✓ **Finos (2.96%)**: Comprenden la fracción de limo y arcilla, cuya presencia es mínima en esta muestra. Un bajo contenido de finos sugiere que el suelo tiene una menor plasticidad,

lo que implica una reducida capacidad de retención de agua y un menor riesgo de expansión o contracción con cambios de humedad.

El suelo en la zona de captación es predominantemente arenoso con una considerable cantidad de grava y bajo contenido de finos. Esta composición indica que el material es altamente permeable, permitiendo un adecuado drenaje del agua. El bajo contenido de finos indica que el suelo tiene una baja plasticidad y menor retención de agua, lo que es relevante para su comportamiento en obras hidráulicas.

Tabla 12

Análisis granulométrico - Captación.

Proyecto: **Implementación del Sistema de Riego del Centro Poblado de Parpacalla del Distrito y Provincia de Paucartambo, Región Cusco - Año 2024**

Norma:	ASTM D 422	Región:	Cusco	Provincia:	Cusco	Distrito:	Paucartambo
Calicata:	C-1					Ubicación:	Parpacalla
Profundidad:	3 metros					Sector:	Parpacalla
Peso de la Muestra	1693.40 gr.						
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	Retenido (%)	% Retenido Acumulado	% Q' Pasa		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100		
3/4"	19.050	18.18	1.07	1.07	98.93		
1/2"	12.700	83.10	4.91	5.98	94.02		
3/8"	9.500	123.14	7.27	13.25	86.75		
1/4"	6.350	201.41	11.89	25.15	74.85		
Nº 4	4.760	180.35	10.65	35.80	64.20		
Nº 8	2.380	371.81	21.96	57.75	42.25		
Nº 10	2.000	0.00	0.00	57.75	42.25		
Nº 20	0.840	409.56	24.19	81.94	18.06		
Nº 30	0.590	87.67	5.18	87.12	12.88		
Nº 40	0.420	59.13	3.49	90.61	9.39		
Nº 50	0.297	0.00	0.00	90.61	9.39		
Nº 60	0.250	61.07	3.61	94.21	5.79		
Nº 80	0.177	23.41	1.38	95.60	4.40		
Nº 100	0.149	0.16	0.01	95.61	4.39		
Nº 200	0.074	24.29	1.43	97.04	2.96		
Fondo		50.12	2.96	100.00	0.00		
Total Retenido		1693.40					

Limite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos - NTP 339.129.

- **Análisis del límite líquido (L.L.)**

Para determinar el límite líquido de la muestra de suelo se midió el contenido de humedad en función del número de golpes requeridos en el aparato de Casagrande para cerrar la ranura estándar.

Tabla 13

Ensayo de límites de consistencia

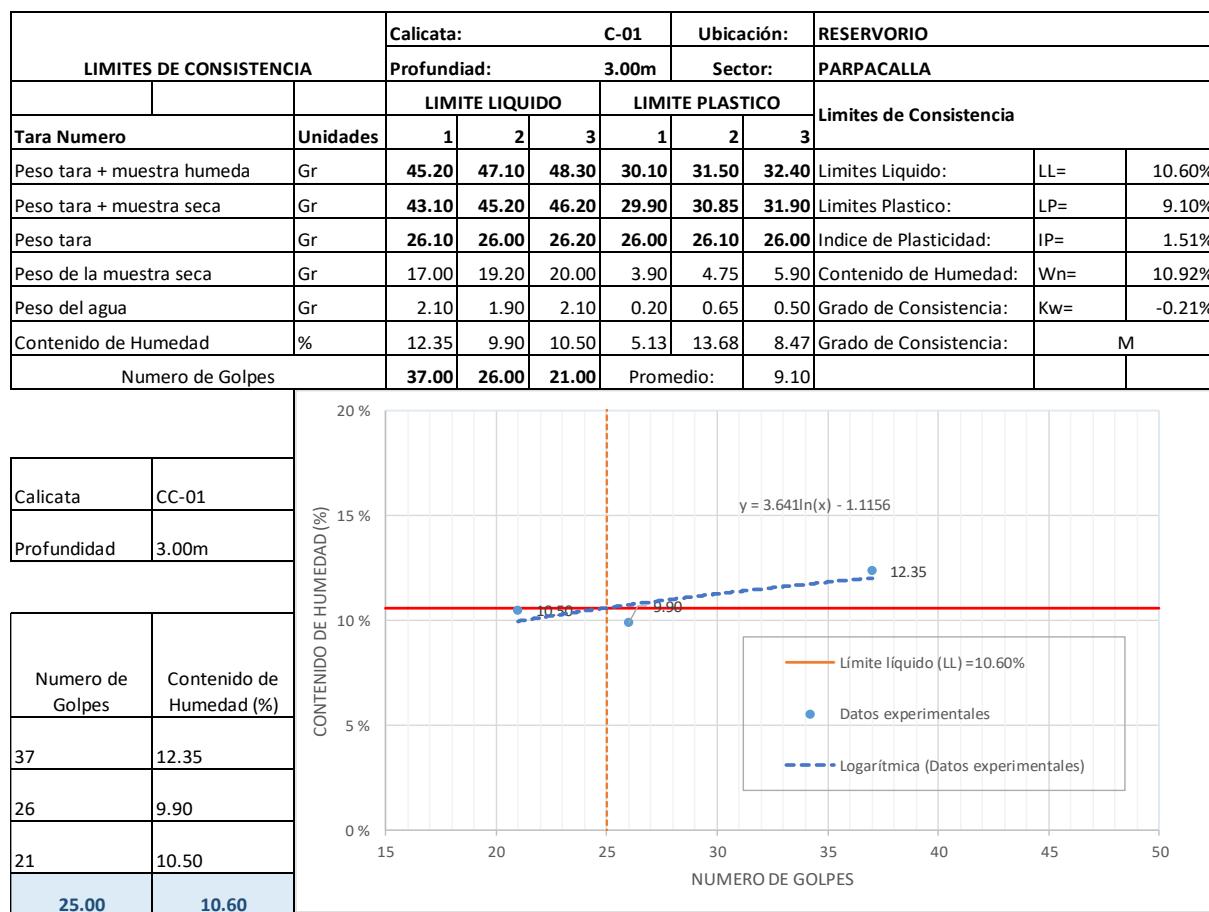
ENSAYOS DE LIMITES DE CONSISTENCIA

TESIS: "IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024"

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO NORMA: ASTM D 4318
LIMITE PLASTICO NORMA: ASTM D 4318

Calicata: C-01



Datos obtenidos:

- ✓ Número de golpes: 37, 26 y 21
- ✓ Contenido de humedad: 12.35%, 9.90% y 10.50%

La ecuación de la línea de tendencia obtenida en la gráfica es:

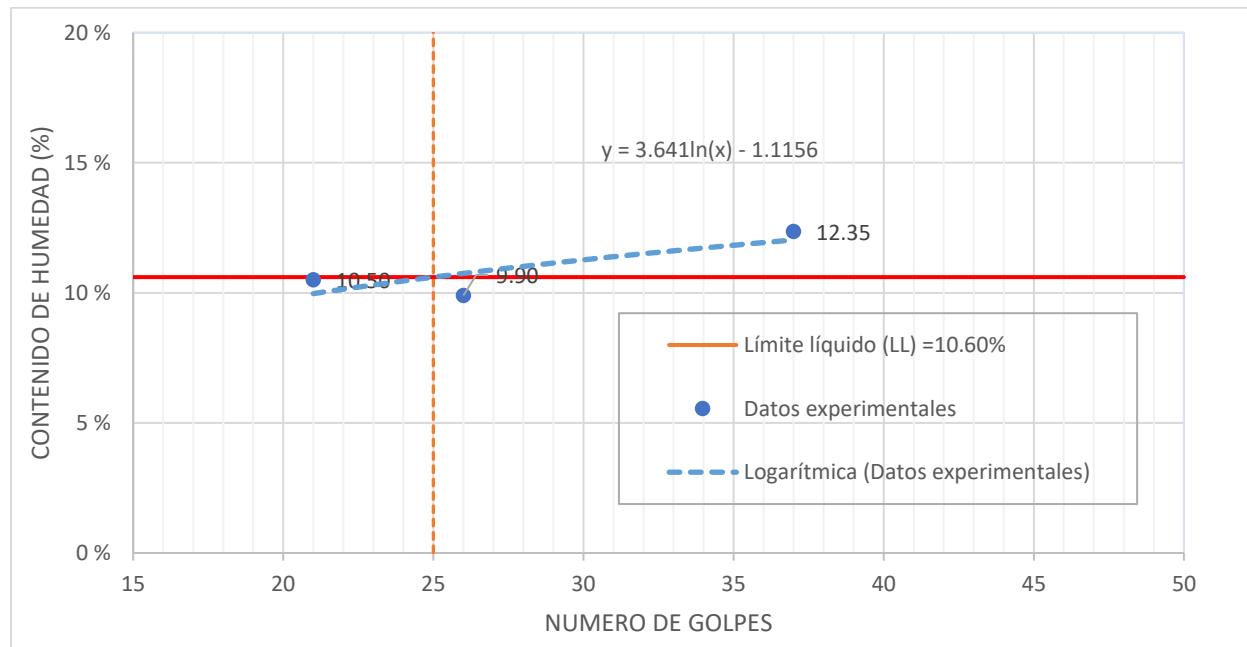
$$y = 3.641 \ln(x) - 1.1156$$

Sustituyendo X=25 golpes (criterio estándar para determinar L.L.):

$$LL = 3.641 \ln(25) - 1.1156 = 10.60\%$$

Figura 17

Curva de flujo - determinación del límite líquido – C-1



Nota. Elaboración propia.

- ❖ El suelo en la zona de captación tiene un límite líquido de 10.60%, lo que indica una baja plasticidad y escasa capacidad de retención de agua.
- **Análisis del límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)**

En esta sección, se presentan los resultados obtenidos para el límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP) del suelo analizado. Estos parámetros permiten evaluar la cohesión y la

capacidad del suelo para deformarse sin fracturarse, lo que es crucial para su clasificación y comportamiento.

- ✓ Limite plástico: 9.10%

El índice de plasticidad (IP) se calcula como:

$$IP = LL - LP = 10.60\% - 9.10\% = 1.51\%$$

- ❖ Un índice de plasticidad indica que el suelo es de baja plasticidad, lo que sugiere un material con un contenido muy reducido de arcillas expansivas.

- **Contenido de Humedad Natural (Wn)**

Contenido de humedad natural (Wn): 10.92%

- Se obtuvo un valor de 10.92%, cercano al límite líquido, lo que sugiere que el suelo podría estar en un estado semisólido a plástico bajo condiciones naturales.

- **Clasificación de tipo de suelos – SUCS**

De la tabla de granulometría se tiene en cuenta lo siguiente:

Tabla 14

Porcentajes de suelo que pasa para clasificación SUCS - C-1

Suelo		%
Tamiz	Abertura (mm)	Pasante
Nº4	4.76	64.2
Nº200	0.074	2.96

Nota. Elaboración propia. Tomado del análisis granulométrico de la muestra de suelo C-1

$$\% G = (100 - 64.2)\% = 35.80\%$$

$$\% S = (64.2 - 2.96)\% = 61.24\%$$

$$\% F = 2.96\%$$

- ✓ El suelo tiene mayor presencia de arena con un %S = 61.24%

Para determinar la gradación del suelo, se determinará mediante los coeficientes de uniformidad Allen Hazen:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Donde:

$Cu > 4$ (para gravas) o $Cu > 6$ (para arenas) y $1 \leq Cc \leq 3$, el suelo es bien graduado. De lo contrario, es mal graduado (uniforme o con deficiencias en ciertas fracciones).

- ✓ Para el cálculo de los coeficientes, se realiza una aproximación con la ecuación de la recta teniendo en cuenta la pendiente de la curva granulométrica:

$$y = mx$$

$$y_0 - y_1 = m(x_0 - x_1)$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$y_0 - y_1 = \left[\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right] (x_0 - x_1) \quad x_0 - x_1 = (y_0 - y_1) \left[\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \right]$$

$$x_0 = (y_0 - y_1) \left[\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \right] + x_1$$

$$\log(x_0) = (y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)$$

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

Tabla 15

Parámetros para evaluación de gradación de suelo - Captación

	Y0	Y1	X1	Y2	X2
D60	60%	64.20%	4.76	42.25%	2.38
D30	30%	42.25%	2.38	18.06%	0.84
D10	10%	12.88%	0.59	9.39%	0.42

Nota. Elaboración propia.

La tabla presenta un resumen de los parámetros granulométricos claves utilizados para evaluar la gradación del suelo según los coeficientes de uniformidad (Cu) y curvatura (Cc), con base en los valores característicos D₆₀, D₃₀ y D₁₀. Estos valores representan los diámetros de partícula correspondientes a los porcentajes de material que pasa a través de los tamices especificados. Los datos permiten determinar si el suelo está bien o mal graduado según los criterios de Allen Hazen.

✓ Para D₆₀

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

$$D_{60} = 10^{(60\% - 64.2\%) \left[\frac{\log(2.38) - \log(4.76)}{42.25\% - 64.20\%} \right] + \log(4.76)}$$

$$D_{60} = 4.169$$

✓ Para D₃₀

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

$$D_{30} = 10^{(30\% - 42.25\%) \left[\frac{\log(0.84) - \log(2.38)}{18.06\% - 42.25\%} \right] + \log(2.38)}$$

$$D_{30} = 0.439$$

✓ Para D₁₀

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

$$D_{10} = 10^{(10\% - 12.88\%) \left[\frac{\log(0.42) - \log(0.59)}{9.39\% - 12.88\%} \right] + \log(0.59)}$$

$$D_{10} = 0.445$$

Teniendo los valore de D₆₀, D₃₀ y D₁₀ se procede con el cálculo de los coeficientes de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{4.169}{0.445} = 8.795$$

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} = \frac{0.439^2}{0.445 * 4.169} = 0.193$$

- teniendo en cuenta que la presencia de arena es mayor en la muestra y $Cu>4$. Además, $Cc<1$ el suelo es de tipo arenoso mal gradado uniforme con deficiencia en ciertas fracciones.
- El suelo se clasifica como: SP Arena mal gradada.
 - **Ensayo de Corte Directo - NTP 339.171.**

Se llevo a cabo un ensayo de corte directo en muestras de suelo para determinar sus parámetros de resistencia al esfuerzo cortante. A partir de los valores obtenidos de esfuerzo normal y esfuerzo cortante en tres especímenes, se procede a calcular la cohesión y el ángulo de fricción interna.

A continuación, se presentan los cálculos detallados junto con la gráfica envolvente de falla del suelo.

- **Cálculo del ángulo de fricción y cohesión**

del ensayo realizado a tres muestras en la máquina de corte directo se obtuvo los siguientes esfuerzos, descritos a continuación:

Tabla 16

Resultados del ensayo de corte directo - Captación

Nº Espécimen	Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)
1	0.278940028	0.37
2	0.557880056	0.85
3	0.836820084	0.83

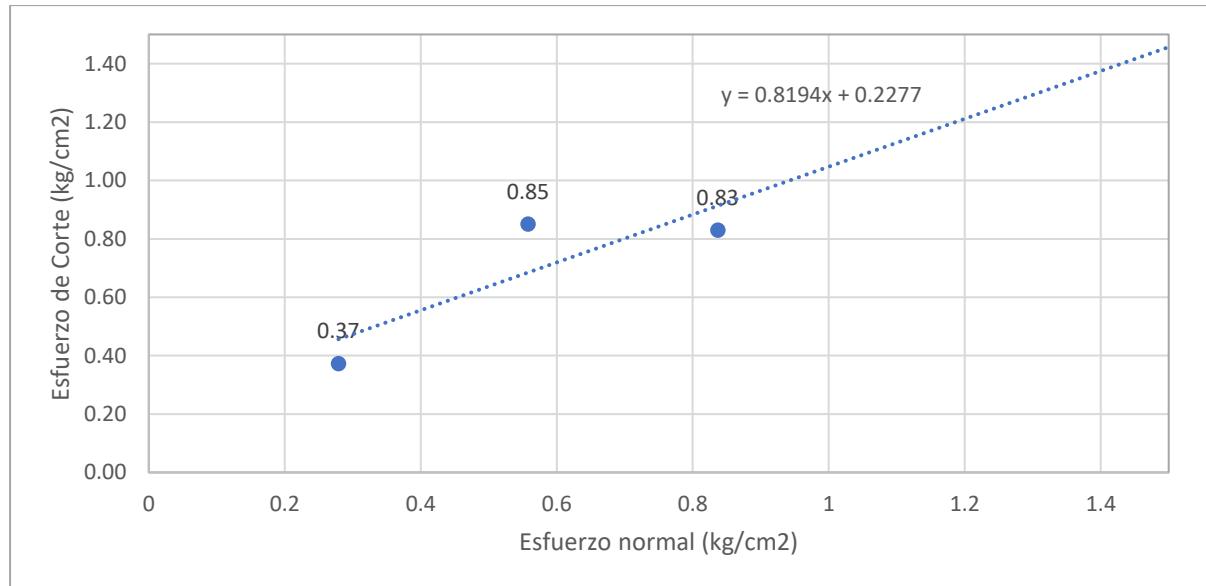
Nota. Resultados obtenidos a partir del ensayo de corte directo a las muestras extraídas de la calicata C-1 (captación).

A partir de los resultados obtenidos, se genera la envolvente de Mohr-Coulomb ajustando una línea recta a los puntos de esfuerzo normal y cortante, obteniéndose la recta que describe la envolvente de Mohr – Coulomb.

- ✓ Determinación de la pendiente ($\tan \phi$): La pendiente de la recta es igual a la tangente ($\tan \phi$), de donde se despeja ϕ .
- ✓ Intersección con el eje de esfuerzo cortante (**c**): El punto donde la recta corta el eje del esfuerzo cortante representa la cohesión.

Figura 18

Envolvente de Mohr-Coulomb para el ensayo de corte directo - captación.



Nota. Elaboración propia. La figura muestra el envolvente de Mohr -Coulomb para el ensayo de tres muestras de suelo en la máquina de corte directo.

- **Resultados del Ensayo de Corte Directo**

A partir del ajuste de la envolvente de Mohr – Coulomb, se han obtenido los siguientes parámetros:

Para determinar los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante del suelo (cohesión y ángulo de fricción interna), utilizamos la ecuación de la envolvente de falla de Mohr-Coulomb:

$$\tau = c + \sigma \tan (\phi)$$

donde:

- ✓ τ : esfuerzo cortante (kg/cm^2)
- ✓ σ : esfuerzo normal (kg/cm^2)
- ✓ c : cohesión del suelo (kg/cm^2)
- ✓ ϕ : ángulo de fricción interna ($^\circ$)

Dado que tenemos tres pares de datos de esfuerzo normal y esfuerzo cortante, realizamos un ajuste de regresión lineal de la forma:

$$\tau = m\sigma + b$$

Donde:

- ✓ $m = \tan(\phi)$ (pendiente de la recta)
- ✓ $b = c$ (intersección con el eje τ)

Entonces:

$$y = 0.8194 x + 0.2277$$

$$\tau = m\sigma + b$$

$$\phi = \tan^{-1}(m) = \tan^{-1}(0.8194)$$

$$\phi = 39.33^\circ$$

$$c = 0.2277 \text{ kg/cm}^2$$

Los valores obtenidos para la cohesión y el ángulo de fricción interna indican que el suelo posee una resistencia significativa al esfuerzo cortante. Estos parámetros son fundamentales para evaluar la estabilidad del suelo en aplicaciones como cimentaciones.

- **Cálculo de la capacidad portante del suelo**

Este parámetro nos indica la resistencia del terreno para soportar cargas sin generar fallas. A partir de los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo, se determinará la capacidad portante del suelo para garantizar un diseño seguro y eficiente.

El suelo analizado se clasifica como un suelo granular con presencia de arenas, presentando una humedad del 10.92%, lo que influye en su peso específico. Para la estimación de la capacidad portante, se ha empleado la metodología de Terzaghi, ampliamente utilizada en cimentaciones superficiales.

- **Determinación del peso unitario del suelo**

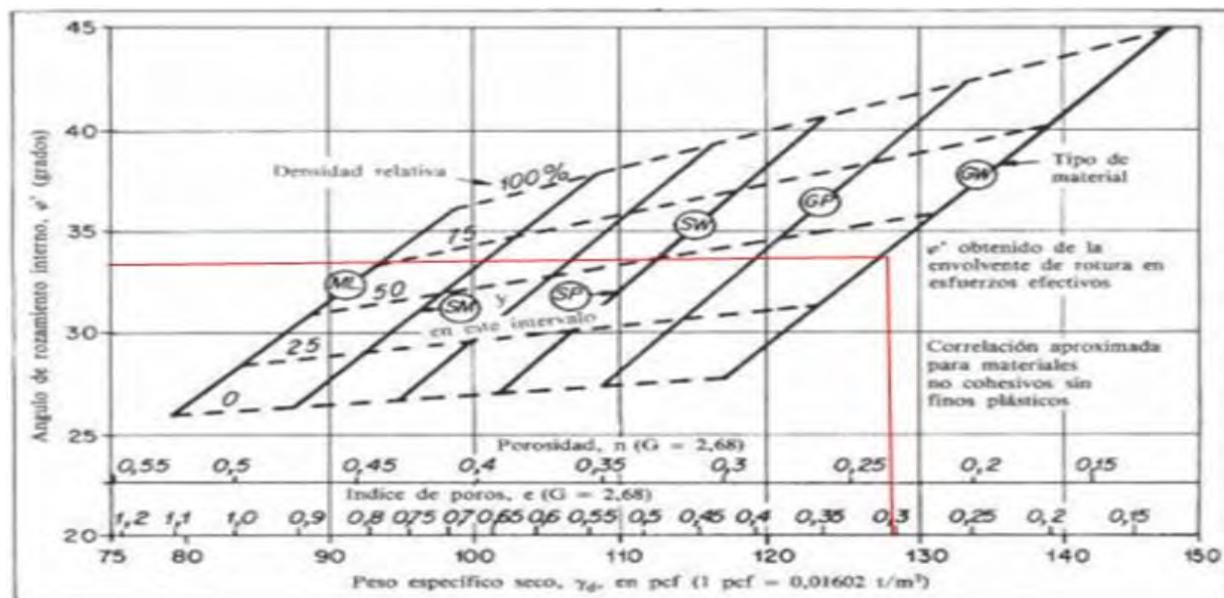
El peso unitario es un parámetro clave en el cálculo de la capacidad portante para suelos granulares, este valor depende del ángulo de fricción interna (ϕ). Se emplean la siguiente metodología para su estimación:

1. **Correlación de NAVFAC DM 7.01**

- Relaciona el ángulo de fricción interna (ϕ) con el peso unitario seco (γ_d) en suelos granulares.
- Es útil cuando no se tiene el dato directo del peso unitario del suelo.

Figura 19

Correlación de NAVFAC -captación



Nota. Tomada de Ingeniería Civil tips. Se muestra el rango de la compacidad relativa y correspondiente rango del ángulo de fricción para un suelo grueso (según el departamento de la marina de Estados Unidos, 1971)

Empleando la correlación de NAVFAC para peso unitario seco, se tiene:

$$\gamma_d = 14.158 + 0.00633 * \phi$$

$$\gamma_d = 14.158 + 0.00633 * 39.33$$

$$\gamma_d = 14.41 \frac{kN}{m^3}$$

Para obtener el peso unitario total, considerando la humedad del suelo la cual es de 10.92%, entonces tenemos:

$$\gamma_t = \gamma_d * (1 + w)$$

$$\gamma_t = 14.41 * (1 + 0.1092)$$

$$\gamma_t = 15.98 \frac{kN}{m^3}$$

Conversión:

$$\gamma_t = 15.98 \frac{kN}{m^3} * \frac{1}{1000} \frac{kg}{cm^3} = 1.598 * 10^{-4} \frac{kg}{cm^3}$$

$$\gamma_t = 1.598 * 10^{-4} \frac{kg}{cm^3}$$

- **Empleo de la Ecuación de Terzaghi**

Según la norma E.050 en suelos friccionantes (gravas, arenas y gravas – arenosas), se emplea una cohesión (c) igual a cero, por lo tanto, la capacidad de carga (q_d) se define:

$$q_d = \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma$$

Los valores considerados en este cálculo son:

- Ángulo de fricción: $\phi = 39.33^\circ$
- Peso unitario: $\gamma = 1.598 * 10^{-4} \frac{kg}{cm^3}$
- Profundidad de cimentación: $D_f = 100\text{cm}$
- Ancho de cimentación: $B = 60\text{cm}$

Los valores de N_c , N_q y N_γ se obtienen con las siguientes ecuaciones de Terzaghi:

$$N_q = \varepsilon^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1.4\phi)$$

Entonces:

$$N_q = \varepsilon^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = \varepsilon^{\pi \tan 39.33} \tan^2 \left(45 + \frac{39.33}{2} \right) \Rightarrow N_q = 58.53$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi) = (58.53 - 1) \tan(1.4 * 39.33) \Rightarrow N_\gamma = 82.35$$

Ahora:

$$q_d = \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma$$

$$q_{ult} = 1.598 * 10^{-4} * 100 * 58.53 + 0.5 * 1.598 * 10^{-4} * 60 * 82.35$$

$$q_d = 1.33 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$q_d = 13.3 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}$$

- **Capacidad portante admisible**

Aplicando un factor de seguridad (FS) = 3, tenemos:

$$q_{adm} = \frac{q_d}{FS}$$

Entonces:

$$q_{adm} = \frac{13.3}{3} \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}$$

$$q_{adm} = 4.43 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}$$

		ENSAYO DE CORTE DIRECTO									
PROYECTO		IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO Poblado de PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO – AÑO 2024.									
UBICACIÓN		DISTRITO DE PAUCARTAMBO - PROVINCIA DE PAUCARTAMBO - REGION CUSCO									

Numero de anillo	1	Numero de anillo	1	Numero de anillo	1
peso de anillo (gr):	43.04	peso de anillo (gr):	43.04	peso de anillo (gr):	43.04
Peso anillo + suelo natural (gr)	146	Peso anillo + suelo natural (gr)	146	Peso anillo + suelo natural (gr)	146
peso anillo + suelo saturado (gr):	130	peso anillo + suelo saturado (gr):	130	peso anillo + suelo saturado (gr):	130
peso suelo seco (gr):	86.85	peso suelo seco (gr):	86.85	peso suelo seco (gr):	86.85

Long. Y ancho de la muestra(mm):	60	Long. Y ancho de la muestra(mm):	60	Long. Y ancho de la muestra(mm):	60
Área del anillo (cm ²)	36	Área del anillo (cm ²)	36	Área del anillo (cm ²)	36
Volumen del anillo (cm ³)	72	Volumen del anillo (cm ³)	72	Volumen del anillo (cm ³)	72

Fuerza normal (kg) esfuerzo aplicado (kg/cm ²):	normal	1	10	Fuerza normal (kg) esfuerzo aplicado (kg/cm ²):	normal	2	20	Fuerza normal (kg) esfuerzo aplicado (kg/cm ²):	normal	3	30
		0.28	kg/cm ²			0.56	kg/cm ²			0.83	kg/cm ²

Despla. Horiz. (mm)	Lect. Dial (f. Hor)	Área Corregida (cm ²)	Esfuerzo vertical (kg/cm ²)	Fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte (kg/cm ²)	Despla. Horiz. (mm)	Lect. Dial (f. Hor)	Área Corregida (cm ²)	Esfuerzo vertical (kg/cm ²)	Fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte (kg/cm ²)	Despla. Horiz. (mm)	Lect. Dial (f. Hor)	Área Corregida (cm ²)	Esfuerzo vertical (kg/cm ²)	Fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte (kg/cm ²)
0.00	0.00	36.00	0.28	0.12	0.00	0.00	0.00	36.00	0.56	0.12	0.00	0.00	0.00	36.00	0.83	0.12	0.00
0.25	1.00	35.85	0.28	0.69	0.02	0.25	0.50	35.85	0.56	0.41	0.01	0.25	4.00	35.85	0.84	2.39	0.07
0.50	1.30	35.70	0.28	0.86	0.02	0.50	0.60	35.70	0.56	0.46	0.01	0.50	5.50	35.70	0.84	3.24	0.09
0.75	1.40	35.55	0.28	0.92	0.03	0.75	1.00	35.55	0.56	0.69	0.02	0.75	7.30	35.55	0.84	4.26	0.12
1.00	2.00	35.40	0.28	1.26	0.04	1.00	1.30	35.40	0.56	0.86	0.02	1.00	8.70	35.40	0.85	5.05	0.14

1.25	2.50	35.25	0.28	1.54	0.04	1.25	1.30	35.25	0.57	0.86	0.02	1.25	10.00	35.25	0.85	5.79	0.16
1.50	2.90	35.10	0.28	1.77	0.05	1.50	1.40	35.10	0.57	0.92	0.03	1.50	10.90	35.10	0.85	6.30	0.18
1.75	3.20	34.95	0.29	1.94	0.06	1.75	2.90	34.95	0.57	1.77	0.05	1.75	11.30	34.95	0.86	6.52	0.19
2.00	3.90	34.80	0.29	2.33	0.07	2.00	3.20	34.80	0.57	1.94	0.06	2.00	11.90	34.80	0.86	6.86	0.20
2.25	4.10	34.65	0.29	2.45	0.07	2.25	4.00	34.65	0.58	2.39	0.07	2.25	12.50	34.65	0.87	7.20	0.21
2.50	4.50	34.50	0.29	2.67	0.08	2.50	4.90	34.50	0.58	2.90	0.08	2.50	13.00	34.50	0.87	7.48	0.22
2.75	4.90	34.35	0.29	2.90	0.08	2.75	5.50	34.35	0.58	3.24	0.09	2.75	14.70	34.35	0.87	8.44	0.25
3.00	5.00	34.20	0.29	2.96	0.09	3.00	6.90	34.20	0.58	4.03	0.12	3.00	15.20	34.20	0.88	8.73	0.26
3.25	5.20	34.05	0.29	3.07	0.09	3.25	8.20	34.05	0.59	4.77	0.14	3.25	16.10	34.05	0.88	9.23	0.27
3.50	5.30	33.90	0.29	3.13	0.09	3.50	9.90	33.90	0.59	5.73	0.17	3.50	16.70	33.90	0.88	9.57	0.28
3.75	6.00	33.75	0.30	3.52	0.10	3.75	10.40	33.75	0.59	6.01	0.18	3.75	17.10	33.75	0.89	9.80	0.29
4.00	6.10	33.60	0.30	3.58	0.11	4.00	12.50	33.60	0.60	7.20	0.21	4.00	17.90	33.60	0.89	10.25	0.31
4.25	6.30	33.45	0.30	3.69	0.11	4.25	13.20	33.45	0.60	7.60	0.23	4.25	19.70	33.45	0.90	11.26	0.34
4.50	6.00	33.30	0.30	3.52	0.11	4.50	14.30	33.30	0.60	8.22	0.25	4.50	20.70	33.30	0.90	11.83	0.36
4.75	7.00	33.15	0.30	4.09	0.12	4.75	16.50	33.15	0.60	9.46	0.29	4.75	21.60	33.15	0.90	12.33	0.37
5.00	8.90	33.00	0.30	5.17	0.16	5.00	17.50	33.00	0.61	10.02	0.30	5.00	22.50	33.00	0.91	12.84	0.39
5.25	9.20	32.85	0.30	5.33	0.16	5.25	17.50	32.85	0.61	10.02	0.31	5.25	23.30	32.85	0.91	13.29	0.40
5.50	10.00	32.70	0.31	5.79	0.18	5.50	18.90	32.70	0.61	10.81	0.33	5.50	23.90	32.70	0.92	13.63	0.42
5.75	11.00	32.55	0.31	6.35	0.20	5.75	20.00	32.55	0.61	11.43	0.35	5.75	24.90	32.55	0.92	14.19	0.44
6.00	11.90	32.40	0.31	6.86	0.21	6.00	21.80	32.40	0.62	12.45	0.38	6.00	25.30	32.40	0.93	14.42	0.44
6.25	12.30	32.25	0.31	7.09	0.22	6.25	23.00	32.25	0.62	13.12	0.41	6.25	26.80	32.25	0.93	15.26	0.47
6.50	12.90	32.10	0.31	7.43	0.23	6.50	23.90	32.10	0.62	13.63	0.42	6.50	27.80	32.10	0.93	15.82	0.49
6.75	13.30	31.95	0.31	7.65	0.24	6.75	24.50	31.95	0.63	13.97	0.44	6.75	28.50	31.95	0.94	16.22	0.51
7.00	13.90	31.80	0.31	7.99	0.25	7.00	25.00	31.80	0.63	14.25	0.45	7.00	29.50	31.80	0.94	16.78	0.53
7.25	13.90	31.65	0.32	7.99	0.25	7.25	25.90	31.65	0.63	14.75	0.47	7.25	30.30	31.65	0.95	17.23	0.54
7.50	14.20	31.50	0.32	8.16	0.26	7.50	26.40	31.50	0.63	15.04	0.48	7.50	31.30	31.50	0.95	17.79	0.56
7.75	14.20	31.35	0.32	8.16	0.26	7.75	27.30	31.35	0.64	15.54	0.50	7.75	31.90	31.35	0.96	18.13	0.58
8.00	15.10	31.20	0.32	8.67	0.28	8.00	28.00	31.20	0.64	15.94	0.51	8.00	32.50	31.20	0.96	18.46	0.59
8.25	15.30	31.05	0.32	8.78	0.28	8.25	28.50	31.05	0.64	16.22	0.52	8.25	33.10	31.05	0.97	18.80	0.61
8.50	15.60	30.90	0.32	8.95	0.29	8.50	29.20	30.90	0.65	16.61	0.54	8.50	34.50	30.90	0.97	19.59	0.63
8.75	15.90	30.75	0.33	9.12	0.30	8.75	30.00	30.75	0.65	17.06	0.55	8.75	34.70	30.75	0.98	19.70	0.64
9.00	16.20	30.60	0.33	9.29	0.30	9.00	30.70	30.60	0.65	17.45	0.57	9.00	35.10	30.60	0.98	19.92	0.65

9.25	16.50	30.45	0.33	9.46	0.31	9.25	31.30	30.45	0.66	17.79	0.58	9.25	35.20	30.45	0.99	19.98	0.66
9.50	16.90	30.30	0.33	9.68	0.32	9.50	32.00	30.30	0.66	18.18	0.60	9.50	35.70	30.30	0.99	20.26	0.67
9.75	16.90	30.15	0.33	9.68	0.32	9.75	32.70	30.15	0.66	18.58	0.62	9.75	36.10	30.15	1.00	20.48	0.68
10.00	16.90	30.00	0.33	9.68	0.32	10.00	33.20	30.00	0.67	18.86	0.63	10.00	36.20	30.00	1.00	20.54	0.68
10.25	17.00	29.85	0.34	9.74	0.33	10.25	34.00	29.85	0.67	19.31	0.65	10.25	36.50	29.85	1.01	20.71	0.69
10.50	17.00	29.70	0.34	9.74	0.33	10.50	34.20	29.70	0.67	19.42	0.65	10.50	36.50	29.70	1.01	20.71	0.70
10.75	17.10	29.55	0.34	9.80	0.33	10.75	35.00	29.55	0.68	19.87	0.67	10.75	36.50	29.55	1.02	20.71	0.70
11.00	17.10	29.40	0.34	9.80	0.33	11.00	35.50	29.40	0.68	20.15	0.69	11.00	36.50	29.40	1.02	20.71	0.70
11.25	17.20	29.25	0.34	9.85	0.34	11.25	36.70	29.25	0.68	20.82	0.71	11.25	37.00	29.25	1.03	20.99	0.72
11.50	17.20	29.10	0.34	9.85	0.34	11.50	37.10	29.10	0.69	21.04	0.72	11.50	37.10	29.10	1.03	21.04	0.72
11.75	17.50	28.95	0.35	10.02	0.35	11.75	37.90	28.95	0.69	21.49	0.74	11.75	37.80	28.95	1.04	21.44	0.74
12.00	17.50	28.80	0.35	10.02	0.35	12.00	38.10	28.80	0.69	21.60	0.75	12.00	38.10	28.80	1.04	21.60	0.75
12.25	17.50	28.65	0.35	10.02	0.35	12.25	38.90	28.65	0.70	22.05	0.77	12.25	38.70	28.65	1.05	21.94	0.77
12.50	17.50	28.50	0.35	10.02	0.35	12.50	39.50	28.50	0.70	22.39	0.79	12.50	39.10	28.50	1.05	22.16	0.78
12.75	17.80	28.35	0.35	10.19	0.36	12.75	40.50	28.35	0.71	22.95	0.81	12.75	39.80	28.35	1.06	22.56	0.80
13.00	17.90	28.20	0.35	10.25	0.36	13.00	41.00	28.20	0.71	23.23	0.82	13.00	40.10	28.20	1.06	22.72	0.81
13.25	18.00	28.05	0.36	10.31	0.37	13.25	41.30	28.05	0.71	23.40	0.83	13.25	40.10	28.05	1.07	22.72	0.81
13.50	18.20	27.90	0.36	10.42	0.37	13.50	41.90	27.90	0.72	23.73	0.85	13.50	40.90	27.90	1.08	23.17	0.83

velocidad de carga:

0.05

ecuación de anillo de corte:

$$ax^2+bx+c$$

a	b	c
-0.0000928	0.56732576	0.12333333

lectura de los diales de deformación horizontal

Para el espécimen 1	
0	0
25	0.25
50	0.5
75	0.75
100	1
125	1.25
150	1.5
175	1.75
200	2
225	2.25
250	2.5
275	2.75
300	3
325	3.25
350	3.5
375	3.75
400	4
425	4.25

Para el espécimen 2	
0	0
25	0.25
50	0.5
75	0.75
100	1
125	1.25
150	1.5
175	1.75
200	2
225	2.25
250	2.5
275	2.75
300	3
325	3.25
350	3.5
375	3.75
400	4
425	4.25

Para el espécimen 3	
0	0
25	0.25
50	0.5
75	0.75
100	1
125	1.25
150	1.5
175	1.75
200	2
225	2.25
250	2.5
275	2.75
300	3
325	3.25
350	3.5
375	3.75
400	4
425	4.25

450	4.5
475	4.75
500	5
525	5.25
550	5.5
575	5.75
600	6
625	6.25
650	6.5
675	6.75
700	7
725	7.25
750	7.5
775	7.75
800	8
825	8.25
850	8.5
875	8.75
900	9
925	9.25
950	9.5
975	9.75
1000	10
1025	10.25
1050	10.5
1075	10.75
1100	11
1125	11.25
1150	11.5
1175	11.75
1200	12

450	4.5
475	4.75
500	5
525	5.25
550	5.5
575	5.75
600	6
625	6.25
650	6.5
675	6.75
700	7
725	7.25
750	7.5
775	7.75
800	8
825	8.25
850	8.5
875	8.75
900	9
925	9.25
950	9.5
975	9.75
1000	10
1025	10.25
1050	10.5
1075	10.75
1100	11
1125	11.25
1150	11.5
1175	11.75
1200	12

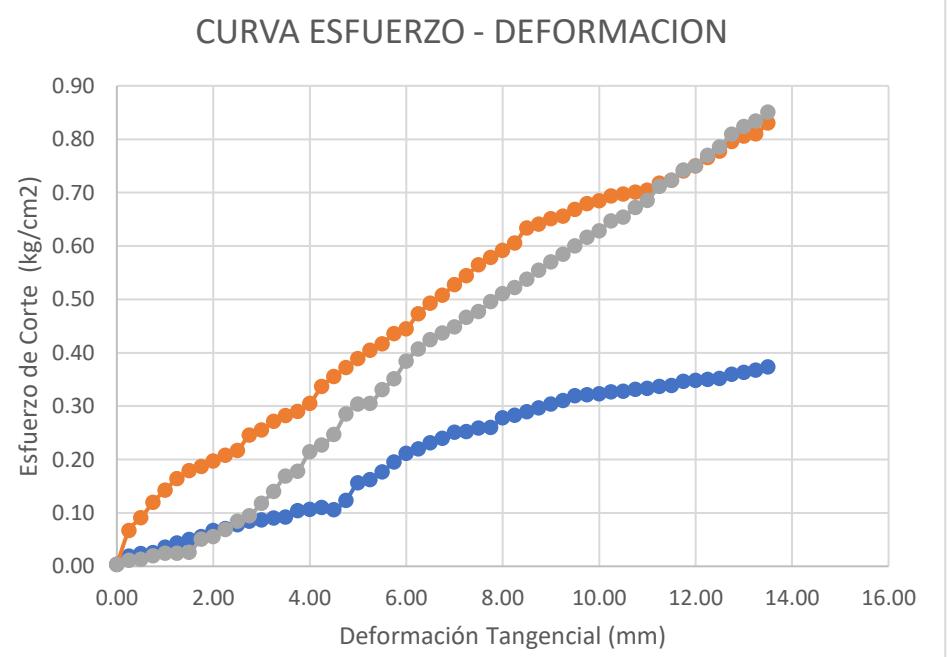
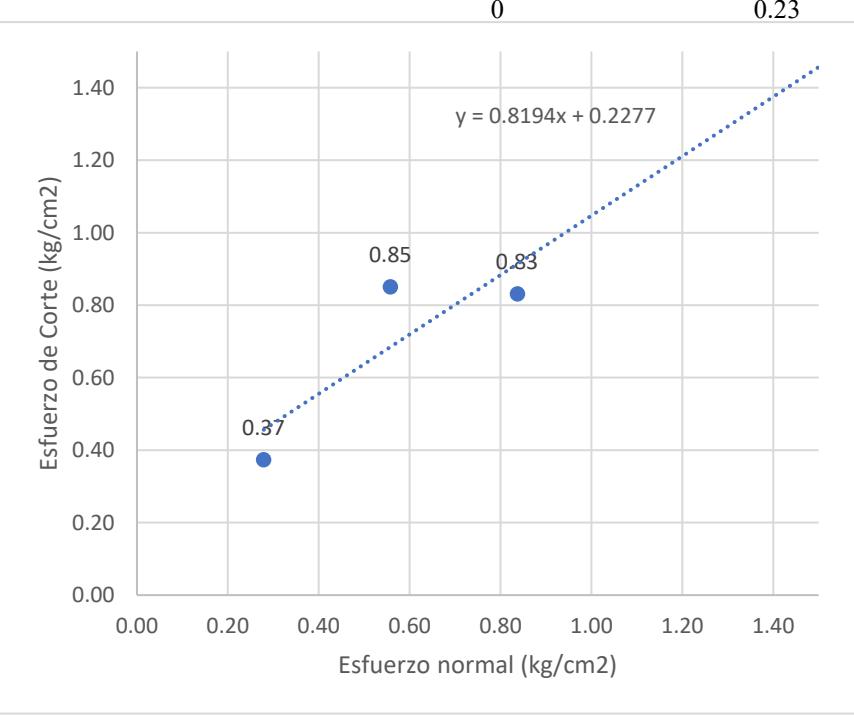
450	4.5
475	4.75
500	5
525	5.25
550	5.5
575	5.75
600	6
625	6.25
650	6.5
675	6.75
700	7
725	7.25
750	7.5
775	7.75
800	8
825	8.25
850	8.5
875	8.75
900	9
925	9.25
950	9.5
975	9.75
1000	10
1025	10.25
1050	10.5
1075	10.75
1100	11
1125	11.25
1150	11.5
1175	11.75
1200	12

1225	12.25
1250	12.5
1275	12.75
1300	13
1325	13.25
1350	13.5

1225	12.25
1250	12.5
1275	12.75
1300	13
1325	13.25
1350	13.5

1225	12.25
1250	12.5
1275	12.75
1300	13
1325	13.25
1350	13.5

Nº Espécimen	Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)	pendiente		
1	0.278940028	0.37	m	0.81939718	C = 0.28 kg/cm²
2	0.557880056	0.85	φ	0.68645709	
3	0.836820084	0.83	φ (grados)	39.331094	



4.4.2. Reservorio

Para asegurar la estabilidad y el buen funcionamiento del reservorio, se realizó un estudio del suelo en la zona donde se construirá. Como parte de este trabajo, se tomaron muestras que fueron analizadas en laboratorio para conocer sus características. los resultados obtenidos serán fundamentales para la construcción garantizando que la estructura sea segura y duradera.

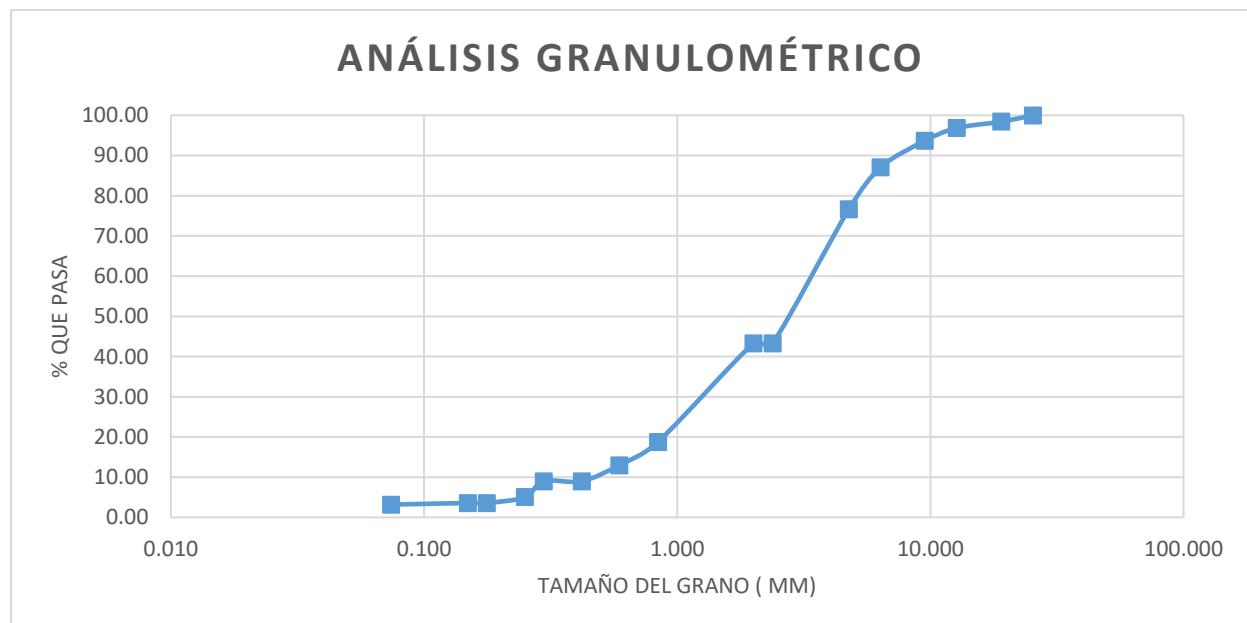
- **Análisis granulométrico - NTP 339.128.**

Para conocer las características del suelo en la zona del reservorio, se llevó a cabo un análisis granulométrico. Este estudio permitió determinar la distribución de tamaños de las partículas del suelo, información clave para evaluar su comportamiento y su idoneidad para la construcción.

- **Curva granulométrica:**

Figura 20

Curva granulométrica - Zona reservorio

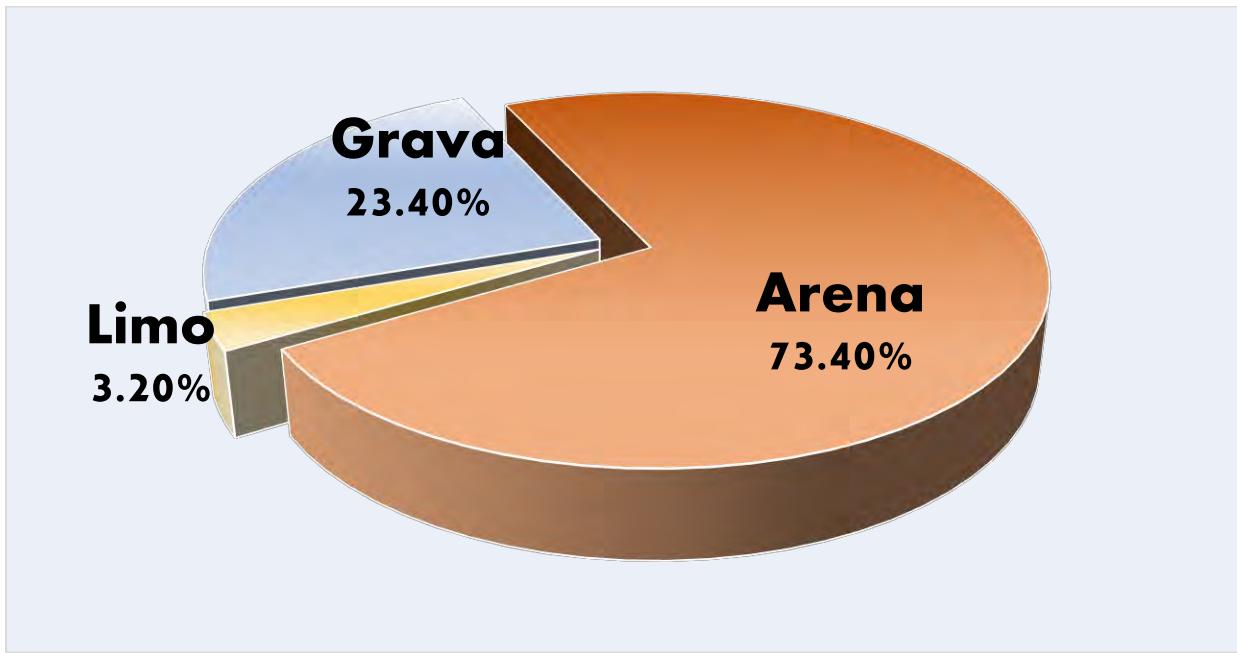


Nota. Elaboración propia.

- ✓ Se observa una distribución de partículas con una mayor proporción de arena y grava, indicando un suelo predominantemente arenoso con bajo contenido de finos.
- ✓ La pendiente de la curva granulométrica muestra una distribución relativamente uniforme, con un tramo más inclinado en las arenas gruesas, lo que sugiere que el suelo está bien graduado.
- ✓ El porcentaje de material fino (suelo que pasa por el tamiz N°200) es de 3.20%, lo que indica una baja presencia de partículas menores a 0.074mm por ende una alta permeabilidad del suelo.

Figura 21

Distribución granulométrica - Calicata C-2



Nota. Elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos y representados en la figura 10, se observa la siguiente distribución:

- ✓ **Grava (23.40%):** representa una fracción importante del suelo, lo que indica una estructura relativamente gruesa con buena estabilidad y drenaje. La presencia de grava

puede mejorar la resistencia del suelo y su capacidad de soporte, aunque en exceso podría afectar la compactación.

- ✓ **Arena (73.40%):** es el comportamiento predominante, lo que sugiere un suelo de textura granular con alta permeabilidad y baja retención de humedad. Este tipo de suelo facilita el flujo de agua, reduciendo la acumulación de humedad en la zona del reservorio.
- ✓ **Finos (3.20%):** corresponde a limo y arcilla, cuya presencia es mínima. Un bajo contenido de finos implica una reducida plasticidad, menor capacidad de retención de agua y menor riesgo de expansión o contracción ante variaciones de humedad.

Tabla 17

Análisis granulométrico - Reservorio

Proyecto: **Implementación del Sistema de Riego del Centro Poblado de Parpacalla del Distrito y Provincia de Paucartambo, Región Cusco - Año 2024**

Norma: ASTM D 422

Región: Cusco Provincia: Cusco

Distrito: Paucartambo

Calicata: C-2

Ubicación: Parpacalla

Profundidad: 3 metros

Sector: Parpacalla

Peso de la Muestra 1454.78 gr.

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Retenido (%)	% Retenido Acumulado	% Q' Pasa
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100
3/4"	19.050	22.93	1.58	1.58	98.42
1/2"	12.700	23.24	1.60	3.17	96.83
3/8"	9.500	46.38	3.19	6.36	93.64
1/4"	6.350	96.15	6.61	12.97	87.03
Nº 4	4.760	151.73	10.43	23.40	76.60
Nº 8	2.380	484.91	33.33	56.73	43.27
Nº 10	2.000	0.00	0.00	56.73	43.27
Nº 20	0.840	355.96	24.47	81.20	18.80
Nº 30	0.590	84.62	5.82	87.02	12.98
Nº 40	0.420	57.84	3.98	90.99	9.01
Nº 50	0.297	0.00	0.00	90.99	9.01
Nº 60	0.250	57.84	3.98	94.97	5.03
Nº 80	0.177	21.03	1.45	96.42	3.58
Nº 100	0.149	0.15	0.01	96.43	3.57
Nº 200	0.074	5.50	0.38	96.80	3.20
Fondo		46.50	3.20	100.00	0.00
Total Retenido		1454.78			

- **Análisis de la adecuación del suelo para la construcción del reservorio.**

Tras el análisis granulométrico realizado, se identificó que el suelo en la zona del reservorio está compuesto por 73.40% de arena, 23.40% de grava y 3.20% de finos (limo y arcilla). Con base a estos resultados, y evaluando la idoneidad para la construcción del reservorio se deben considerar los siguientes aspectos:

- ✓ **Permeabilidad del suelo:** La predominancia de arena y grava facilita el paso del agua, lo que puede provocar filtraciones en el reservorio y dificultar la retención del agua.
- ✓ **Capacidad de retención de agua:** la baja proporción de limos y arcillas implica que el suelo tiene una escasa capacidad de retención de agua. Lo que es un factor desfavorable para la funcionalidad del reservorio.
- ✓ **Estabilidad estructural:** la presencia de grava y arena gruesa otorga estabilidad y soporte a la estructura, lo que puede ser beneficioso para la cimentación del reservorio y evitar asentamientos diferenciales.

Si bien el suelo presenta buena estabilidad estructural, su alta permeabilidad y bajo contenido de finos no favorecen la retención de agua, lo que podría comprometer la funcionalidad del reservorio. Para mejorar su desempeño, se sugiere la siguiente medida:

- **Impermeabilización:** incorporar aditivo impermeabilizante al tarrajeo de muros para reducir la filtración de agua en la zona del reservorio.

Si bien el suelo brinda estabilidad estructural por sus características granulométricas, su alta permeabilidad requiere de medidas de impermeabilización. La incorporación de aditivo impermeabilizante en el tarrajeo es una solución óptima para mejorar la eficiencia hidráulica del reservorio y garantizar su funcionalidad a largo plazo.

Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos - NTP 339.129.

- **Análisis del límite líquido (L.L.)**

Para establecer el límite líquido de la muestra de suelo, se determinó el contenido de humedad en relación con la cantidad de golpes necesarios en el aparato de Casagrande para lograr el cierre de la ranura estándar.

Tabla 18

Ensayo de Limites de consistencia

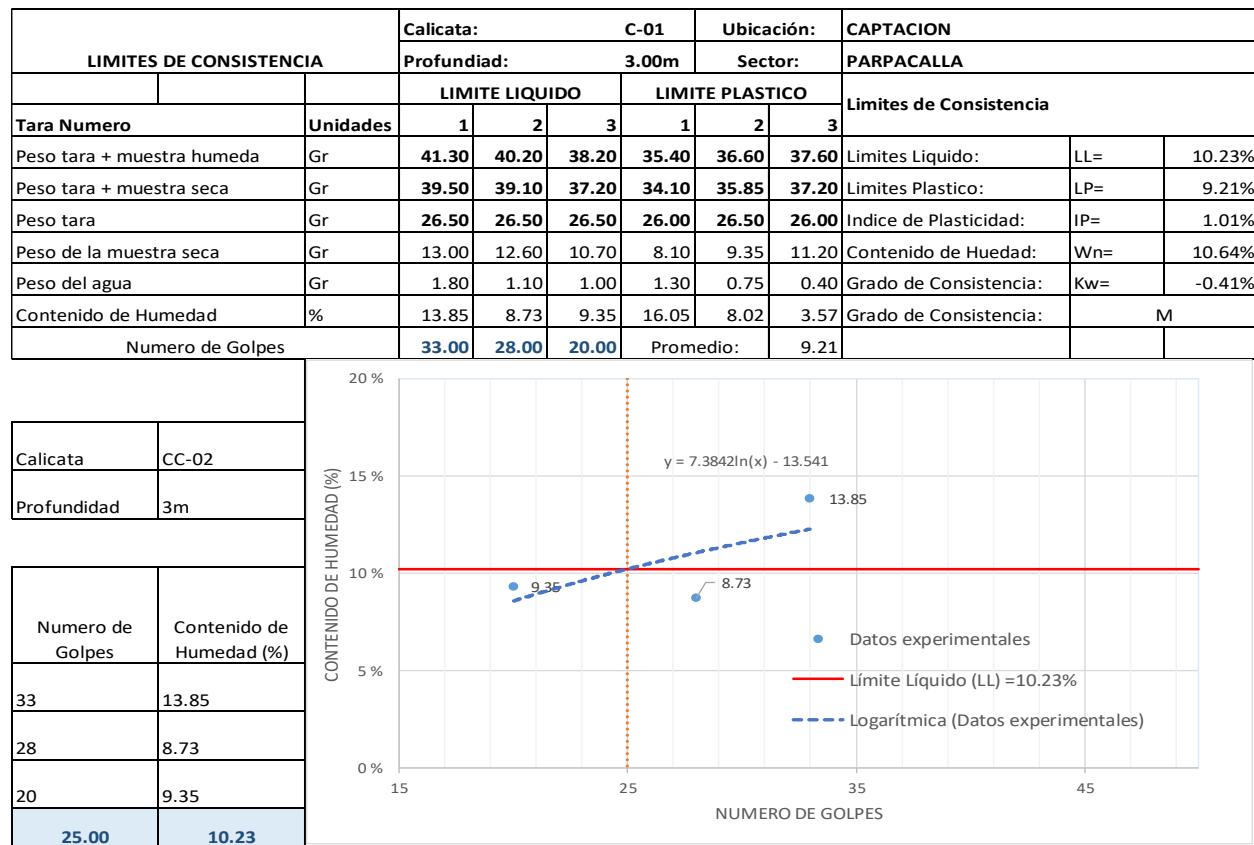
ENSAJOS DE LIMITES DE CONSISTENCIA

TESIS: "IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024"

ENSAJO: LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO NORMA: ASTM D 4318
LIMITE PLASTICO NORMA: ASTM D 4318

Calicata: C-02



Datos obtenidos:

- ✓ Número de golpes: 33, 28 y 20
- ✓ Contenido de humedad: 13.85%, 8.73% y 9.35%

La ecuación de la línea de tendencia obtenida en la gráfica es:

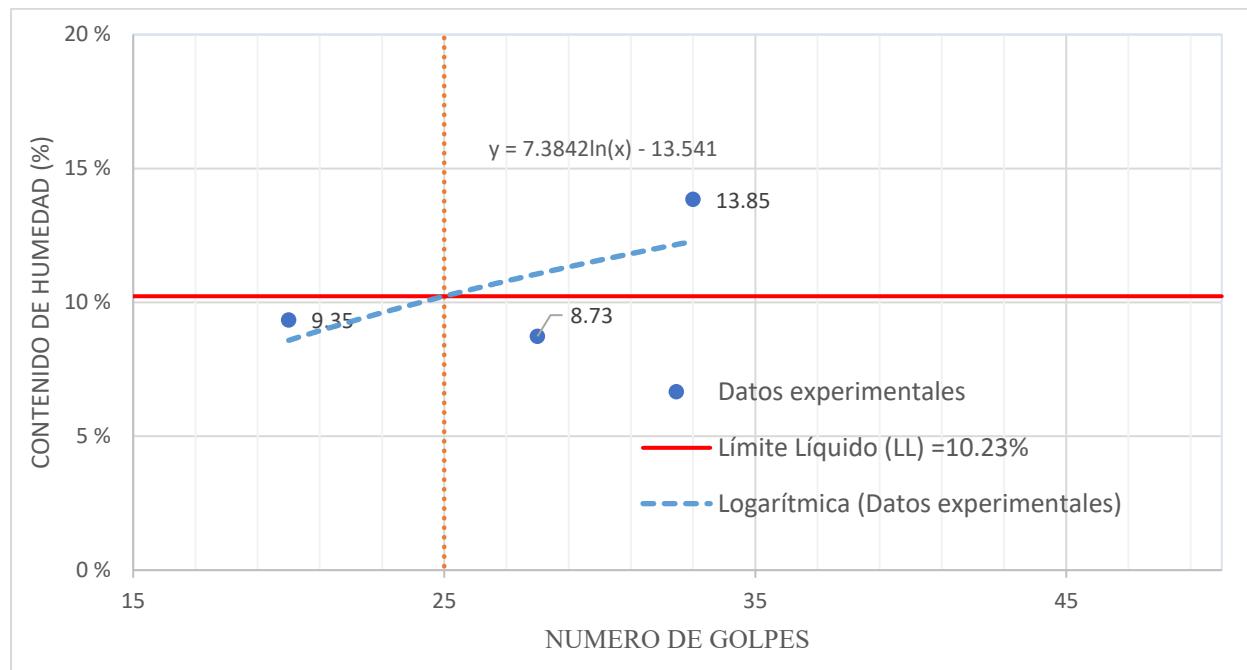
$$y = 7.3842 \ln(x) - 13.541$$

Sustituyendo X=25 golpes (criterio estándar para determinar L.L.):

$$LL = 7.3842 \ln(25) - 13.541 = 10.23\%$$

Figura 22

Curva de flujo - determinación del límite líquido – C-2



Nota. Elaboración propia.

- ❖ El suelo en la zona del reservorio tiene un límite líquido de 10.23%, lo que indica una baja plasticidad y escasa capacidad de retención de agua.
- **Análisis del límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)**

En esta parte, se muestran los resultados obtenidos para el límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP) del suelo estudiado. Estos valores ayudan a determinar la cohesión del suelo y su capacidad de deformarse sin romperse, aspectos fundamentales para su clasificación y comportamiento.

- ✓ Limite plástico: 9.21%

El índice de plasticidad (IP) se calcula como:

$$IP = LL - LP = 10.23\% - 9.21\% = 1.01\%$$

- ❖ Un índice de plasticidad indica que el suelo es de baja plasticidad, lo que sugiere un material con un contenido muy reducido de arcillas expansivas.

- **Contenido de Humedad Natural (Wn)**

Contenido de humedad natural (Wn): 10.64%

- Se obtuvo un valor de 10.64%, cercano al límite líquido, lo que sugiere que el suelo podría estar en un estado semisólido a plástico bajo condiciones naturales.
- **Clasificación de tipo de suelos – SUCS**

De la tabla de granulometría se tiene en cuenta lo siguiente:

Tabla 19

Porcentajes de suelo que pasa para clasificación SUCS - C-2

Suelo		%
Tamiz	Abertura (mm)	Pasante
Nº4	4.76	76.6
Nº200	0.074	3.2

Nota. Elaboración propia. Tomado del análisis granulométrico de la muestra de suelo C-2

$$\% G = (100 - 76.6)\% = 23.40\%$$

$$\% S = (76.6 - 3.2)\% = 73.40\%$$

$$\% F = 3.20\%$$

- ✓ El suelo tiene mayor presencia de arena con un %S = 73.40%

Para determinar la gradación del suelo, se determinará mediante los coeficientes de uniformidad Allen Hazen:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad Cu = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Donde:

$Cu > 4$ (para gravas) o $Cu > 6$ (para arenas) y $1 \leq Cc \leq 3$, el suelo es bien gradado. De lo contrario, es mal gradado (uniforme o con deficiencias en ciertas fracciones).

- ✓ Para el cálculo de los coeficientes, se realiza una aproximación con la ecuación de la recta teniendo en cuenta la pendiente de la curva granulométrica:

$$y = mx$$

$$y_0 - y_1 = m(x_0 - x_1)$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Obteniéndose lo siguiente:

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

Tabla 20

Parámetros para evaluación de gradación de suelo – Captación

	Y0	Y1	X1	Y2	X2
D60	60%	76.60%	4.76	43.27%	2.38
D30	30%	43.27%	2.38	18.80%	0.84
D10	10%	12.98%	0.59	9.01%	0.42

Nota. Elaboración propia.

La tabla anterior muestra un resumen de los principales parámetros granulométricos empleados para analizar

- ✓ Para **D₆₀**

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

$$D_{60} = 10^{(60\% - 76.60\%) \left[\frac{\log(2.38) - \log(4.76)}{43.27\% - 76.60\%} \right] + \log(4.76)}$$

$$D_{60} = 3.370$$

- ✓ Para **D₃₀**

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

$$D_{30} = 10^{(30\% - 43.27\%) \left[\frac{\log(0.84) - \log(2.38)}{18.80\% - 43.27\%} \right] + \log(2.38)}$$

$$D_{30} = 1.353$$

✓ Para D₁₀

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

$$D_{10} = 10^{(10\% - 12.98\%) \left[\frac{\log(0.42) - \log(0.59)}{9.01\% - 12.98\%} \right] + \log(0.59)}$$

$$D_{10} = 0.457$$

Teniendo los valore de D₆₀, D₃₀ y D₁₀ se procede con el cálculo de los coeficientes de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{3.370}{0.457} = 7.302$$

$$Cu = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} = \frac{1.353^2}{0.457 * 3.370} = 1.189$$

- teniendo en cuenta que la presencia de arena es mayor en la muestra y Cu>4. Además, 1 ≤ Cc ≤ 3 el suelo es de tipo arenoso bien gradado.
- El suelo se clasifica como: SW Arena bien gradada.
- El suelo analizado en laboratorio se presenta como una arena bien gradada, lo que implica ser apto para construcciones con una estabilidad y drenaje eficiente. No obstante, se recomienda considerar medidas de impermeabilización para evitar pérdidas de agua por infiltración.

Ensayo de Corte Directo - NTP 339.171.

Se realizó un ensayo de corte directo en muestras de suelo con el objetivo de determinar sus parámetros de resistencia al esfuerzo cortante. A partir de los valores obtenidos de esfuerzo

normal y esfuerzo cortante en tres especímenes, se calcularon la cohesión y el ángulo de fricción interna.

A continuación, se presentan los cálculos obtenidos junto con la gráfica de la envolvente de falla del suelo.

- **Cálculo del ángulo de fricción y cohesión**

Del ensayo realizado a tres muestras en la máquina de corte directo se obtuvo los siguientes esfuerzos, descritos a continuación:

Tabla 21

Resultados del ensayo de corte directo – Reservorio

Nº Espécimen	Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)
1	0.278940028	0.42
2	0.557880056	0.85
3	0.836820084	0.87

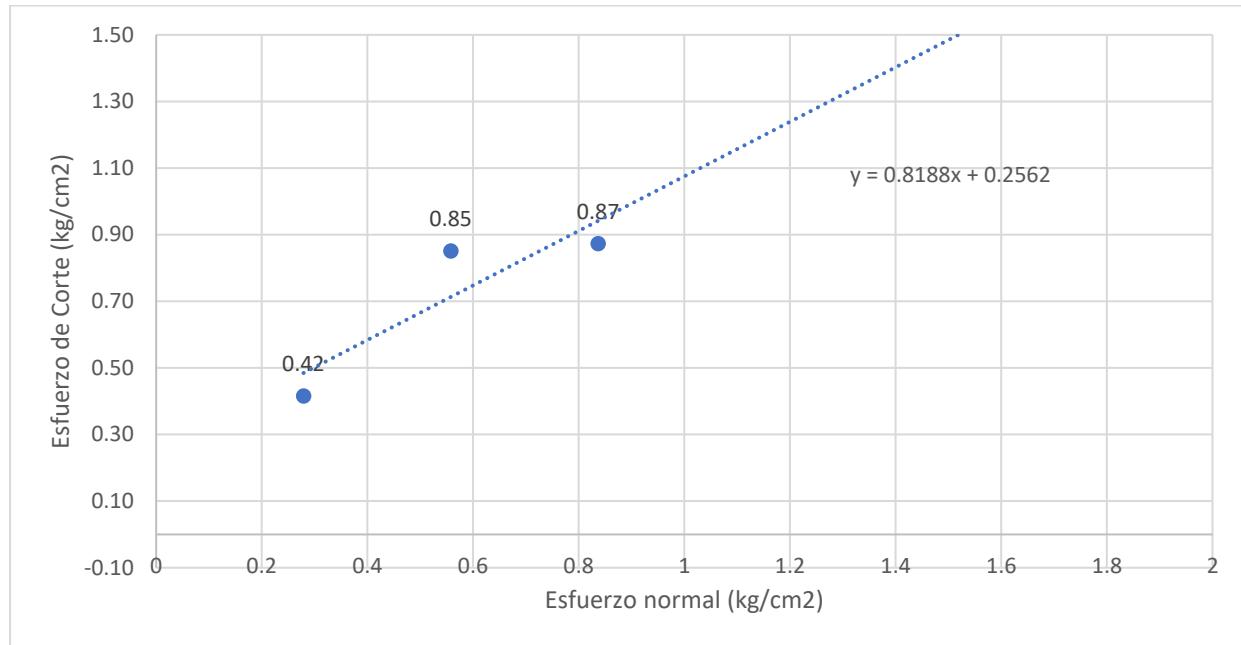
Nota. Resultados obtenidos a partir del ensayo de corte directo a las muestras extraídas de la calicata C- (reservorio).

A partir de los resultados obtenidos, se genera la envolvente de Mohr-Coulomb ajustando una línea recta a los puntos de esfuerzo normal y cortante, obteniéndose la recta que describe la envolvente de Mohr – Coulomb.

- ✓ Determinación de la pendiente ($\tan \phi$): La pendiente de la recta es igual a la tangente ($\tan \phi$), de donde se despeja ϕ .
- ✓ Intersección con el eje de esfuerzo cortante (**c**): El punto donde la recta corta el eje del esfuerzo cortante representa la cohesión.

Figura 23

Envolvente de Mohr-Coulomb para el ensayo de corte directo-reservorio.



Nota. Elaboración propia. La figura muestra el envolvente de Mohr -Coulomb para el ensayo de tres muestras de suelo en la máquina de corte directo.

- **Resultados del Ensayo de Corte Directo**

A partir del ajuste de la envolvente de Mohr – Coulomb, se han obtenido los siguientes parámetros:

Para determinar los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante del suelo (cohesión y ángulo de fricción interna), utilizamos la ecuación de la envolvente de falla de Mohr-Coulomb:

$$\tau = c + \sigma \tan (\phi)$$

donde:

- ✓ τ : esfuerzo cortante (kg/cm²)
- ✓ σ : esfuerzo normal (kg/cm²)
- ✓ c : cohesión del suelo (kg/cm²)
- ✓ ϕ : ángulo de fricción interna (°)

Dado que tenemos tres pares de datos de esfuerzo normal y esfuerzo cortante, realizamos un ajuste de regresión lineal de la forma:

$$\tau = m\sigma + b$$

Donde:

- ✓ $m = \tan(\phi)$ (pendiente de la recta)
- ✓ $b = c$ (intersección con el eje τ)

Entonces:

$$y = 0.8188 x + 0.2562$$

$$\tau = m\sigma + b$$

$$\phi = \tan^{-1}(m) = \tan^{-1}(0.8188)$$

$$\phi = 39.31^\circ$$

$$c = 0.2562 \text{ kg/cm}^2$$

Los valores obtenidos para la cohesión y el ángulo de fricción interna indican que el suelo posee una resistencia significativa al esfuerzo cortante. Estos parámetros son fundamentales para evaluar la estabilidad del suelo en aplicaciones como cimentaciones.

Cálculo de la capacidad portante del suelo

Este parámetro permite evaluar la capacidad del suelo para resistir cargas sin experimentar fallas. Con base en los resultados del ensayo de corte directo, se determinará la capacidad portante del terreno, asegurando un diseño estructural seguro y eficiente.

El suelo estudiado se clasifica como granular con presencia de arenas y presenta una humedad del 10.64%, factor que influye en su peso específico. Para estimar su capacidad portante, se ha aplicado la metodología de Terzaghi, ampliamente reconocida en el diseño de cimentaciones superficiales.

- **Determinación del peso unitario del suelo**

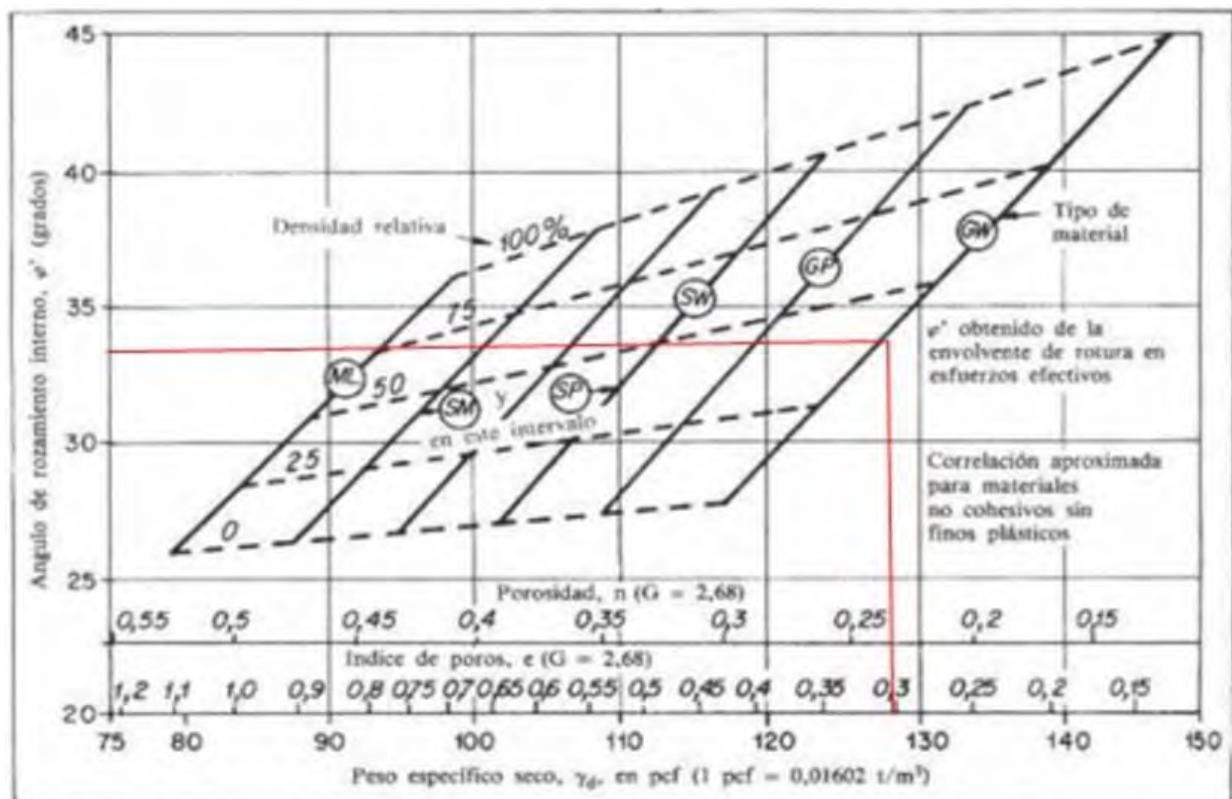
El peso unitario es un parámetro clave en el cálculo de la capacidad portante para suelos granulares, este valor depende del ángulo de fricción interna (ϕ). Se emplean la siguiente metodología para su estimación:

1. **Correlación de NAVFAC DM 7.01**

- Relaciona el ángulo de fricción interna (ϕ) con el peso unitario seco (γ_d) en suelos granulares.
- Es útil cuando no se tiene el dato directo del peso unitario del suelo.

Figura 24

Correlación de NAVFAC -reservorio



Nota. Tomada de Ingeniería Civil tips. Se muestra el rango de la compacidad relativa y correspondiente rango del ángulo de fricción para un suelo grueso (según el departamento de la marina de Estados Unidos, 1971)

Empleando la correlación de NAVFAC para peso unitario seco, se tiene:

$$\gamma_d = 14.158 + 0.00633 * \phi$$

$$\gamma_d = 14.158 + 0.00633 * 39.31$$

$$\gamma_d = 14.24 \frac{kN}{m^3}$$

Para obtener el peso unitario total, considerando la humedad del suelo la cual es de 10.92%,

entonces tenemos:

$$\gamma_t = \gamma_d * (1 + w)$$

$$\gamma_t = 14.24 * (1 + 0.1064)$$

$$\gamma_t = 15.80 \frac{kN}{m^3}$$

Conversión:

$$\gamma_t = 15.80 \frac{kN}{m^3} * \frac{1}{1000} \frac{kg}{cm^3} = 1.580 * 10^{-4} \frac{kg}{cm^3}$$

$$\gamma_t = 1.580 * 10^{-4} \frac{kg}{cm^3}$$

- **Empleo de la Ecuación de Terzaghi**

$$q_{ult} = c N_c + \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma$$

Los valores considerados en este cálculo son:

- Cohesión: $c = 0.2562 \frac{kg}{cm^2}$
- Ángulo de fricción: $\phi = 39.31^\circ$
- Peso unitario: $\gamma = 1.580 * 10^{-4} \frac{kg}{cm^3}$
- Profundidad de cimentación: $D_f = 200 \text{ cm}$
- Ancho de cimentación: $B = 40 \text{ cm}$

Los valores de N_c , N_q y N_γ se obtienen con las siguientes ecuaciones de Terzaghi:

$$N_q = \varepsilon^{\pi \tan \phi} \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

Entonces:

$$N_q = \varepsilon^{\pi \tan \phi} \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) = \varepsilon^{\pi \tan 39.31} \tan^2\left(45 + \frac{39.31}{2}\right) \Rightarrow N_q = 58.37$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (58.37 - 1) \cot(39.31) \Rightarrow N_c = 5.08$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi) = (58.37 - 1) \tan(1.4 * 39.31) \Rightarrow N_\gamma = 82.04$$

Ahora:

$$q_d = \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma$$

$$q_{ult} = 1.580 * 10^{-4} * 200 * 58.37 + 0.5 * 1.580 * 10^{-4} * 40 * 82.04$$

$$q_d = 2.104 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$q_d = 21.04 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}$$

- **Capacidad portante admisible**

Aplicando un factor de seguridad (FS) = 3, tenemos:

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS}$$

Entonces:

$$q_{adm} = \frac{21.04}{3}$$

$$q_{adm} = 7.01 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}$$

		ENSAYO DE CORTE DIRECTO											
PROYECTO	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO – AÑO 2024.												
UBICACIÓN	DISTRITO DE PAUCARTAMBO - PROVINCIA DE PAUCARTAMBO - REGION CUSCO												

Numero de anillo	1	Numero de anillo	1	Numero de anillo	1
peso de anillo (gr):	43.04	peso de anillo (gr):	43.04	peso de anillo (gr):	43.04
Peso anillo + suelo natural (gr)	146	Peso anillo + suelo natural (gr)	146	Peso anillo + suelo natural (gr)	146
peso anillo + suelo saturado (gr):	130	peso anillo + suelo saturado (gr):	130	peso anillo + suelo saturado (gr):	130
peso suelo seco (gr):	86.85	peso suelo seco (gr):	86.85	peso suelo seco (gr):	86.85
Long. Y ancho de la muestra(mm):	60	Long. Y ancho de la muestra(mm):	60	Long. Y ancho de la muestra(mm):	60
Área del anillo (cm2)	36	Área del anillo (cm2)	36	Área del anillo (cm2)	36
Volumen del anillo (cm3)	72	Volumen del anillo (cm3)	72	Volumen del anillo (cm3)	72
Fuerza normal (kg) esfuerzo aplicado (kg/cm2):	1 normal 0.28 kg/cm2	Fuerza normal (kg) esfuerzo aplicado (kg/cm2):	2 normal 0.56 kg/cm2	Fuerza normal (kg) esfuerzo aplicado (kg/cm2):	3 normal 0.83 kg/cm2
Despla. Horiz.	Lect. Dial	Área Corregida (cm2)	Esfuerzo vertical (kg/cm2)	Fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte (kg/cm2)
(mm)	(f. Hor)				
0.000	0.000	36.000	0.278	0.123	0.003
0.250	1.300	35.850	0.279	0.861	0.024
0.500	1.500	35.700	0.280	0.974	0.027
0.750	1.700	35.550	0.281	1.088	0.031
1.000	2.100	35.400	0.282	1.314	0.037
1.250	2.700	35.250	0.284	1.654	0.047
1.500	2.900	35.100	0.285	1.768	0.050
Despla. Horiz.	Lect. Dial	Área Corregida (cm2)	Esfuerzo vertical (kg/cm2)	Fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte (kg/cm2)
(mm)	(f. Hor)				
0.000	0.000	36.000	0.556	0.123	0.003
0.250	1.000	35.850	0.558	0.691	0.019
0.500	1.100	35.700	0.560	0.747	0.021
0.750	1.300	35.550	0.563	0.861	0.024
1.000	1.500	35.400	0.565	0.974	0.028
1.250	1.500	35.250	0.567	0.974	0.028
1.500	1.900	35.100	0.570	1.201	0.034

1.750	3.500	34.950	0.286	2.108	0.060	1.750	2.100	34.950	0.572	1.314	0.038	1.750	11.300	34.950	0.858	6.522	0.187
2.000	4.000	34.800	0.287	2.391	0.069	2.000	2.900	34.800	0.575	1.768	0.051	2.000	11.900	34.800	0.862	6.861	0.197
2.250	4.300	34.650	0.289	2.561	0.074	2.250	3.500	34.650	0.577	2.108	0.061	2.250	12.500	34.650	0.866	7.200	0.208
2.500	4.500	34.500	0.290	2.674	0.078	2.500	4.300	34.500	0.580	2.561	0.074	2.500	13.000	34.500	0.870	7.483	0.217
2.750	5.000	34.350	0.291	2.958	0.086	2.750	5.600	34.350	0.582	3.297	0.096	2.750	14.700	34.350	0.873	8.443	0.246
3.000	5.100	34.200	0.292	3.014	0.088	3.000	6.900	34.200	0.585	4.033	0.118	3.000	15.200	34.200	0.877	8.725	0.255
3.250	5.200	34.050	0.294	3.071	0.090	3.250	8.200	34.050	0.587	4.769	0.140	3.250	16.100	34.050	0.881	9.233	0.271
3.500	5.300	33.900	0.295	3.128	0.092	3.500	9.900	33.900	0.590	5.731	0.169	3.500	16.700	33.900	0.885	9.572	0.282
3.750	6.000	33.750	0.296	3.524	0.104	3.750	10.400	33.750	0.593	6.013	0.178	3.750	17.100	33.750	0.889	9.797	0.290
															10.24		
4.000	6.100	33.600	0.298	3.581	0.107	4.000	12.500	33.600	0.595	7.200	0.214	4.000	17.900	33.600	0.893	9	0.305
4.250	6.300	33.450	0.299	3.694	0.110	4.250	13.200	33.450	0.598	7.596	0.227	4.250	19.700	33.450	0.897	4	0.337
4.500	6.000	33.300	0.300	3.524	0.106	4.500	14.300	33.300	0.601	8.217	0.247	4.500	20.700	33.300	0.901	7	0.355
4.750	7.000	33.150	0.302	4.090	0.123	4.750	16.500	33.150	0.603	9.459	0.285	4.750	21.600	33.150	0.905	4	0.372
5.000	8.900	33.000	0.303	5.165	0.157	5.000	17.500	33.000	0.606	10.02	0.304	5.000	22.500	33.000	0.909	1	0.389
5.250	9.200	32.850	0.304	5.335	0.162	5.250	17.500	32.850	0.609	10.02	0.305	5.250	23.300	32.850	0.913	2	0.405
5.500	10.000	32.700	0.306	5.787	0.177	5.500	18.900	32.700	0.612	10.81	0.331	5.500	23.900	32.700	0.917	9	0.417
5.750	11.000	32.550	0.307	6.353	0.195	5.750	20.000	32.550	0.614	11.43	0.351	5.750	24.900	32.550	0.922	2	0.436
6.000	11.900	32.400	0.309	6.861	0.212	6.000	21.800	32.400	0.617	12.44	0.384	6.000	25.300	32.400	0.926	7	0.445
6.250	12.300	32.250	0.310	7.087	0.220	6.250	23.000	32.250	0.620	13.12	0.407	6.250	26.800	32.250	0.930	1	0.473
6.500	12.900	32.100	0.312	7.426	0.231	6.500	23.900	32.100	0.623	13.62	0.425	6.500	27.800	32.100	0.935	3	0.493
6.750	13.300	31.950	0.313	7.652	0.240	6.750	24.500	31.950	0.626	13.96	0.437	6.750	28.500	31.950	0.939	7	0.508
7.000	13.900	31.800	0.314	7.991	0.251	7.000	25.000	31.800	0.629	14.24	0.448	7.000	29.500	31.800	0.943	9	0.528
7.250	13.900	31.650	0.316	7.991	0.252	7.250	25.900	31.650	0.632	14.75	0.466	7.250	30.300	31.650	0.948	8	0.544
7.500	14.200	31.500	0.317	8.161	0.259	7.500	26.400	31.500	0.635	15.03	0.477	7.500	31.300	31.500	0.952	0	0.565
7.750	14.200	31.350	0.319	8.161	0.260	7.750	27.300	31.350	0.638	15.54	0.496	7.750	31.900	31.350	0.957	7	0.578
8.000	15.100	31.200	0.321	8.669	0.278	8.000	28.000	31.200	0.641	15.93	0.511	8.000	32.500	31.200	0.962	3	0.592
8.250	15.300	31.050	0.322	8.782	0.283	8.250	28.500	31.050	0.644	16.21	0.522	8.250	33.100	31.050	0.966	0	0.605

8.500	15.600	30.900	0.324	8.951	0.290	8.500	29.200	30.900	0.647	16.61 0	0.538	8.500	34.500	30.900	0.971	19.58 6	0.634
8.750	15.900	30.750	0.325	9.120	0.297	8.750	30.000	30.750	0.650	17.06 0	0.555	8.750	34.700	30.750	0.976	19.69 8	0.641
9.000	16.200	30.600	0.327	9.290	0.304	9.000	30.700	30.600	0.654	17.45 3	0.570	9.000	35.100	30.600	0.980	19.92 2	0.651
9.250	16.500	30.450	0.328	9.459	0.311	9.250	31.300	30.450	0.657	17.79 0	0.584	9.250	35.200	30.450	0.985	19.97 8	0.656
9.500	16.900	30.300	0.330	9.685	0.320	9.500	32.000	30.300	0.660	18.18 3	0.600	9.500	35.700	30.300	0.990	20.25 9	0.669
9.750	16.900	30.150	0.332	9.685	0.321	9.750	32.700	30.150	0.663	18.57 6	0.616	9.750	36.100	30.150	0.995	20.48 3	0.679
10.000	16.900	30.000	0.333	9.685	0.323	10.000	33.200	30.000	0.667	18.85 6	0.629	10.000	36.200	30.000	1.000	20.53 9	0.685
10.250	17.000	29.850	0.335	9.741	0.326	10.250	34.000	29.850	0.670	19.30 5	0.647	10.250	36.500	29.850	1.005	20.70 7	0.694
10.500	17.000	29.700	0.337	9.741	0.328	10.500	34.200	29.700	0.673	19.41 7	0.654	10.500	37.100	29.700	1.010	21.04 3	0.709
10.750	17.500	29.550	0.338	10.02	0.339	10.750	35.000	29.550	0.677	19.86 6	0.672	10.750	37.800	29.550	1.015	21.43 6	0.725
11.000	17.500	29.400	0.340	10.02	0.341	11.000	35.500	29.400	0.680	20.14 6	0.685	11.000	38.100	29.400	1.020	21.60 4	0.735
11.250	17.500	29.250	0.342	10.02	0.343	11.250	36.700	29.250	0.684	20.81 9	0.712	11.250	38.700	29.250	1.026	21.94 0	0.750
11.500	17.500	29.100	0.344	10.19	0.344	11.500	37.900	29.100	0.687	21.49 2	0.739	11.500	39.100	29.100	1.031	22.16 4	0.762
11.750	17.800	28.950	0.345	10.24	0.352	11.750	38.100	28.950	0.691	21.49 2	0.742	11.750	39.800	28.950	1.036	22.55 6	0.779
12.000	17.900	28.800	0.347	10.30	0.356	12.000	38.900	28.800	0.694	22.05 4	0.750	12.000	40.100	28.800	1.042	22.72 4	0.789
12.250	18.000	28.650	0.349	10.41	0.360	12.250	39.500	28.650	0.698	22.38 2	0.770	12.250	40.100	28.650	1.047	23.17 4	0.793
12.500	18.200	28.500	0.351	10.81	0.366	12.500	40.500	28.500	0.702	22.94 8	0.786	12.500	40.900	28.500	1.053	23.50 2	0.813
12.750	18.900	28.350	0.353	11.03	0.381	12.750	41.000	28.350	0.705	23.22 8	0.809	12.750	41.500	28.350	1.058	23.73 8	0.829
13.000	19.300	28.200	0.355	11.37	0.391	13.000	41.300	28.200	0.709	23.39 8	0.824	13.000	41.900	28.200	1.064	23.95 1	0.842
13.250	19.900	28.050	0.357	11.60	0.406	13.250	41.900	28.050	0.713	23.73 6	0.834	13.250	42.300	28.050	1.070	24.34 5	0.854
13.500	20.300	27.900	0.358	2	0.416	13.500	42.300	27.900	0.717	23.73 1	0.851	13.500	43.000	27.900	1.075	24.34 7	0.873

velocidad de carga: 0.05

ecuación de anillo de corte: ax^2+bx+c

a	b	c
-0.0000928	0.56732576	0.12333333

lectura de los diales de deformación horizontal

Para el espécimen 1	
0	0
25	0.25
50	0.5
75	0.75
100	1
125	1.25
150	1.5
175	1.75
200	2
225	2.25
250	2.5
275	2.75
300	3
325	3.25
350	3.5
375	3.75
400	4
425	4.25
450	4.5

Para el espécimen 2	
0	0
25	0.25
50	0.5
75	0.75
100	1
125	1.25
150	1.5
175	1.75
200	2
225	2.25
250	2.5
275	2.75
300	3
325	3.25
350	3.5
375	3.75
400	4
425	4.25
450	4.5

Para el espécimen 3	
0	0
25	0.25
50	0.5
75	0.75
100	1
125	1.25
150	1.5
175	1.75
200	2
225	2.25
250	2.5
275	2.75
300	3
325	3.25
350	3.5
375	3.75
400	4
425	4.25
450	4.5

475	4.75
500	5
525	5.25
550	5.5
575	5.75
600	6
625	6.25
650	6.5
675	6.75
700	7
725	7.25
750	7.5
775	7.75
800	8
825	8.25
850	8.5
875	8.75
900	9
925	9.25
950	9.5
975	9.75
1000	10
1025	10.25
1050	10.5
1075	10.75
1100	11
1125	11.25
1150	11.5
1175	11.75
1200	12
1225	12.25

475	4.75
500	5
525	5.25
550	5.5
575	5.75
600	6
625	6.25
650	6.5
675	6.75
700	7
725	7.25
750	7.5
775	7.75
800	8
825	8.25
850	8.5
875	8.75
900	9
925	9.25
950	9.5
975	9.75
1000	10
1025	10.25
1050	10.5
1075	10.75
1100	11
1125	11.25
1150	11.5
1175	11.75
1200	12
1225	12.25

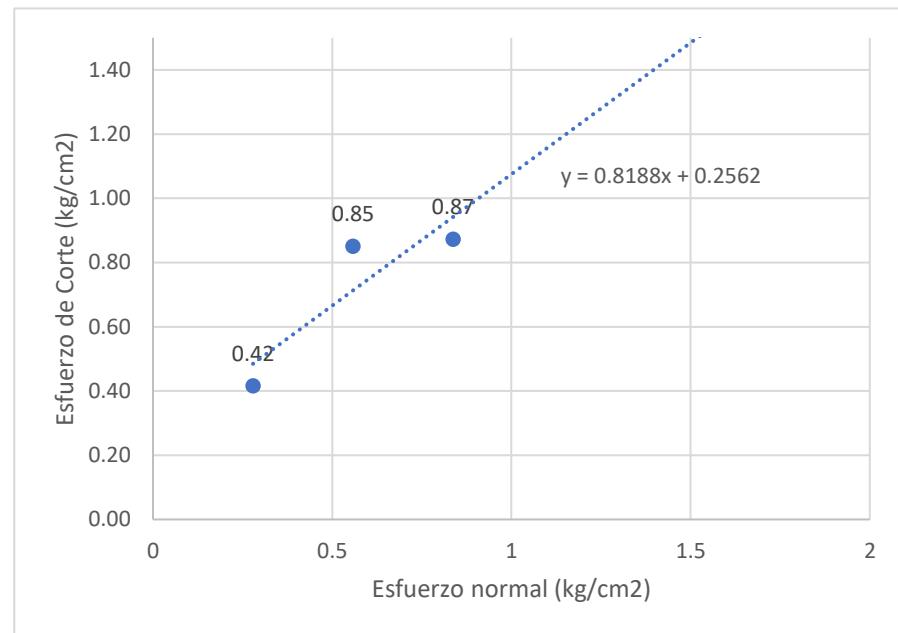
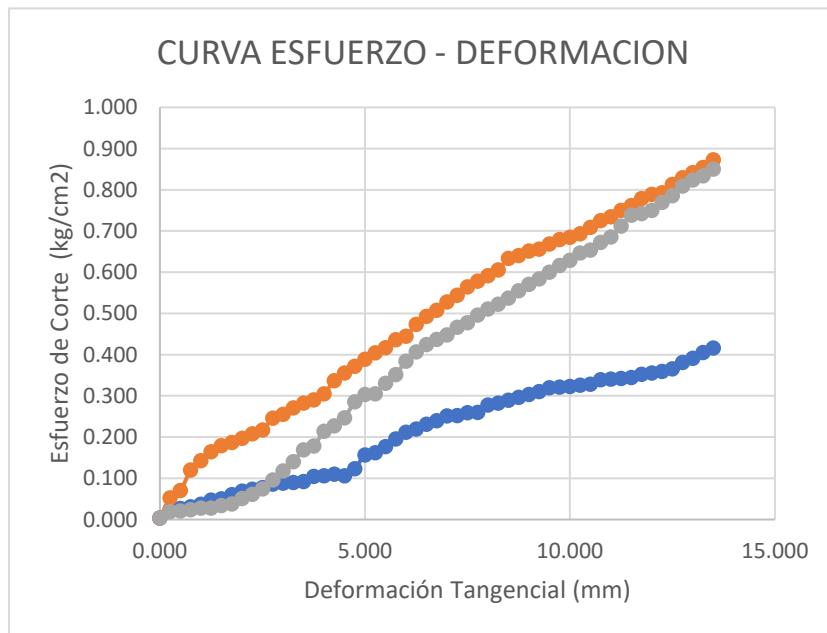
475	4.75
500	5
525	5.25
550	5.5
575	5.75
600	6
625	6.25
650	6.5
675	6.75
700	7
725	7.25
750	7.5
775	7.75
800	8
825	8.25
850	8.5
875	8.75
900	9
925	9.25
950	9.5
975	9.75
1000	10
1025	10.25
1050	10.5
1075	10.75
1100	11
1125	11.25
1150	11.5
1175	11.75
1200	12
1225	12.25

1250	12.5
1275	12.75
1300	13
1325	13.25
1350	13.5

1250	12.5
1275	12.75
1300	13
1325	13.25
1350	13.5

1250	12.5
1275	12.75
1300	13
1325	13.25
1350	13.5

Nº Espécimen	Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)	pendiente		C = 0.26 kg/cm²
			m	φ	
1	0.278940028	0.42		0.81882875	
2	0.557880056	0.85		0.6861169	
3	0.836820084	0.87	φ (grados)	39.3116028	



4.4.3. Línea de Aducción

Para garantizar que la línea de aducción se desarrolle en condiciones óptimas, es fundamental conocer las características del suelo en la zona de implementación. El comportamiento del terreno influye en la estabilidad y durabilidad de la infraestructura, por lo que si análisis permite tomar decisiones adecuadas para su correcta ejecución. La composición del suelo, su capacidad de compactación y su respuesta ante la humedad son factores determinantes para garantizar un soporte adecuado y minimizar riesgos de asentamiento o deformación.

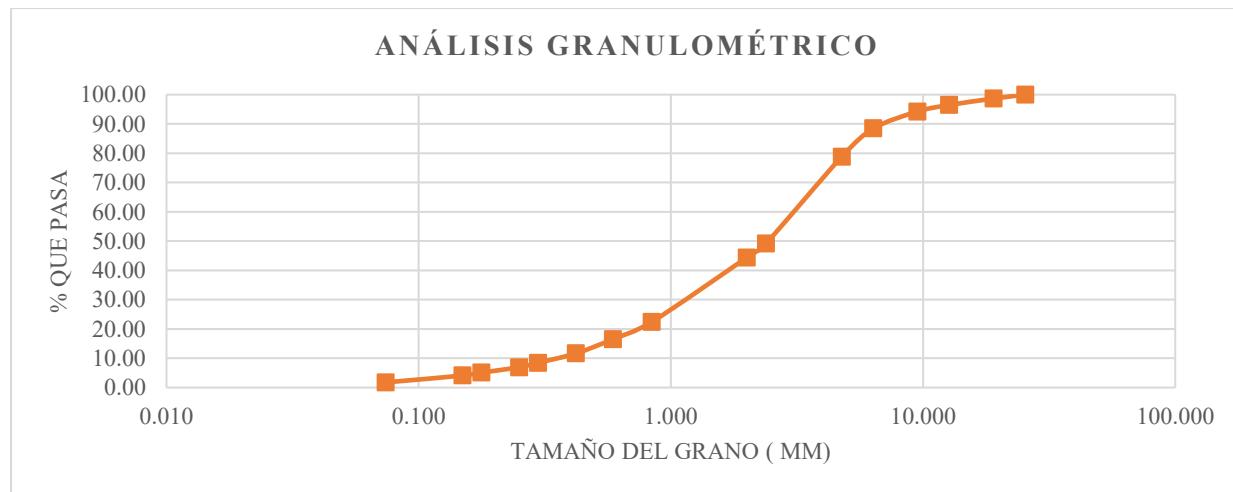
Análisis granulométrico - NTP 339.128.

El estudio permitió determinar la distribución de tamaños de partículas en el suelo, clasificándolo según su gradación. Esta información es clave para evaluar su compactibilidad, estabilidad y capacidad de drenaje, factores fundamentales para el adecuado soporte de la estructura.

- **Curva granulométrica:**

Figura 25

Curva granulométrica - Línea de aducción

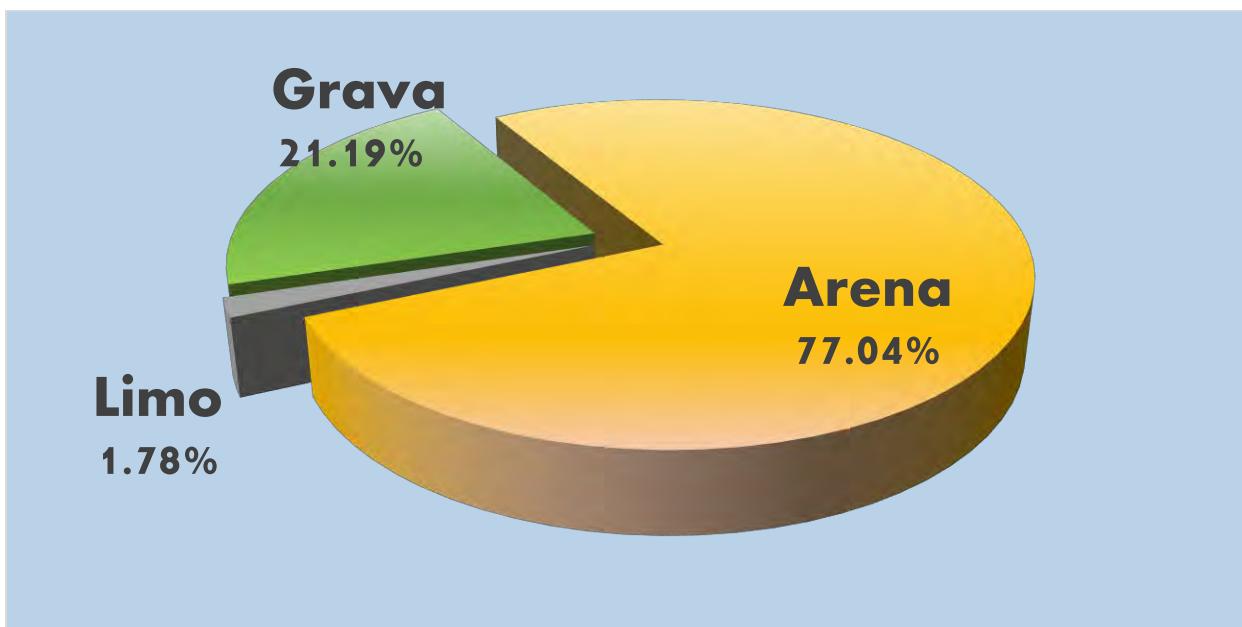


Nota. Elaboración propia. La grafica representa la distribución de tamaños de particular del suelo mediante un análisis granulométrico.

- ✓ Se observa una curva continua y ascendente, lo que indica una amplia variedad de tamaños de partículas en la muestra.
- ✓ La presencia de finos se muestra en la parte izquierda de la curva (partículas de suelo menores a 0.074mm), el porcentaje que pasa es reducido, lo que sugiere un bajo contenido de limos y arcillas.
- ✓ Dominio de arena y grava debido a que la mayor pendiente de la curva se encuentra en el rango de arenas y gravas, lo que indica que la muestra está compuesta mayormente por estos materiales.

Figura 26

Distribución granulométrica - Calicata C-3



Nota. Elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos y representados en la figura 15, se observa la siguiente distribución:

- ✓ **Arena (77.04%):** la arena constituye la fracción mayoritaria del suelo, lo que indica un suelo granular con alta permeabilidad. Este suelo permitirá un drenaje bueno y baja

capacidad de retención de humedad, lo que puede ser beneficioso para evitar acumulaciones de agua.

- ✓ **Grava (21.19%):** un contenido considerable de grava sugiere que el suelo tiene partículas gruesas que pueden mejorar la estabilidad y resistencia. Este suelo permitirá contar con una base firme y estable para la colocación de la línea de aducción.
- ✓ **Finos (1.78%):** la mínima presencia de material fino indica que el suelo tiene poca plasticidad y baja cohesión. Esto implica que se trata de un suelo no expansivo y que tiene una menor capacidad de retención de agua.

Tabla 22

Análisis granulométrico - línea de aducción

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO

Proyecto:**Implementación del Sistema de Riego del Centro Poblado de Parpacalla del Distrito y Provincia de Paucartambo, Región Cusco - Año 2024**

Norma: ASTM D 422

Región: Cusco Provincia: Cusco

Distrito Paucartambo

Calicata: C-3

Ubicación: Parpacalla

Profundidad: 3 metros

Sector: Parpacalla

Peso de la Muestra 1151.04 gr.

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Retenido (%)	% Retenido Acumulado	% Q' Pasa
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100
3/4"	19.050	15.60	1.36	1.36	98.64
1/2"	12.700	25.23	2.19	3.55	96.45
3/8"	9.500	25.69	2.23	5.78	94.22
1/4"	6.350	66.41	5.77	11.55	88.45
Nº 4	4.760	110.94	9.64	21.19	78.81
Nº 8	2.380	341.56	29.67	50.86	49.14
Nº 10	2.000	54.59	4.74	55.60	44.40
Nº 20	0.840	253.03	21.98	77.59	22.41
Nº 30	0.590	67.64	5.88	83.46	16.54
Nº 40	0.420	56.15	4.88	88.34	11.66
Nº 50	0.297	36.97	3.21	91.55	8.45
Nº 60	0.250	17.69	1.54	93.09	6.91
Nº 80	0.177	20.60	1.79	94.88	5.12
Nº 100	0.149	11.79	1.02	95.90	4.10
Nº 200	0.074	26.70	2.32	98.22	1.78
Fondo		20.45	1.78	100.00	0.00
Total Retenido		1151.04			

- **Análisis de la Adecuación del Suelo para la Colocación de la Línea de Aducción**

El estudio granulométrico del suelo revela que la composición predominante es arena con 77.04%, seguida de grava con 21.19% y un porcentaje muy bajo de finos con 1.78%. con base a estos resultados, se evalúa su idoneidad para la instalación de la línea de aducción teniendo en cuenta lo siguiente:

- ✓ **Permeabilidad y drenaje:** la elevada proporción de arena y grava indica que el suelo tiene una buena capacidad de drenaje, reduciendo el riesgo de acumulación de agua alrededor de la infraestructura. Esto es beneficioso para evitar problemas de erosión o saturación que podrían comprometer la estabilidad de la línea de aducción.
- ✓ **Estabilidad y compactación:** la presencia de grava contribuye a la resistencia del suelo, brindando cierta estabilidad estructural. Sin embargo, debido al bajo contenido de finos, es posible que el suelo tenga una compactación natural limitada, por lo que puede requerir tratamiento adicional
- ✓ **Humedad baja y escasa plasticidad:** el mínimo contenido de limo sugiere que el suelo no es expansivo ni cohesivo, reduciendo el riesgo de deformaciones significativas por cambios de humedad. Esto es una ventaja para evitar asentamientos diferenciales, aunque también significa que puede ser necesario reforzar la compactación para garantizar una base firme.

La composición arenosa del suelo favorece el drenaje y minimiza los riesgos de saturación. No obstante, debido a su baja compactación natural, se recomienda aplicar medidas de compactación para mejorar su capacidad de soporte y reducir posibles desplazamientos.

Dado que el suelo presenta un alto contenido de arena y grava con baja presencia de finos, es recomendable optimizar su compactación para evitar asentamientos diferenciales, se recomienda lo siguiente:

- ✓ **Compactación mecánica:** unos de compactadores de placa vibratoria o de compactadores manuales que permitan una adecuada compactación para suelos granulares. Con aplicación de capas delgadas de suelo entre 10-20 cm y realizar una compactación progresiva para alcanzar la densidad deseada.
- ✓ **Humedecimiento controlado:** aunque la arena no tiene buena retención de la humedad, una ligera aplicación de agua para la humectación adecuada antes de la compactación puede mejorar la densificación y evitar segregaciones de partículas.

Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos - NTP 339.129.

- **Análisis del límite líquido (L.L.)**

Para establecer el límite líquido de la muestra de suelo, se determinó el contenido de humedad en relación con la cantidad de golpes necesarios en el aparato de Casagrande para lograr el cierre de la ranura estándar.

Tabla 23*Ensayo de límite de consistencia-línea de aducción***ENSAJOS DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

TESIS: "IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024"

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA**LIMITE LIQUIDO****NORMA: ASTM D 4318****Calicata:****C-03****LIMITE PLASTICO****NORMA: ASTM D 4318**

LIMITES DE CONSISTENCIA			Calicata:		Ubicación:						
			Profundad:		3.00m		Sector:		PARPACALLA		
Tara Numero		Unidades	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			Límites de Consistencia		
Peso tara + muestra humeda	Gr	75.41	75.00	69.75	78.57	85.59	42.15	Límites Liquido:	LL=	31.35%	
Peso tara + muestra seca	Gr	72.36	71.65	66.94	73.73	80.82	37.70	Límites Plastico:	LP=	26.72%	
Peso tara	Gr	63.26	61.08	57.08	55.32	62.10	22.03	Indice de Plasticidad:	IP=	4.62%	
Peso de la muestra seca	Gr	9.10	10.57	9.86	18.41	18.72	15.67	Contenido de Huedad:	Wn=	31.24%	
Peso del agua	Gr	3.05	3.35	2.81	4.84	4.77	4.45	Grado de Consistencia:	Kw=	0.02%	
Contenido de Humedad	%	33.52	31.69	28.50	26.29	25.48	28.40	Grado de Consistencia:	M		
Numero de Golpes		16.00	28.00	37.00	Promedio:		26.72				
Calicata	CC-01										
Profundidad	3.00m										
Numero de Golpes	Contenido de Humedad (%)										
16	33.52										
28	31.69										
37	28.50										
25.00	31.35										

Calicata	CC-01
Profundidad	3.00m

The graph illustrates the results of the Liquid Limit test. The X-axis represents the number of blows (15 to 45), and the Y-axis represents moisture content in percent (20% to 40%). The data points show a decreasing trend as the number of blows increases. A logarithmic regression line is fitted through the points. The liquid limit is indicated by a horizontal red line at approximately 31.35%. A vertical dashed orange line is drawn at approximately 25.3 blows, which corresponds to the point where the moisture content reaches the liquid limit.

Datos obtenidos:

- ✓ Número de golpes: 16, 28 y 37
- ✓ Contenido de humedad: 33.52%, 31.69% y 28.50%

La ecuación de la línea de tendencia obtenida en la gráfica es:

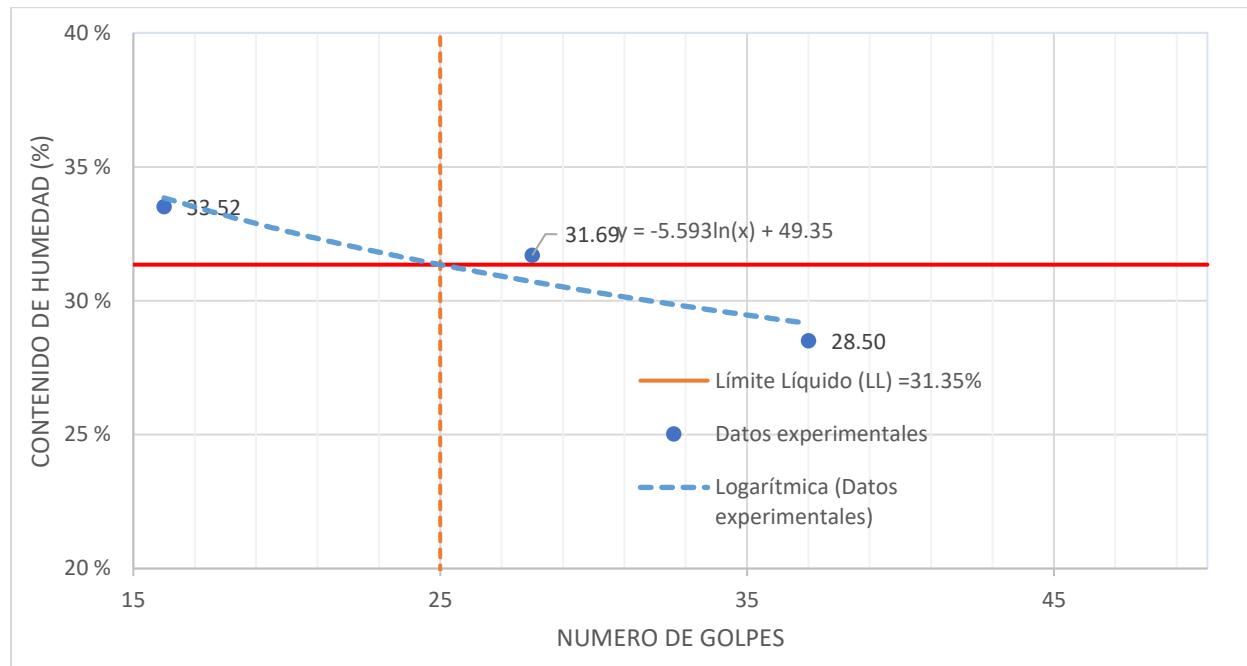
$$y = 5.593 \ln(x) + 49.35$$

Sustituyendo X=25 golpes (criterio estándar para determinar L.L.):

$$LL = 5.593 \ln(25) + 49.35 = 31.35\%$$

Figura 27

Curva de flujo - determinación del límite líquido – C-3



Nota. Elaboración propia.

- ❖ El suelo en la línea de aducción tiene un límite líquido de 31.35 %.,

- **Análisis del límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)**

En esta parte, se muestran los resultados obtenidos para el límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP) del suelo estudiado.

- ✓ Límite plástico: 26.72%

El índice de plasticidad (IP) se calcula como:

$$IP = LL - LP = 31.35\% - 26.72\% = 4.62\%$$

- **Contenido de Humedad Natural (Wn)**

Contenido de humedad natural (Wn): 31.24%

- Se obtuvo un valor de 31.24%, cercano al límite líquido, lo que sugiere que el suelo podría estar en un estado semisólido a plástico bajo condiciones naturales.
- **Clasificación de tipo de suelos – SUCS**

De la tabla de granulometría se tiene en cuenta lo siguiente:

Tabla 24

Porcentajes de suelo que pasa para clasificación SUCS - C-3

Suelo		%
Tamiz	Abertura (mm)	Pasante
Nº4	4.76	78.81
Nº200	0.074	1.78

Nota. Elaboración propia. Tomado del análisis granulométrico de la muestra de suelo C-3

$$\%G = (100 - 78.81)\% = 21.19\%$$

$$\%S = (78.81 - 1.78)\% = 77.03\%$$

$$\%F = 1.78\%$$

- ✓ El suelo tiene mayor presencia de arena con un %S = 77.03%

Para determinar la gradación del suelo, se determinará mediante los coeficientes de uniformidad Allen Hazen:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad Cu = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Donde:

Cu > 4 (para arenas) y $1 \leq Cc \leq 3$, el suelo es bien graduado. De lo contrario, es mal graduado (uniforme o con deficiencias en ciertas fracciones).

- ✓ Para el cálculo de los coeficientes, se realiza una aproximación con la ecuación de la recta teniendo en cuenta la pendiente de la curva granulométrica:

$$y = mx$$

$$y_0 - y_1 = m(x_0 - x_1)$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Obteniéndose lo siguiente:

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

Tabla 25

Parámetros para evaluación de gradación de suelo – Línea de aducción

	Y0	Y1	X1	Y2	X2
D60	60%	78.81%	4.76	49.14%	2.38
D30	30%	44.40%	2	22.41%	0.84
D10	10%	11.66%	0.42	8.45%	0.297

Nota. Elaboración propia.

La tabla anterior muestra un resumen de los principales parámetros granulométricos empleados para analizar

✓ Para **D₆₀**

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

$$D_{60} = 10^{(60\% - 78.81\%) \left[\frac{\log(2.38) - \log(4.76)}{49.14\% - 78.81\%} \right] + \log(4.76)}$$

$$D_{60} = 3.067$$

✓ Para **D₃₀**

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

$$D_{30} = 10^{(30\% - 44.40\%) \left[\frac{\log(0.84) - \log(2)}{22.41\% - 44.40\%} \right] + \log(2)}$$

$$D_{30} = 1.133$$

✓ Para **D₁₀**

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

$$D_{10} = 10^{(10\%-11.66\%) \left[\frac{\log(0.42) - \log(0.297)}{8.45\%-11.66\%} \right] + \log(0.297)}$$

$$D_{10} = 0.355$$

Teniendo los valore de D60, D30 y D10 se procede con el cálculo de los coeficientes de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{3.067}{0.355} = 8.639$$

$$Cu = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} = \frac{1.133^2}{0.355 * 3.067} = 1.179$$

- teniendo en cuenta que la presencia de arena es mayor en la muestra y Cu>4. Además, 1 ≤ Cc ≤ 3 el suelo es de tipo arenoso bien gradado.
- El suelo se clasifica como: SW Arena bien gradada.
- El suelo analizado en laboratorio se presenta como una arena bien gradada, lo que implica ser apto para construcciones con una estabilidad y drenaje eficiente. No obstante, se recomienda considerar medidas de compactación para la colocación de la línea de aducción.

4.4.4. Línea de Conducción

Para garantizar la estabilidad y el buen desempeño de la línea de conducción, se llevó a cabo un estudio del suelo. Este análisis permite conocer sus características y comportamientos del suelo, lo que resulta fundamental para su adecuada clasificación y para la toma de decisiones en el diseño y construcción

Análisis granulométrico - NTP 339.128.

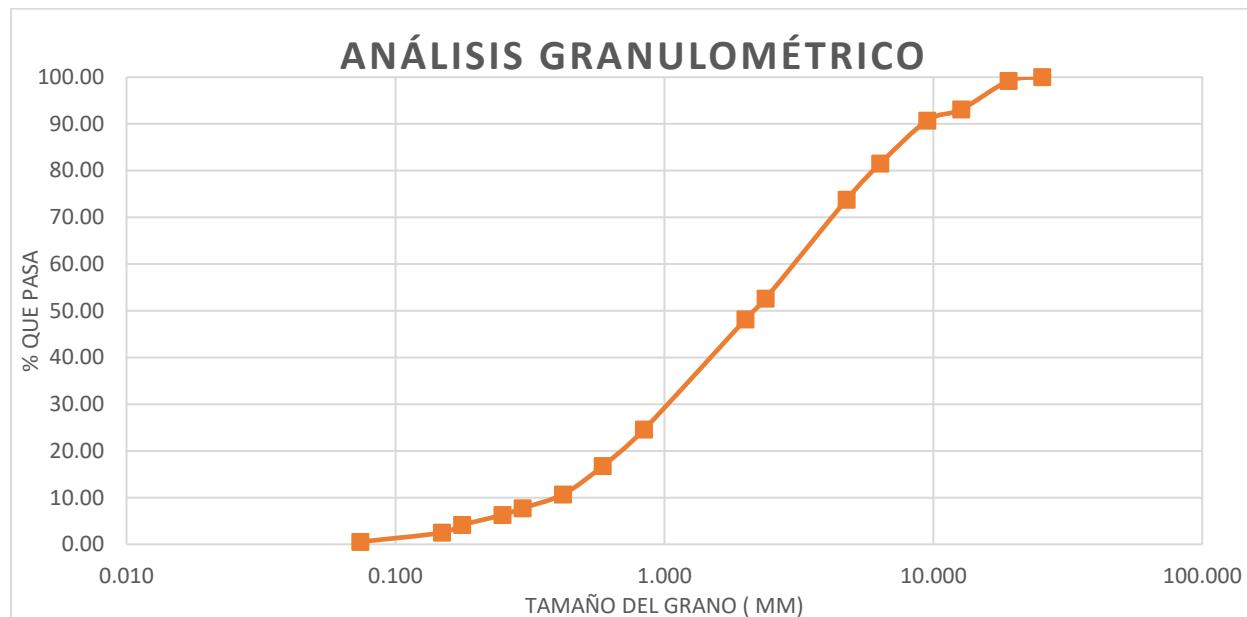
El estudio permitió determinar la distribución de tamaños de partículas en el suelo, clasificándolo según su gradación. Esta información es clave para evaluar su compactibilidad,

estabilidad y capacidad de drenaje, factores fundamentales para el adecuado soporte de la estructura.

- **Curva granulométrica:**

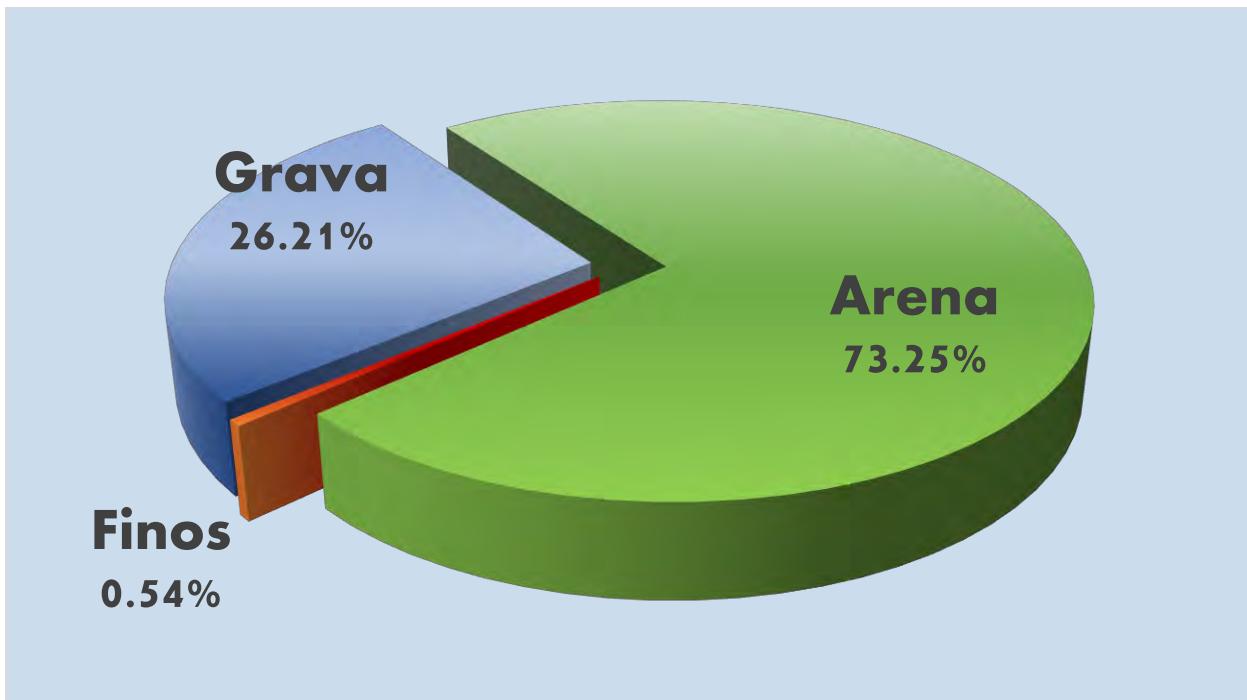
Figura 28

Curva granulométrica - Línea de conducción



Nota. Elaboración propia. La grafica representa la distribución de tamaños de particular del suelo mediante un análisis granulométrico.

- ✓ La curva granulometría muestra una transición gradual desde partículas finas hasta gruesas, indicando una distribución equilibrada del material.
- ✓ Sobre la predominancia de arenas se muestra la inclinación en la zona media que sugiere que el suelo este compuesto principalmente por partículas de tamaño intermedio, con una menor presencia de finos.
- ✓ Respeto a la gradación, la forma continua de la curva indica que el suelo está bien graduado, lo que favorece su compactación y estabilidad.

Figura 29*Distribución granulométrica - Calicata C-4*

Nota. Elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos y representados en la figura 18 se observa la siguiente distribución:

- ✓ **Arena (73.25%):** el suelo analizado este compuesto por su mayoría por arena, lo que indica que es un material granular con buena permeabilidad y drenaje.
- ✓ **Grava (26.21%):** la presencia de grava representa un porcentaje considerable lo que contribuye a la estabilidad y resistencia del suelo, favoreciendo su capacidad de carga.
- ✓ **Finos (0.54%):** el suelo tiene una escasa retención de agua y baja plasticidad, lo que sugiere una menor susceptibilidad a problemas de expansión o contracción.

Tabla 26*Análisis granulométrico - línea de conducción***ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO**

Proyecto: **Implementación del Sistema de Riego del Centro Poblado de Parpacalla del Distrito y Provincia de Paucartambo, Región Cusco - Año 2024**

Norma: ASTM D 422

Región: Cusco Provincia: Cusco

Distrito Paucartambo

Calicata: C-4

Ubicación: Parpacalla

Profundidad: 3 metros

Sector: Parpacalla

Peso de la Muestra 1018.59 gr.

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	Retenido (%)	% Retenido Acumulado	% Q' Pasa
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100
3/4"	19.050	8.42	0.83	0.83	99.17
1/2"	12.700	62.01	6.09	6.91	93.09
3/8"	9.500	24.07	2.36	9.28	90.72
1/4"	6.350	93.67	9.20	18.47	81.53
Nº 4	4.760	78.80	7.74	26.21	73.79
Nº 8	2.380	215.54	21.16	47.37	52.63
Nº 10	2.000	45.89	4.51	51.88	48.12
Nº 20	0.840	239.75	23.54	75.41	24.59
Nº 30	0.590	79.57	7.81	83.22	16.78
Nº 40	0.420	61.86	6.07	89.30	10.70
Nº 50	0.297	30.01	2.95	92.24	7.76
Nº 60	0.250	14.84	1.46	93.70	6.30
Nº 80	0.177	22.02	2.16	95.86	4.14
Nº 100	0.149	16.69	1.64	97.50	2.50
Nº 200	0.074	19.98	1.96	99.46	0.54
Fondo		5.47	0.54	100.00	0.00
Total Retenido		1018.59			

- Análisis de la adecuación del suelo para la colocación de la línea de conducción.**

Según los resultados del análisis granulométrico, el suelo presenta una alta proporción de arena con 73.25% y grava 26.21%, con un porcentaje mínimo de finos con 0.54%. Esta composición indica un material con buena capacidad de drenaje y baja plasticidad, lo que reduce el riesgo de expansiones o contracciones significativas.

- ✓ **Estabilidad y capacidad de soporte:** la presencia de grava contribuye a mejorar la resistencia del suelo, brindando una base estable para la colocación de la línea de conducción. Sin embargo, la predominancia de partículas arenosas puede afectar la

compactación, por lo que es recomendable implementar técnicas adecuada para garantizar su estabilidad.

- ✓ Se recomienda la compactación del suelo debido a que es necesario aplicar estos procesos para mejorar la densidad y resistencia del suelo, reduciendo posibles asentamientos diferenciales.

En general, el suelo analizado es adecuado para la colocación de la línea de conducción, siempre y cuando se apliquen las medidas necesarias para garantizar su estabilidad y durabilidad en el tiempo.

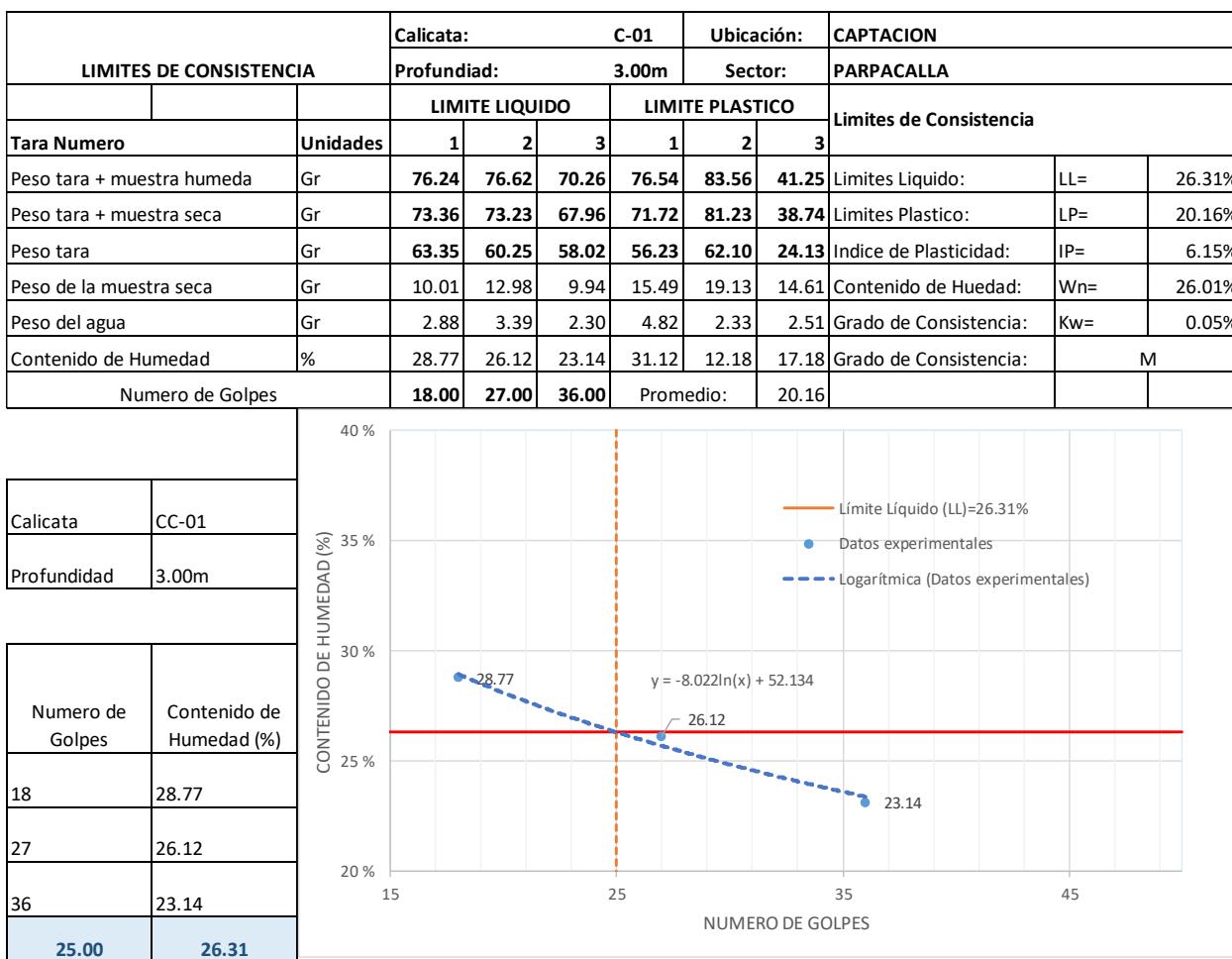
Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos - NTP 339.129.

- **Análisis del límite líquido (L.L.)**

Para establecer el límite líquido de la muestra de suelo, se determinó el contenido de humedad en relación con la cantidad de golpes necesarios en el aparato de Casagrande para lograr el cierre de la ranura estándar.

Tabla 27*Ensayo de límites de consistencia - línea de conducción***ENSAJOS DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

TESIS: "IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024"

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA**LIMITE LIQUIDO****NORMA: ASTM D 4318****Calicata:****C-04****LIMITE PLASTICO****NORMA: ASTM D 4318**

Datos obtenidos:

- ✓ Número de golpes: 18, 27 y 36
- ✓ Contenido de humedad: 28.77%, 26.12% y 23.14%

La ecuación de la línea de tendencia obtenida en la gráfica es:

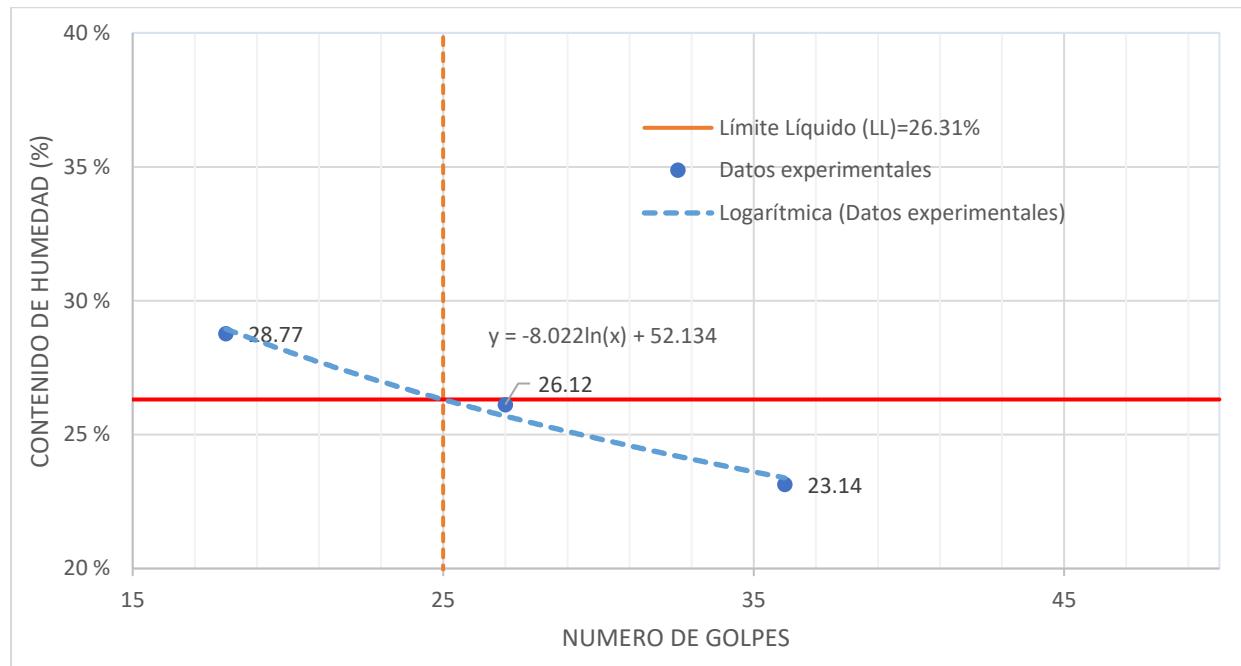
$$y = -8.022 \ln(x) + 52.134$$

Sustituyendo X=25 golpes (criterio estándar para determinar L.L.):

$$LL = -8.022 \ln(25) + 52.134 = 26.31\%$$

Figura 30

Curva de flujo - determinación del límite líquido – C-4



Nota. Elaboración propia.

- ❖ El suelo en la línea de aducción tiene un límite líquido de 26.31 %.,

- **Análisis del límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)**

En esta parte, se muestran los resultados obtenidos para el límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP) del suelo estudiado.

- ✓ Límite plástico: 20.16%

El índice de plasticidad (IP) se calcula como:

$$IP = LL - LP = 26.31\% - 20.16\% = 6.15\%$$

- **Contenido de Humedad Natural (Wn)**

Contenido de humedad natural (Wn): 26.01%

- Se obtuvo un valor de 26.01%, cercano al límite líquido, lo que sugiere que el suelo podría estar en un estado semisólido a plástico bajo condiciones naturales.
- **Clasificación de tipo de suelos – SUCS**

De la tabla de granulometría se tiene en cuenta lo siguiente:

Tabla 28

Porcentajes de suelo que pasa para clasificación SUCS - C-4

Suelo		%
Tamiz	Abertura (mm)	Pasante
Nº4	4.76	73.79
Nº200	0.074	0.54

Nota. Elaboración propia. Tomado del análisis granulométrico de la muestra de suelo C-4

$$\%G = (100 - 73.79)\% = 26.21\%$$

$$\%S = (73.79 - 0.54)\% = 73.25\%$$

$$\%F = 0.54\%$$

- ✓ El suelo tiene mayor presencia de arena con un %S = 73.25%

Para determinar la gradación del suelo, se determinará mediante los coeficientes de uniformidad Allen Hazen:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad Cu = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Donde:

Cu > 4 (para arenas) y $1 \leq Cc \leq 3$, el suelo es bien graduado. De lo contrario, es mal graduado (uniforme o con deficiencias en ciertas fracciones).

- ✓ Para el cálculo de los coeficientes, se realiza una aproximación con la ecuación de la recta teniendo en cuenta la pendiente de la curva granulométrica:

$$y = mx$$

$$y_0 - y_1 = m(x_0 - x_1)$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Obteniéndose lo siguiente:

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

Tabla 29

Parámetros para evaluación de gradación de suelo – Línea de conducción

	Y0	Y1	X1	Y2	X2
D60	60%	73.79%	4.76	52.63%	2.38
D30	30%	48.12%	2	24.59%	0.84
D10	10%	10.70%	0.42	7.76%	0.297

Nota. Elaboración propia.

La tabla anterior muestra un resumen de los principales parámetros granulométricos empleados para analizar

✓ Para **D₆₀**

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

$$D_{60} = 10^{(60\% - 73.79\%) \left[\frac{\log(2.38) - \log(4.76)}{52.63\% - 73.79\%} \right] + \log(4.76)}$$

$$D_{60} = 3.030$$

✓ Para **D₃₀**

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

$$D_{30} = 10^{(30\% - 48.12\%) \left[\frac{\log(0.84) - \log(2)}{24.59\% - 48.12\%} \right] + \log(2)}$$

$$D_{30} = 1.025$$

✓ Para **D₁₀**

$$x_0 = 10^{(y_0 - y_1) \left[\frac{\log(x_2) - \log(x_1)}{y_2 - y_1} \right] + \log(x_1)}$$

$$D_{10} = 10^{(10\%-10.70\%) \left[\frac{\log(0.42) - \log(0.297)}{7.76\%-10.70\%} \right] + \log(0.297)}$$

$$D_{10} = 0.322$$

Teniendo los valore de D60, D30 y D10 se procede con el cálculo de los coeficientes de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{3.030}{0.322} = 9.410$$

$$Cu = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} = \frac{1.025^2}{0.322 * 3.030} = 1.077$$

- teniendo en cuenta que la presencia de arena es mayor en la muestra y Cu>4. Además, $1 \leq Cc \leq 3$ el suelo es de tipo arenoso bien gradado.
- El suelo se clasifica como: SW Arena bien gradada.
- El suelo analizado en laboratorio se presenta como una arena bien gradada, lo que implica ser apto para construcciones con una estabilidad y drenaje eficiente. No obstante, se recomienda considerar medidas de compactación para la colocación de la línea de conducción.

CAPITULO V. ESTUDIO HIDROLÓGICO

5.1. Aspectos generales

La hidrología es una ciencia natural que se encarga del estudio del agua, abarcando su presencia, movimiento y distribución en la Tierra, así como sus propiedades físicas y químicas. Además, analiza su interacción con el entorno, incluidos los seres vivos y la humanidad.

El agua superficial es un recurso esencial para la supervivencia humana, especialmente debido a su importancia en diversos usos, como el abastecimiento poblacional, agrícola, pecuario, minero y energético. También desempeña un papel clave en la conservación de la biodiversidad a través del uso ecológico. Por ello, es fundamental identificar su ubicación, disponibilidad, calidad y distribución dentro de la cuenca.

5.2. Información básica

5.2.1. *Información Hidrometeorológica*

Se emplearon registros históricos de al menos 40 años provenientes de estaciones hidrometeorológicas con características similares y cercanas al proyecto, los cuales han sido reportados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y complementados con informes técnicos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

5.2.2. *Fuente hídrica*

Se llevaron a cabo las siguientes acciones en la fuente de agua:

- Inspección y reconocimiento de la fuente de agua dentro de la microcuenca de Llulluchayoc
- Identificación de su denominación.
- Determinación de su ubicación georreferenciada.

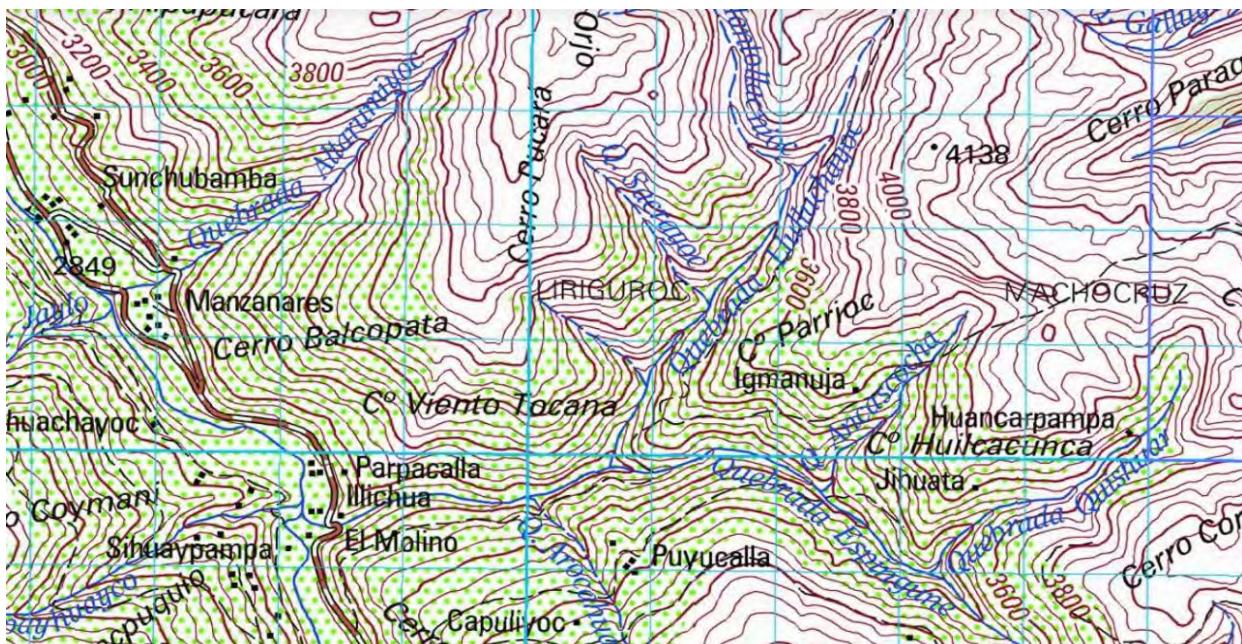
5.2.3. Ubicación y demarcación de la unidad hidrográfica

La fuente del recurso hídrico nace de la microcuenca de Llulluchayoc, ubicada en el distrito de Paucartambo, es el lugar en donde se ubica la captación principal del sistema de riego.

La figura muestra un fragmento del mapa topográfico obtenido de la plataforma GeoCATMIN, donde se identifica la quebrada de la microcuenca Llulluchayoc, ubicada en el distrito de Paucartambo.

Figura 31

Mapa topográfico de la microcuenca de Llulluchayoc.



Nota. Mapa topográfico de la cuenca Llulluchayoc, obtenido de la plataforma GeoCATMIN del instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET).
<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/main>.

- **Ubicación geográfica**

La captación de la quebrada Llulluchayoc se encuentra dentro del área de estudio, en la provincia de Paucartambo de la región del Cusco. Su ubicación geográfica ha sido determinada mediante coordenadas UTM, permitiendo precisar el punto de captación del recurso hídrico. La siguiente tabla muestra la ubicación de la fuente de recurso hídrico:

Tabla 30

Ubicación de la fuente del recurso hídrico

QUEBRADA, RIO O LAGUNA (Punto de aforo)	UBICACIÓN DEL PUNTO DE CAPATACIÓN		
	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (msnm)
Captación - Llulluchayoc	8,496,251	8,560,23	3,350.00

Nota. Elaboración propia. Datos tomados del repositorio del ANA. *Inventarios y fuentes de aguas superficiales del río Vilcanota ámbito de la ATDR – Cusco.* https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3498/ANA0002110_2.pdf

- **Ubicación hidrográfica**

La quebrada Llulluchayoc forma parte de la red hidrográfica de la provincia de Paucartambo, en la región Cusco. Se encuentra dentro de la cuenca del río Paucartambo, la cual es un afluente del río Madre de Dios, perteneciente a la vertiente del atlántico. Su ubicación dentro de esta red hidrológica le confiere un papel clave en el abastecimiento de agua para actividades agropecuarias y en la regulación del caudal durante la temporada de lluvias y estiaje.

El sistema hídrico de la zona está influenciado por factores climáticos y topográficos, lo que determina la variabilidad de los caudales en diferentes épocas del año. La captación de la quebrada Llulluchayoc se sitúa a una altitud aproximada de 3,350 m.s.n.m., en un entorno donde predominan ecosistemas altoandinos que contribuyen a la recarga hídrica a través de la infiltración y escorrentía.

- ✓ Vertiente: Atlántico
- ✓ Cuenca: Río Paucartambo
- ✓ Microcuenca: Llulluchayoc

- **Ubicación política**

La quebrada Llulluchayoc se encuentra ubicada en el distrito de Paucartambo, dentro de la provincia de Paucartambo, en la región Cusco. Administrativamente, esta zona pertenece al ámbito

de influencia del Gobierno Regional del Cusco y es supervisada en términos de recursos hídricos por la autoridad nacional del agua (ANA) a través de sus oficinas desconcentradas.

A nivel local, la quebrada y su captación están bajo la jurisdicción de las comunidades campesinas y organizaciones de usuarios de agua, quienes regulan su aprovechamiento para actividades agrícolas y pecuarias. Además, el área forma parte del ámbito de gestión de la administración local del agua (ALA) Paucartambo, encargada del monitoreo y control del recurso hídrico.

5.3. Clasificación de la cuenca según Otto Pfafstetter

En el contexto de la gestión de recursos hídricos y el diseño de infraestructuras de riego, es esencial contar con una clasificación sistemática de las cuencas hidrográficas. Una cuenca hidrográfica es un área geográfica que drena todas las aguas superficiales hacia un punto común, como un río o lago. Estas cuencas pueden dividirse en unidades más pequeñas llamadas subcuencas. Para gestionar adecuadamente estas unidades y planificar un sistema de riego eficiente, se utiliza el sistema de codificación propuesto por Otto Pfafstetter en 1989.

El sistema jerárquico de Otto Pfafstetter es un método para identificar y clasificar cuencas y subcuencas mediante un código numérico. Este sistema permite ubicar una cuenca dentro de una red hidrográfica de forma ordenada, facilitando la planificación, el monitoreo y la gestión integrada de los recursos hídricos. Se basa en principios geomorfológicos, es decir, en la forma del terreno y el recorrido de los ríos.

5.3.1. Clasificación del sistema Pfafstetter

Una cuenca de Nivel 0 se refiere a una cuenca de escala continental, es decir, aquella que desemboca directamente en el océano. A medida que se incrementa el nivel de codificación, se generan subdivisiones más detalladas de esta cuenca principal. Aunque el sistema puede tener un

número ilimitado de niveles en teoría, en la práctica, usualmente se trabaja con niveles entre 6 y 8. En cada uno de estos niveles, se asigna un número entero específico, del 0 al 9, a cada subcuenca, en función de su ubicación y papel dentro de la red de drenaje.

Las cuencas hidrográficas, en cada nivel, se clasifican en tres categorías: (1) cuenca, (2) entre cuenca y (3) cuenca interna, según se detalla en la siguiente Tabla. La cuenca se caracteriza por no recibir flujo concentrado desde aguas arriba, pero sí presenta una salida hacia aguas abajo. La entre cuenca, en cambio, tiene flujos concentrados tanto de entrada como de salida. Por último, la cuenca interna es aquella que carece de flujos concentrados de entrada y salida, siendo un sistema endorreico o cerrado.

Tabla 31

Subdivisión en el sistema de codificación de cuencas según Pfafstetter

No.	Tipo	Flujo concentrado de entrada aguas arriba	Flujo concentrado de salida aguas abajo
1	Cuenca	NO	SÍ
2	Entrecuenca	SÍ	SÍ
3	Cuenca interna (intercuenca)	NO	NO

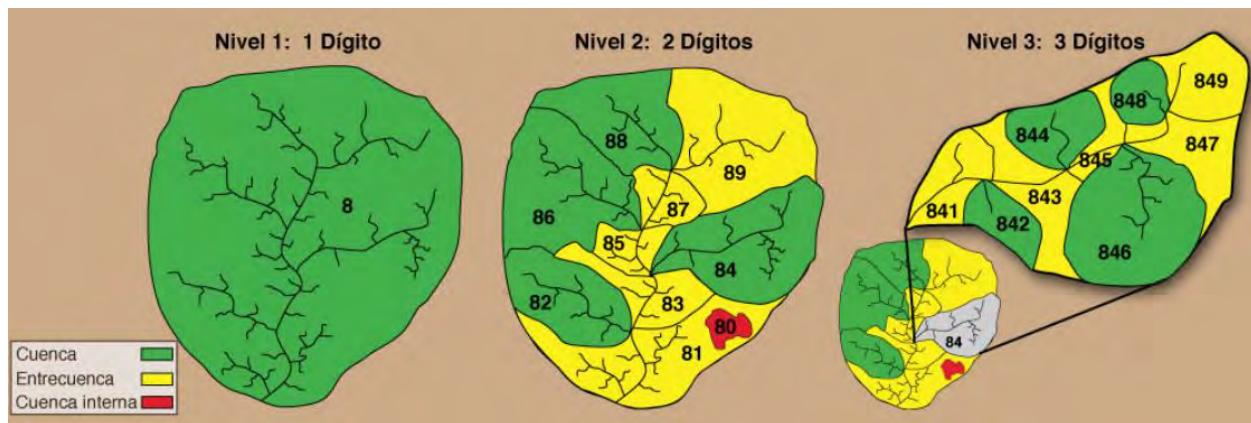
Para cada nivel, del 1 al n, los códigos Pfafstetter se asignan siguiendo un procedimiento específico:

- Desde el punto de salida de la cuenca, se sigue el cauce principal en sentido aguas arriba, identificando los cuatro afluentes con las áreas de drenaje más extensas. Las subcuenca que abarcan estos afluentes se clasifican como cuencas y reciben números pares (2, 4, 6 y 8), en orden ascendente conforme se avanza río arriba.

- Las subcuencas situadas entre estas principales, que aportan flujo lateral al cauce principal, se denominan entre cuencas y se codifican con números impares (1, 3, 5 y 7), también siguiendo el orden desde aguas abajo hacia aguas arriba.
- El número impar 9 se asigna a la subcuenca ubicada en la parte más alta del sistema, que desemboca directamente en la entrecuenca codificada con el número 7.
- En caso de que exista una cuenca interna de gran tamaño, esta recibe el código 0. Las demás cuencas internas, si las hay, se integran en las cuencas o entre cuencas adyacentes más cercanas.
- Si se diera la situación poco común en la que dos cuencas, por ejemplo, la 2 y la 4, desembocan en el mismo punto, ya sea del mismo lado o en lados opuestos del cauce, la entrecuenca que debería ubicarse entre ambas (la número 3) se considera sin área propia.

Figura 32

Codificación de cuencas según Pfafstetter



La Figura presenta un ejemplo con tres niveles del sistema de codificación Pfafstetter. En cada nivel, como en el caso del Nivel 3, el dígito correspondiente (m) se agrega al código del nivel anterior (XY) para formar un nuevo identificador (XYm). Por ejemplo, el código 846 indica que se trata de la cuenca número 8 en el Nivel 1 (nivel más general), la número 4 en el Nivel 2 (nivel intermedio) y la número 6 en el Nivel 3 (nivel más detallado).

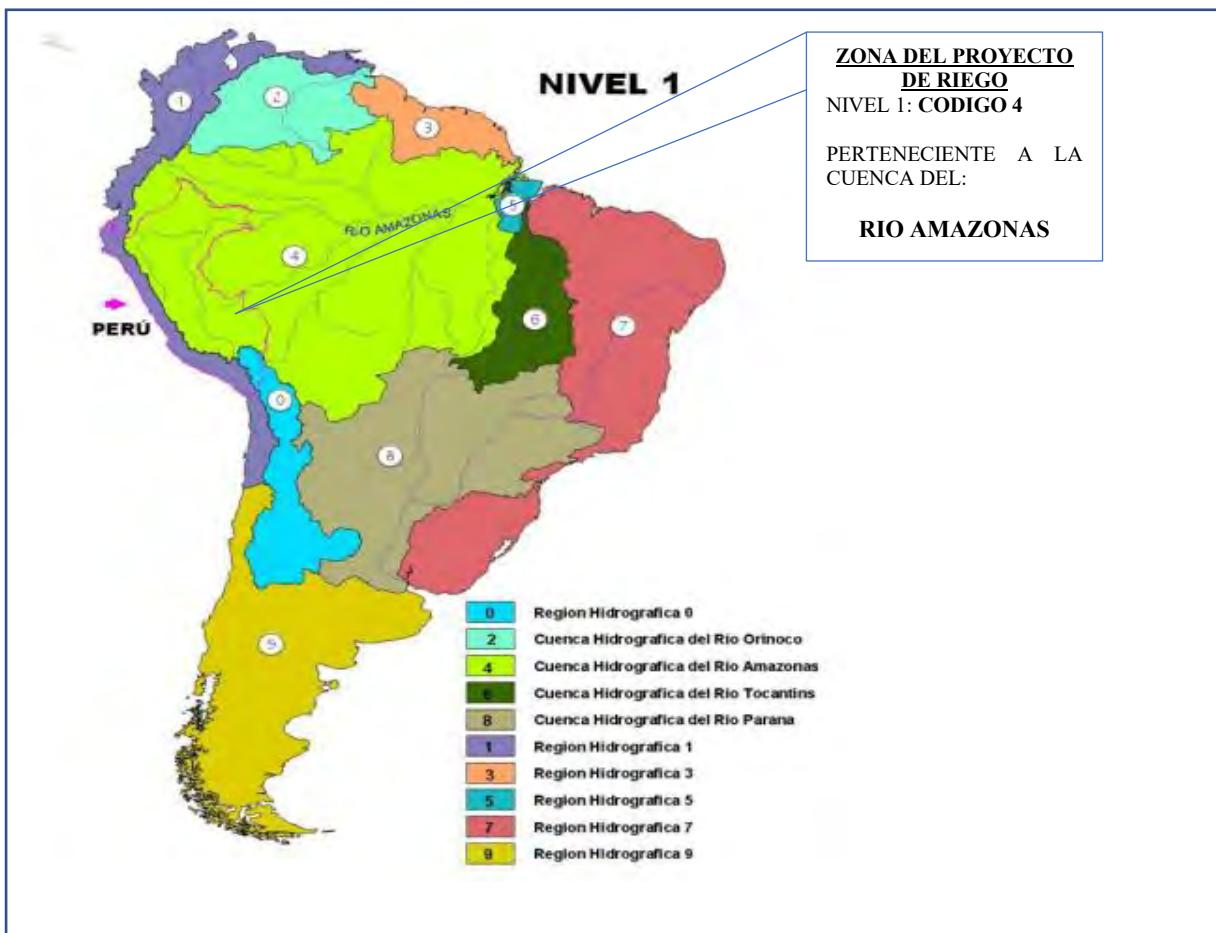
5.3.2. Clasificación del sistema Pfafstetter a nivel continental

Procesamiento de la información en América del Sur, la recopilación de información sobre la metodología Pfafstetter y su aplicación en otros países, fue la primera fase para evaluar una posible aplicación del método en el Perú. Es así, que mediante la recopilación de información se obtuvo la información necesaria para el inicio de la investigación, para la respectiva aplicación del método en el territorio nacional.

Una de las más importantes fuentes de información ha sido el portal de la UNITED STATE GEOLOGY SURVEY (USGS). De allí se obtuvo la división en el nivel 1 del sub continente sudamericano, que está constituido por diez unidades hidrográficas elementales, el sistema de cuencas cerradas del altiplano, con el código 0.

Figura 33

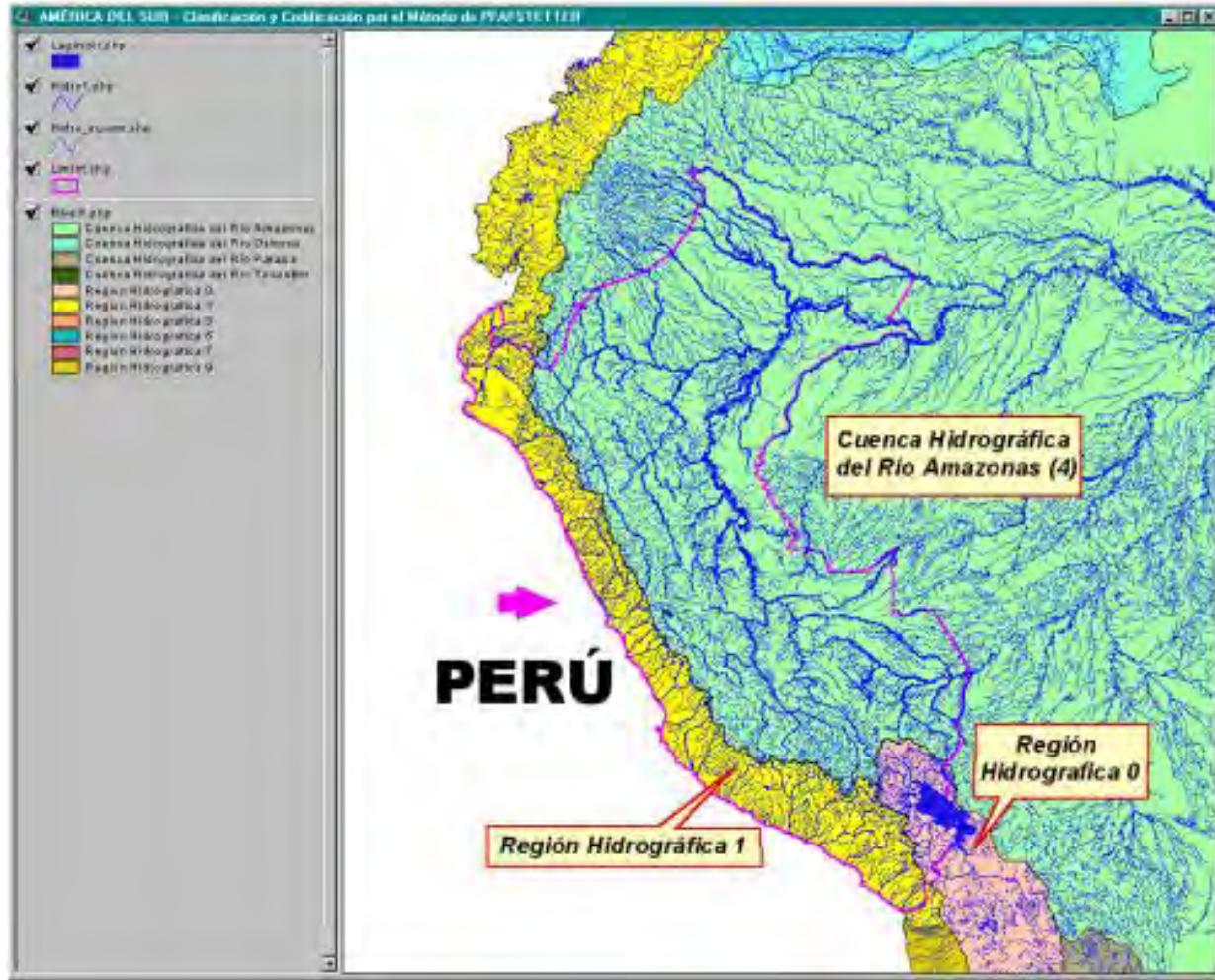
Clasificación Pfafstetter a nivel continental (América del Sur)



Como se muestra en la figura anterior, el Perú se encuentra en tres grandes cuencas o vertientes hidrográficas de Sudamérica, las cuales corresponden al primer nivel y tiene como códigos el 0, 1 y 4.

Figura 34

Cuencas Hidrográficas que abarcan territorio peruano.



5.3.3. Clasificación Pfafstetter a nivel nacional para la zona del proyecto

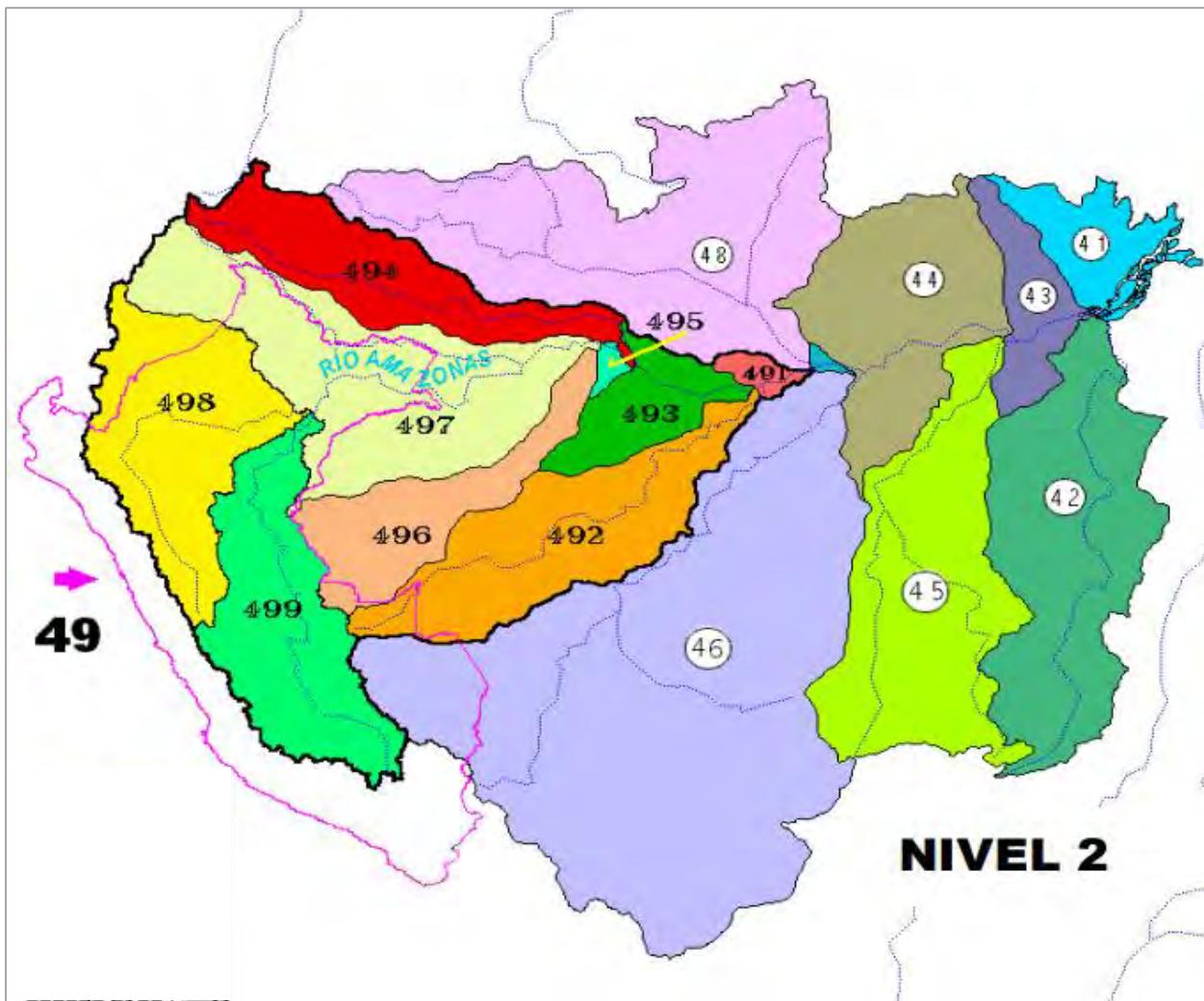
La figura presentada a continuación muestra la **clasificación Pfafstetter en el Nivel 2** para la cuenca del río Amazonas, en la cual se identifican las principales subcuenca que conforman este sistema hidrográfico de gran magnitud. El código principal asignado a la cuenca del Amazonas

es el 4, y a partir de este se ramifican subdivisiones codificadas del **41 al 49**, que corresponden a las subcuenas de segundo nivel.

Cada una de estas subcuenas delimita territorios hidrográficos donde las aguas de los ríos y afluentes convergen hacia el eje principal del Amazonas. Esta clasificación permite organizar y comprender de manera jerárquica la red hidrográfica, facilitando la planificación territorial y la gestión de recursos hídricos en diferentes escalas.

Figura 35

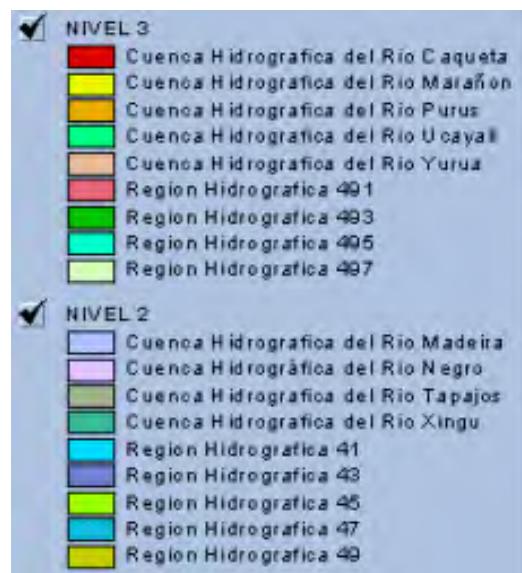
Clasificación de nivel 2 y 3 en el continente sudamericano



Nota. la figura muestra la clasificación de la cuenca del amazonas según la clasificación de Otto Pfafstetter, el cual fue desarrollado en el programa Arcgis en base a un DEM (Modelo digital de elevación)

Tabla 32*Unidades Hidrográficas nivel 2 en el continente de América del Sur*

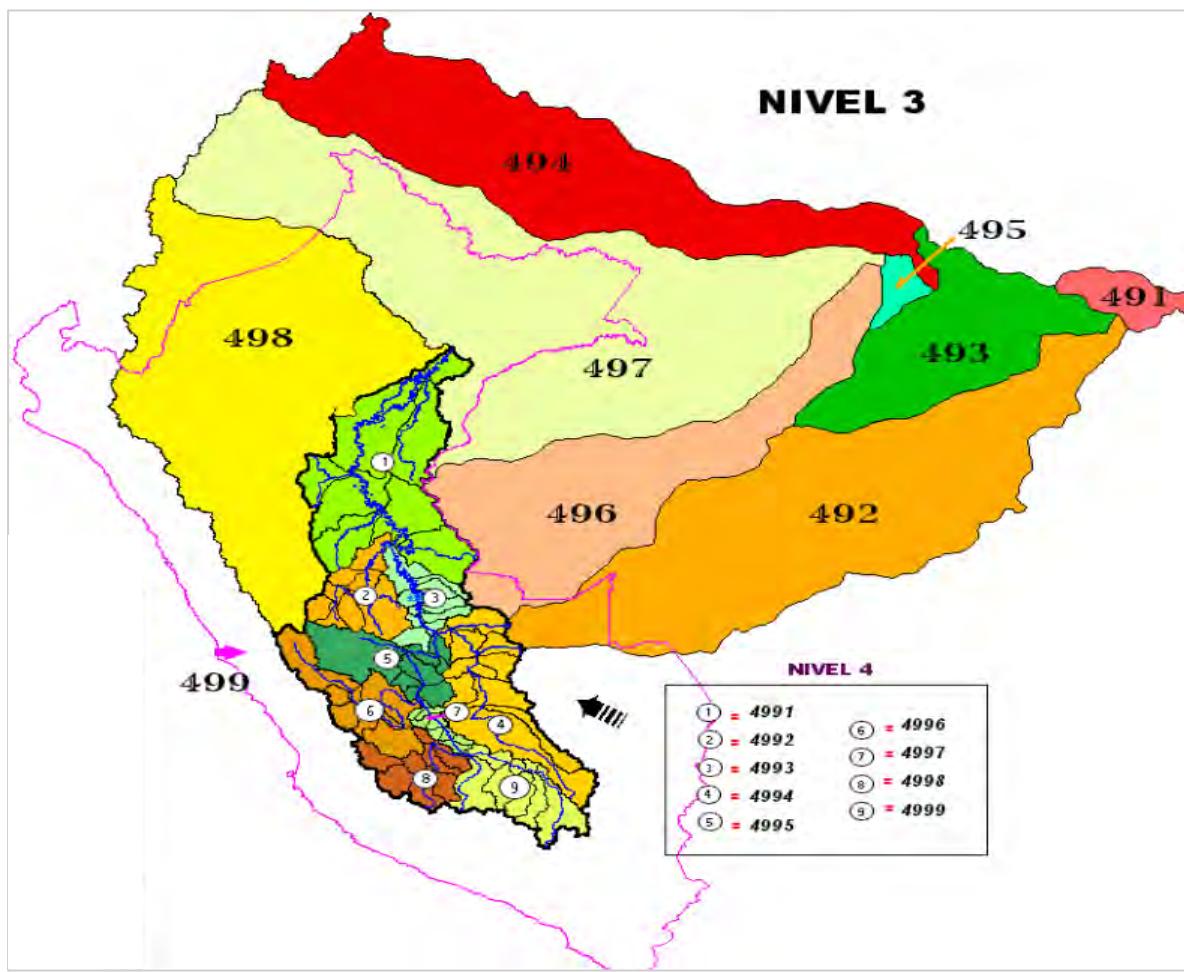
Shape	Unidad	Nombre	Área Km ²
Polygon	41	Region Hidrografica 41	132899.5906
Polygon	42	Cuenca Hidrografica del Rio Xingu	521895.7370
Polygon	43	Region Hidrografica 43	122753.4491
Polygon	44	Cuenca Hidrografica del Rio Tapajos	504723.8607
Polygon	45	Region Hidrografica 45	369073.5188
Polygon	46	Cuenca Hidrografica del Rio Mdeira	1415070.6946
Polygon	47	Region Hidrografica 47	6110.1107
Polygon	48	Cuenca Hidrográfica del Rio Negro	716900.5673
Polygon	49	Region Hidrografica 49	2238948.4937



A la cuenca hidrográfica del **Río Ucayali** le corresponde el **código 499** en el tercer nivel, por tanto, **constituye la cabecera o el origen del río Amazonas**. Del mismo modo, se delimitaron y codificaron las unidades hidrográficas del Río Ucayali, obteniéndose, en el cuarto nivel, los códigos 4991, 4992, 4993, 4994, 4995, 4997, 4998, 4999; tal como se muestra en la siguiente figura

Figura 36

Clasificación de la cuenca del río Amazonas nivel 3 y 4

**Tabla 33**

Unidades hidrográficas nivel 3 dentro de la cuenca del río Amazonas

Shape	Unidad	Nombre	Área_km²
Polygon	491	Region Hidrografica 491	23982.1259
Polygon	492	Cuenca Hidrografica del Rio Purus	357665.7710
Polygon	493	Region Hidrografica 493	128723.2607
Polygon	494	Cuenca Hidrografica del Rio Caqueta	278437.4173
Polygon	495	Region Hidrografica 495	11186.4278
Polygon	496	Cuenca Hidrografica del Rio Yurua	217008.5811
Polygon	497	Region Hidrografica 497	526300.0781
Polygon	498	Cuenca Hidrografica del Rio Marañon	347550.6896
Polygon	499	Cuenca Hidrografica del Rio Ucayali	348094.1422

5.3.4. Clasificación Pfafstetter a nivel regional para la zona del proyecto

La clasificación de cuencas hidrográficas a **nivel 4** permite un mayor grado de detalle en la delimitación, identificando subcuenca de menor extensión que las de nivel 3. Este nivel es fundamental para estudios hidrológicos y de riego, ya que facilita el análisis de los recursos hídricos a escala local, posibilitando una planificación más precisa del uso y manejo del agua en proyectos agrícolas e hidráulicos.

Figura 37

Clasificación de la cuenca del río Ucayali nivel 4



Tabla 34

Unidades hidrográficas nivel 4 dentro de la cuenca del río Ucayali

Shape	Unidad	Nombre	Área km ²
Polygon	4991	Unida Hidrografica 4991	108171.4203
Polygon	4992	Cuenca Hidrografica del Rio Pachitea	28770.9966
Polygon	4993	Unida Hidrografica 4993	21783.3702
Polygon	4994	Cuenca Hidrografica del Rio Urubamba	58849.7973
Polygon	4995	Unida Hidrografica 4995	32128.9508
Polygon	4996	Cuenca Hidrografica del Rio Mantaro	34350.3070
Polygon	4997	Unida Hidrografica 4997	6715.0886
Polygon	4998	Cuenca Hidrografica del Rio Pampas	23048.9918
Polygon	4999	Unida Hidrografica 4999	34275.2196

La cuenca del río Urubamba presenta tres ejes principales de drenaje los ríos Vilcanota, Mapacho y Yanatile:

El **río Vilcanota** nace en los nevados del abra La Raya a una altitud de 4326 msnm., discurriendo en una dirección Noreste, recibe aportes del río Langui, el cual se origina en la Laguna Langui Layo, seguidamente recibe los aportes del río Salcca, el cual se origina en la Laguna Sibinacocha, luego los aportes de ríos Pitumarca, Tigremayo, Huatanay, Huarocondo, Santa Teresa, Vilcabamba, para que finalmente se une con el río Yanatile dando origen al río Urubamba.

El **río Mapacho** nace principalmente de lagunas y los deshielos de la cordillera del Nevado Ocongate localizados en la cabecera de la cuenca del río Mapacho. Recibe afluentes de los ríos Ccatcca, Pichihua, Jachacalle, Churumayo, Cahuay. Esta cuenca del Mapacho presenta un relieve accidentado encañonado, con pocas extensiones de terrenos planos. Aguas abajo cambia de denominación a río Yavero para finalmente confluir con el río Urubamba.

El **río Yanatile** nace el abra de Amparaes, producto del almacenamiento de lagunas y frecuentes precipitaciones durante todo el año. Siendo sus principales aportantes los ríos Ocobamba y Versalles. La cabecera de esta cuenca se localiza en una región convectiva, cuya

característica es que durante la época de estiaje hay precipitaciones permanentes, lo que mantiene el recurso hídrico durante todo el año.

Finalmente, el río Urubamba nace en la confluencia de los ríos Vilcanota y Yanatile, teniendo como principales aportantes a los ríos Chirumbia, Ichiquiato, Cirialo, Comerciato, Mantalo, Yavero, Ticumpinia, Timpia, Camisea, Picha, Huipaya, Yamehua, Huitiricoya, Paquiria, Sensa, Miaria. En el departamento Ucayali recibe aportes importantes de los ríos Mishahua, Sepahua, Puquiria, Sepa, Maupillo e Inuya.

Geográfica y políticamente, abarca parte del territorio de los departamentos de Cusco (11 provincias, 73 distritos) y Ucayali (1 provincia, 2 distritos), teniendo ciudades de mayor conglomeración urbana en Cusco, Quillabamba, Urubamba, Calca, Sicuani, Atalaya.

Figura 38

Unidades hidrográficas de la cuenca del río Urubamba

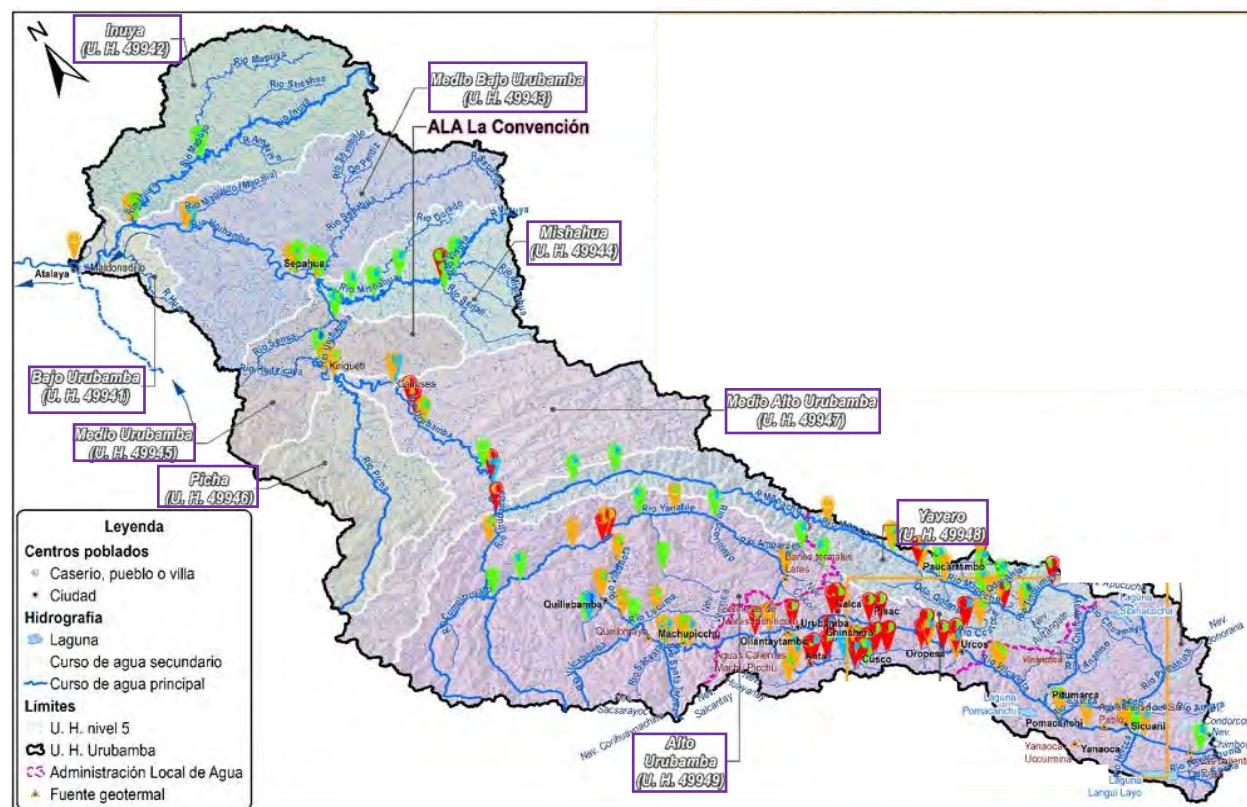


Tabla 35*Unidades hidrográficas nivel 5 dentro de la cuenca del río Urubamba*

Unidad Hidrográfica	Nombre	Área (Km2)
49941	Bajo Urubamba	887.83
49942	Inuya	5781.09
49943	Medio Bajo Urubamba	7370.16
49944	Mishahua	3389.48
49945	Medio Urubamba	3398.41
49946	Picha	3744.17
49947	Medio Alto Urubamba	7700.13
49948	Yávero (Paucartambo)	5491.02
49949	Alto Urubamba	21285.10

El río Yávero-Paucartambo, también conocido como río Alto Madre de Dios, recibe varios afluentes importantes en su curso. Los principales afluentes por la margen izquierda son el río Mapacho, que confluye con el río Qenqomayo en Paucartambo, y el río Cosñipata. Por la margen derecha, destacan el río Alto San Gabán y otros afluentes menores entre ellos Llulluchayoc y Huaynapata que provienen de la Cordillera de Vilcanota

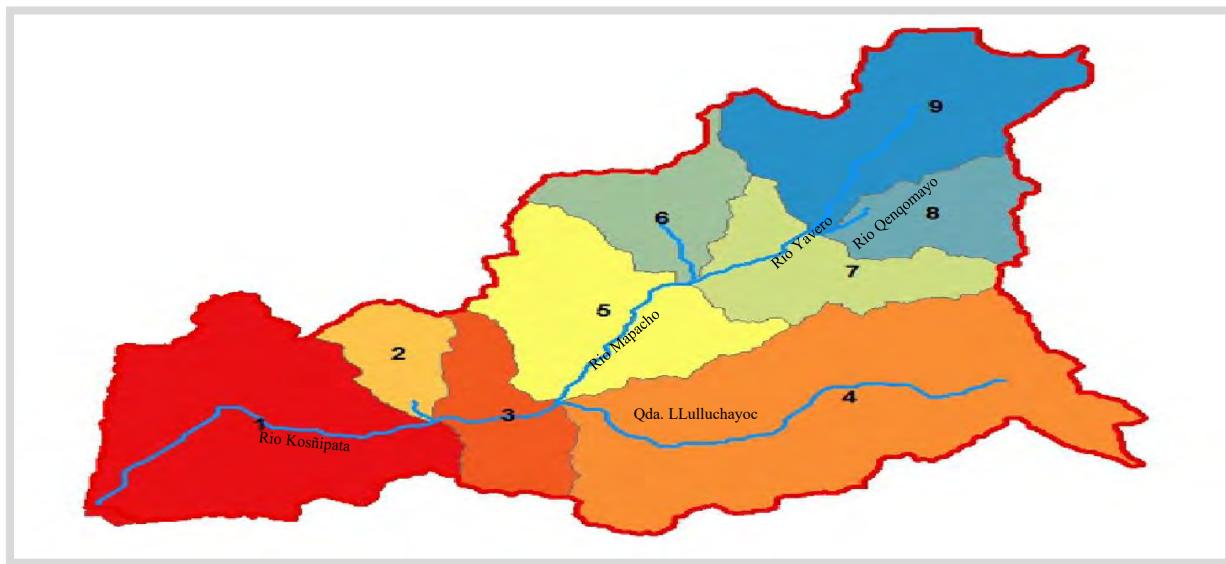
A continuación, se presenta la clasificación del nivel 6 para la quebrada Llulluchayoc la cual alimenta al río Mapacho.

Tabla 36*Unidades hidrográficas nivel 6 dentro de la cuenca del río Yávero*

Unidad Hidrográfica	Nombre	Área (Km2)
499481	Kosñipata	7370.16
499482	Huaynapata	781.09
499483	Mapacho	887.12
499484	Llulluchayoc	10389.48
499485	Mapacho Medio	398.41
499486	Afluente	344.17
499487	San Gabán	7700.13
499488	Qenqomayo	5491.02
499489	Challabamba	1285.10

Figura 39

Clasificación de la cuenca Llulluchayoc según Pfafstetter



Nota. la figura muestra la clasificación de la cuenca de Llulluchayoc según la clasificación de Otto Pfafstetter, el cual fue desarrollado en el programa Arcgis en base a un DEM (Modelo digital de elevación)

La quebrada **Llulluchayoc** (UH 499484) se ubica en el nivel 6 de la jerarquía de Pfafstetter, siendo una subunidad de la cuenca del río Yavero y, en última instancia, parte del sistema hidrográfico del río Amazonas. Esta localización evidencia que la quebrada constituye una fuente de agua de carácter local, pero con relevancia dentro de un sistema hídrico mayor que conecta con el río Urubamba y posteriormente con el Ucayali. La identificación de su clasificación jerárquica permite contextualizar la importancia de la quebrada como un recurso estratégico para el **proyecto de riego en Parpacalla**, asegurando que la intervención no solo tenga un impacto positivo en la productividad agrícola de la zona, sino que también se realice bajo un enfoque integrado de gestión de cuencas.

Tabla 37*Clasificación jerárquica de la quebrada Llulluchayoc según Pfafstetter*

Nivel	Código Unidad Hidrográfica	de Nombre Unidad Hidrográfica	de la la Descripción
1	4	Región de la cuenca del río Amazonas	Región hidrográfica principal a nivel continental, que agrupa las cuencas que drenan hacia el río Amazonas.
2	49	Río Amazonas	Unidad hidrográfica correspondiente al curso principal del río Amazonas a nivel nacional.
3	499	Río Ucayali	Unidad hidrográfica que concentra afluentes importantes que drenan hacia el río Ucayali.
4	4994	Río Urubamba	Unidad hidrográfica a nivel regional, perteneciente al río Urubamba, afluente significativo del Ucayali.
5	49948	Río Yavero (Paucartambo)	Subcuenca que integra afluentes secundarios que descargan hacia el río Yavero.
6	499484	Quebrada Llulluchayoc	Unidad hidrográfica localizada en la parte alta de la subcuenca, donde se desarrolla el proyecto de riego.

Nota. Elaboración propia.

5.4.Datos Hidrometeorológicos

El análisis hidrológico de la microcuenca requiere la recopilación y evaluación de datos hidrometeorológicos provenientes de estaciones meteorológicas cercanas. Estos datos permiten caracterizar el comportamiento del régimen de precipitación, así como su variabilidad temporal y espacial. Para este estudio, se emplearon registros de cuatro estaciones meteorológicas.

La recopilación, gestión y uso adecuado de la información hidrometeorológica son esenciales para garantizar su calidad y precisión. Dado que en la microcuenca de Llulluchayoc y el centro poblado de Parpacalla no se cuenta con datos hidrometeorológicos cercanos, se llevó a cabo un análisis de consistencia de los registros de estaciones próximas, a fin de emplearlos en el cálculo de caudales medios, mínimos y máximos.

5.4.1. Estaciones meteorológicas

Para el análisis hidrológico, se han recopilado datos de cuatro estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca Llulluchayoc. La información de cada estación se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 38

Estaciones meteorológicas cercanas al proyecto.

ESTACIÓN METEOROLOGICA	Tipo	Latitud ° , ''	Longitud ° , ''	Altitud Media	Ubicación
SICUANI	C. M.	14.24	71.24	3,574.00	Canchis
GRANJA KCAYRA	C. M.	13.56	71.88	3,219.00	Cusco
PISAC	C. M.	13.42	71.85	2,950.00	Calca
PAUCARTAMBO	C. M.	13.32	71.59	3,042.00	Paucartambo

Nota. Elaboración propia. La tabla muestra las estaciones meteorológicas empleadas para el estudio hidrológico, además describe el tipo de estación las cuales en su totalidad son de tipo Convencional Meteorológica.

Se han considerado estaciones con registros representativos, la distribución altitudinal de las estaciones permite analizar variaciones de precipitación según la elevación. Además, se priorizaron estaciones con series de datos más completos y con menor cantidad de vacíos en los registros.

5.4.2. Estación de referencia para la microcuenca de Llulluchayoc

Dado que en el punto específico de estudio no existe una estación hidrometeorológica para el registro de datos pluviométricos, se ha optado por inferir los valores a partir de estaciones cercanas al proyecto. Para ello, se ha considerado el punto de captación como referencia para la generación de datos. A continuación, se presenta la descripción de este punto, que también podría ser adecuado para la instalación de una estación hidrometeorológica destinada a la medición de precipitaciones.

Tabla 39

Descripción del punto de captación - Llulluchayoc.

QUEBRADA, RIO O LAGUNA UBICACIÓN DEL PUNTO DE CAPTACIÓN (Punto de aforo)	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (msnm)
Captación - Llulluchayoc	8531105	221193	3350

Nota. Elaboración propia, se muestra la ubicación del punto de captación y aforo.

5.5. Análisis y tratamiento de datos

El análisis de datos de precipitación es fundamental para comprender el comportamiento de la cuenca en estudio. A través de la interpretación de estos datos, se busca identificar patrones que influyan en el diseño y gestión del sistema de riego, garantizando una utilización eficiente del recurso hídrico.

5.5.1. *Registros meteorológicos* .

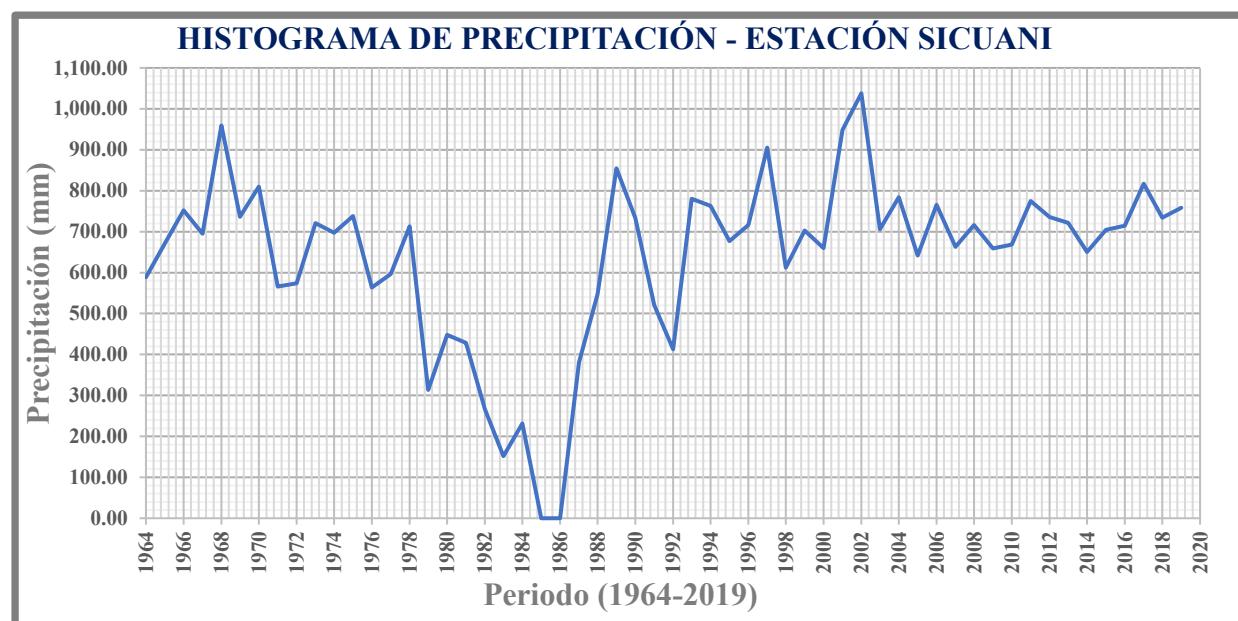
Los registros meteorológicos corresponden a los datos de precipitación recolectados por estaciones hidrometeorológicas que forman parte de la red de monitoreo del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). Estos registros proporcionan información sobre las precipitaciones ocurridas en diversas ubicaciones geográficas a lo largo del tiempo, siendo fundamentales para el análisis y la gestión de recursos hídricos. En este caso, los datos obtenidos de las estaciones cercanas al área de estudio ofrecen una base confiable para la estimación de las precipitaciones en la cuenca perteneciente a la quebrada Llulluchayoc y punto de captación del sistema de riego, permitiendo realizar un análisis detallado de la variabilidad climática y su impacto en el diseño del sistema de riego.

5.5.1.1. Estación Sicuani

Se han obtenido los datos de las precipitaciones medias mensuales de la estación Sicuani, correspondientes al período comprendido entre 1964 y 2019. Los registros completos de estos datos se encuentran en el Anexo 3. A continuación, se presenta el histograma generado a partir de dichos datos, el cual refleja la distribución de las precipitaciones a lo largo de los años mencionados.

Figura 40

Histograma de precipitaciones totales anuales - Estación Sicuani



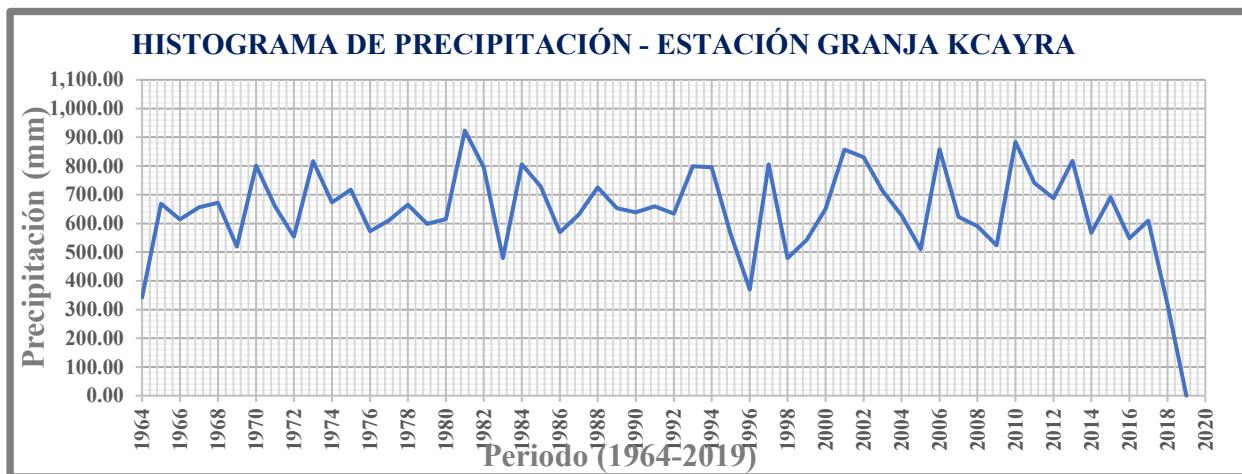
Nota. Elaboración propia. Histograma realizado a partir de los datos de precipitaciones totales para los años 1964-2019.

5.5.1.2. Estación Granja Kcayra

Se han recolectado los datos de las precipitaciones medias mensuales de la estación Granja Kcayra, correspondientes al período de 1964 a 2019. Los registros completos de estos datos se encuentran en el Anexo 3. A continuación, se presenta el histograma generado a partir de dichos datos, el cual muestra la distribución de las precipitaciones durante los años indicados.

Figura 41

Histograma de precipitaciones totales anuales - Estación Granja Kcayra

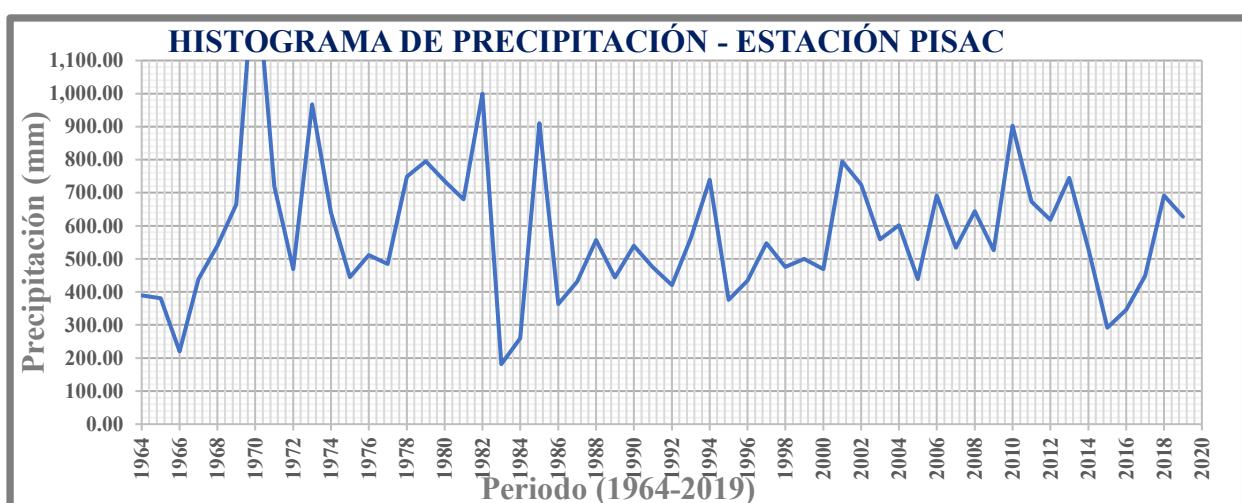


5.5.1.3. Estación Pisac

Se han recolectado los datos de las precipitaciones medias mensuales de la estación Pisac, correspondientes al período de 1964 a 2019. Los registros completos de estos datos se encuentran en el Anexo 3. A continuación, se presenta el histograma generado a partir de dichos datos, el cual ilustra la distribución de las precipitaciones a lo largo de los años mencionados.

Figura 42

Histograma de precipitaciones totales anuales - Estación Pisac



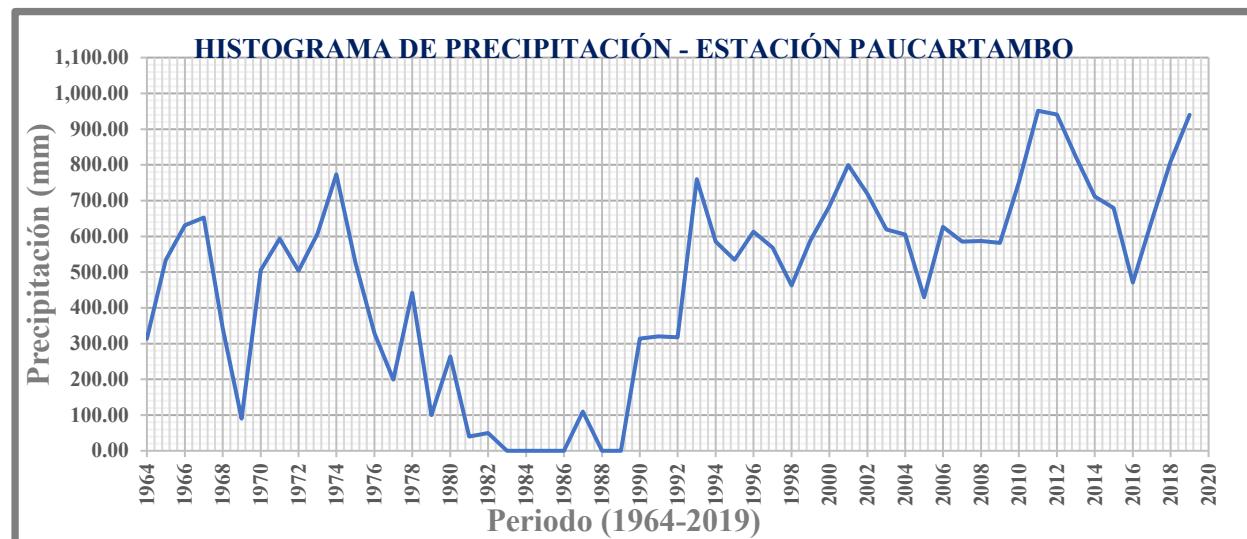
Nota. Elaboración propia. Histograma realizado a partir de los datos de precipitaciones totales para los años 1964-2019.

5.5.1.4. Estación Paucartambo

Se han recolectado los datos de las precipitaciones medias mensuales de la estación Paucartambo, correspondientes al período de 1964 a 2019. Los registros completos de estos datos se encuentran en el Anexo 3. A continuación, se presenta el histograma generado a partir de dichos datos, el cual muestra la distribución de las precipitaciones a lo largo de los años indicados.

Figura 43

Histograma de precipitaciones totales anuales - Estación Paucartambo



Nota. Elaboración propia. Histograma realizado a partir de los datos de precipitaciones totales para los años 1964-2019.

5.5.2. Procesos de estimación de datos faltantes

El tratamiento de datos es un paso clave en este estudio, ya que la información hidrológica disponible no presenta una continuidad completa en todas las estaciones analizadas. Las series de datos de las cuatro estaciones utilizadas contienen períodos con información faltante y registros de diferente duración, lo cual dificulta su uso directo en los análisis posteriores.

Para solucionar esta limitación, se utilizó el programa **HEC-4**, el cual permitió completar y extender las series de datos a partir de la relación existente entre las estaciones. Este procedimiento hizo posible estimar los valores faltantes y unificar los períodos de análisis,

obteniendo así series continuas y consistentes. De esta manera, se dispuso de información confiable y ordenada, necesaria para el desarrollo del análisis hidrológico del proyecto.

- **Criterios de Confiabilidad**

Con el fin de verificar la confiabilidad de la completación de datos realizada mediante el programa HEC-4, se aplicó la prueba estadística t de Student como herramienta de validación. Esta prueba permitió evaluar si el proceso de completación de datos alteró de manera significativa las características estadísticas originales de las series analizadas.

En particular, se compararon las medias de los registros originales (sin completar) con las medias de las series de datos completadas, con el objetivo de comprobar que no existen diferencias significativas entre ambas. De esta manera, la aplicación de la prueba t de Student permitió demostrar que la completación de datos realizada con HEC-4 mantiene el comportamiento promedio de las series hidrológicas, asegurando que la información resultante es representativa y adecuada para su uso en los análisis hidrológicos posteriores del proyecto.

a) Cálculo del t_c

$$t_c = \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

t_c : Valor del estadístico t calculado

N: Tamaño del registro de la serie, N=56

r: Coeficiente de correlación

b) Cálculo del t_t

Este valor o valor crítico de t (t_t) se obtiene a partir de las tablas t de Student (adjunto en el Anexo 3) con un nivel de significancia del 5% o un 95% de probabilidad, de la siguiente forma:

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{0.05}{2} = 0.025$$

$$G.L. = N-2= 61-2=59$$

c) Comparación del t_c con el t_t

Se trata de la siguiente relación:

- Si $|t_c| \leq t_t$ entonces **r** no es significativo, por ende, no existe correlación significativa.
- Si $|t_c| > t_t$ entonces **r** es significativo, por ende, existe correlación significativa entre las variables y se puede hacer uso de la ecuación para la estimación de los datos que faltan.
- En el caso de que **r** resulte ser no significativo se podrá aplicar el proceso de autocorrelación o intentar con otra serie.

En el caso de las estaciones de referencia, se llevó a cabo el proceso de obtención de los datos faltantes mediante el programa HEC 4. Para garantizar la confiabilidad de los datos completados, se aplicó un criterio estadístico riguroso a cada una de las tablas obtenidas. Se calculó la confiabilidad de los datos utilizando el estadístico t_c , y se procedió con el cálculo del valor de t_t , realizando la comparación entre ambos. Para este cálculo, se utilizó la tabla t de Student, lo que permitió evaluar la significancia de la estimación de los valores faltantes. De esta manera, se aseguró que los datos completados fueran estadísticamente confiables y válidos para el análisis. A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de estos procedimientos de completación y validación.

5.5.2.1. Registro completo – Estación Sicuani

A continuación, se presentan los registros completos de las precipitaciones correspondientes a la estación Sicuani, abarcando el período de 1964 a 2024. Los datos han sido procesados y validados mediante los métodos estadísticos correspondientes, aplicando criterios de confiabilidad para asegurar su precisión.

Tabla 40*Registro de datos completos para la estación Sicuani*

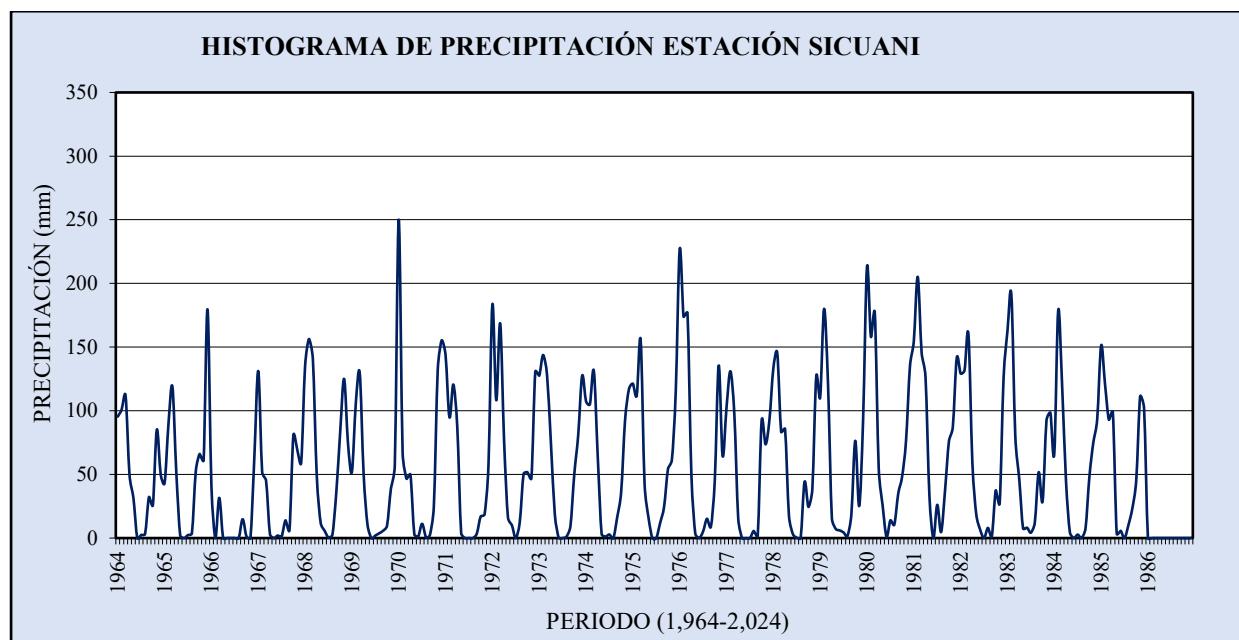
REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (MM) ESTACIÓN SICUANI - 000759													
Estación :	SICUANI	Altitud	3,574.00	mssnm	Latitud	14°	14'	15"	Longitud	71°	14'	12"	
Región	: Cusco	Provincia : Canchis	Distrito : Sicuani		14.24					71.24			
REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	95.40	101.00	112.00	50.00	31.80	0.00	2.50	3.20	32.20	25.80	85.10	50.00	589.00
1965	43.20	89.70	119.00	51.70	2.10	0.00	2.40	3.70	52.50	66.10	61.00	179.70	671.10
1966	81.60	118.20	94.20	6.00	35.00	0.00	0.00	2.30	38.90	148.80	106.00	121.00	752.00
1967	63.40	117.20	155.90	33.00	8.20	1.40	21.40	28.70	40.40	49.00	46.80	129.50	694.90
1968	118.20	171.30	272.90	55.60	0.00	0.00	16.00	28.20	21.40	62.10	149.30	64.20	959.20
1969	132.50	127.00	140.40	67.00	3.60	2.80	8.00	1.60	18.00	78.20	76.20	80.80	736.10
1970	172.30	139.50	141.30	50.30	5.60	0.00	0.00	0.00	20.40	48.30	46.60	185.40	809.70
1971	189.50	162.00	66.10	66.90	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	71.60	565.90
1972	154.20	76.50	95.60	58.10	6.30	0.00	15.90	29.60	0.00	8.00	35.20	94.40	573.80
1973	140.70	136.20	168.00	82.50	3.10	0.00	2.00	11.80	5.90	27.00	47.60	96.20	721.00
1974	168.50	223.30	91.10	25.10	0.80	6.50	0.00	16.00	24.50	13.00	51.50	77.00	697.30
1975	157.00	103.90	134.90	39.40	20.30	0.70	0.00	8.40	32.10	24.40	62.40	154.20	737.70
1976	161.90	68.70	130.40	27.50	11.40	6.70	5.10	9.60	17.90	9.30	29.00	86.30	563.80
1977	70.50	179.90	87.00	33.90	7.20	0.00	0.80	0.00	11.00	30.70	87.30	88.10	596.40
1978	214.60	71.30	183.40	83.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.50	24.20	73.40	37.90	713.30
1979	66.80	50.50	64.80	31.80	4.40	0.00	0.90	19.80	27.60	0.80	14.30	31.70	313.40
1980	86.60	49.30	26.10	0.00	15.60	18.60	19.90	21.60	1.60	65.90	60.20	82.60	448.00
1981	130.10	110.90	102.80	0.80	0.00	6.90	0.00	19.20	0.00	6.00	8.60	43.30	428.60
1982	66.30	26.30	48.40	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	24.00	58.10	34.00	8.60	266.60
1983	41.20	0.00	31.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.80	1.00	0.00	63.10	151.70
1984	131.20	52.10	45.30	3.00	0.00	2.00	1.30	13.95	6.15	80.60	69.45	59.15	464.20
1985	134.85	156.35	140.45	48.75	11.95	5.80	0.45	2.55	35.60	83.20	125.05	74.40	819.40
1986	51.85	105.80	129.85	50.80	10.55	0.00	1.95	3.75	5.75	9.70	38.95	57.25	466.20
1987	250.10	67.10	46.57	49.80	2.90	1.30	11.20	0.50	2.50	24.90	132.10	155.30	744.27
1988	143.80	94.90	120.60	87.40	4.00	0.00	0.00	0.00	3.40	17.00	18.70	57.20	547.00
1989	183.40	108.20	168.50	76.50	16.10	10.20	0.00	12.00	50.30	51.70	46.90	130.80	854.60
1990	127.10	104.80	71.20	33.80	1.50	25.20	0.00	9.00	11.20	128.80	90.50	130.30	733.40
1991	93.30	76.30	87.50	59.30	18.10	14.40	0.00	0.00	12.70	44.90	43.70	70.40	520.60
1992	99.20	61.40	51.77	20.90	7.27	12.70	14.50	19.50	19.10	62.80	96.80	53.60	519.53
1993	163.00	87.10	116.20	57.40	0.00	1.20	2.00	9.80	26.70	66.00	136.40	114.10	779.90
1994	127.50	143.80	128.40	74.90	18.80	0.30	0.00	1.20	9.30	50.50	81.00	127.40	763.10
1995	107.40	105.20	131.30	64.40	3.10	1.20	2.80	0.00	16.60	36.00	92.30	117.00	677.30
1996	121.30	112.00	155.50	42.70	16.30	0.00	0.00	12.00	24.50	54.20	61.60	115.70	715.80
1997	226.70	173.80	176.90	49.90	3.50	0.00	5.20	15.20	8.90	45.50	135.50	64.60	905.70
1998	102.30	131.00	97.80	15.50	0.00	0.00	0.00	5.60	1.70	92.20	73.60	92.70	612.40
1999	133.30	145.40	83.40	85.70	17.60	3.20	0.30	0.00	44.10	24.40	38.50	127.20	703.10
2000	110.40	180.00	121.90	15.60	7.20	6.00	4.40	1.70	18.60	76.40	25.20	92.60	660.00
2001	213.00	158.10	176.90	55.30	25.90	1.20	13.90	10.50	34.70	48.30	76.20	134.40	948.40
2002	154.70	205.20	145.70	126.40	32.90	0.00	26.10	4.70	37.40	75.90	87.30	141.50	1,037.80
2003	129.20	131.80	160.00	59.60	18.70	6.60	0.00	8.00	1.60	37.50	27.20	125.50	705.70
2004	162.60	191.00	80.40	47.00	7.60	8.20	4.20	12.00	51.60	28.90	92.40	98.40	784.30
2005	66.30	178.80	120.30	44.90	4.50	0.00	2.70	0.00	7.60	48.30	75.00	93.40	641.80
2006	151.20	120.80	92.80	99.00	3.30	5.70	0.00	10.30	23.30	45.40	111.30	102.00	765.10
2007	115.80	86.90	174.40	45.10	5.30	0.00	9.00	0.00	15.20	60.70	77.00	73.70	663.10
2008	137.30	133.50	117.90	21.60	7.00	0.70	0.60	0.60	2.60	84.10	61.60	149.00	716.50
2009	89.80	140.60	85.80	37.60	5.70	0.00	6.20	0.00	11.10	32.20	129.00	121.10	659.10
2010	161.00	95.80	118.00	48.40	2.60	0.00	0.00	5.70	2.40	62.80	46.60	125.10	668.40
2011	107.60	118.40	156.40	132.70	14.40	2.90	4.40	2.00	51.90	25.30	29.00	131.90	776.90
2012	155.20	184.80	103.00	49.00	0.50	3.20	0.80	0.00	14.20	36.40	38.70	149.80	735.60
2013	167.00	157.70	78.90	23.50	7.20	7.10	0.00	11.20	1.80	38.10	66.20	162.70	721.40
2014	146.90	134.30	55.40	36.70	9.50	0.00	0.20	6.30	24.50	49.20	31.20	156.40	650.60
2015	142.00	95.90	106.90	55.20	8.40	2.70	12.60	7.00	10.10	52.50	74.60	136.50	704.40
2016	131.40	260.00	53.80	82.80	3.20	0.00	0.30	6.90	19.90	79.00	21.15	77.00	735.45
2017	162.30	119.10	126.90	60.80	40.80	0.00	2.20	13.80	22.70	72.90	121.90	73.40	816.80
2018	112.60	165.90	116.60	30.80	5.20	20.40	20.10	28.60	4.40	76.20	104.60	48.60	734.00
2019	131.60	135.70	86.10	46.40	8.50	0.00	0.00	0.00	0.50	79.60	137.50	212.30	838.20
2020	206.70	150.60	150.80	40.90	0.20	4.90	0.00	10.50	7.50	72.50	63.40	151.60	859.60
2021	114.10	85.40	107.30	93.60	5.80	0.00	4.00	0.00	1.00	48.70	73.10	90.00	623.00
2022	100.10	114.10	65.30	10.50	8.70	2.10	0.00	3.90	13.90	51.70	76.40	144.40	591.10
2023	113.80	108.30	79.10	21.30	5.30	0.00	3.30	0.70	15.10	8.30	88.70	80.30	524.20
2024	173.70	125.80	66.50	21.00	2.40	20.50	17.00	9.00	20.70	26.60	60.40	85.30	628.90
Nº Datos	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00
Coef. Corr r	0.74	0.79	0.52	0.56	0.68	0.84	0.82	0.68	0.77	0.66	0.78	0.72	0.71
Media	131.26	121.75	110.89	47.36	8.75	3.50	4.39	7.58	18.06	48.14	68.11	102.45	674.63
Prec. Max.	250.10	260.00	272.90	132.70	40.80	25.20	26.10	29.60	52.50	148.80	149.30	212.30	1,037.80
Prec. Min.	41.20	0.00	26.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.60	151.70
tc	8.34	9.83	4.66	5.15	7.19	12.09	11.17	7.07	9.31	6.83	9.70	7.98	
tt	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	
n-2	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	
alfa/2	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	
Significancia	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	

Nota. Elaboración propia.

Además, se presenta el histograma de las precipitaciones correspondientes al registro completo de la estación Sicuani, que abarca el período de 1964 a 2024. Este histograma ilustra la distribución de las precipitaciones a lo largo de los años, lo que permite analizar las variaciones en su intensidad en la zona de estudio. A partir de estos datos, es posible identificar los patrones pluviométricos y realizar una evaluación detallada del comportamiento de las precipitaciones en la región durante el período mencionado.

Figura 44

Histograma de precipitación de datos completos - Estación Sicuani



Nota. Elaboración propia.

5.5.2.2. Registro completo – Estación Granja Kcayra

A continuación, se presentan los registros completos de las precipitaciones correspondientes a la estación Granja Kcayra, abarcando el período de 1964 a 2024. Los datos han sido procesados y validados mediante los métodos estadísticos adecuados, asegurando su confiabilidad y precisión.

Tabla 41*Registro de datos completos para la estación Granja Kcayra*

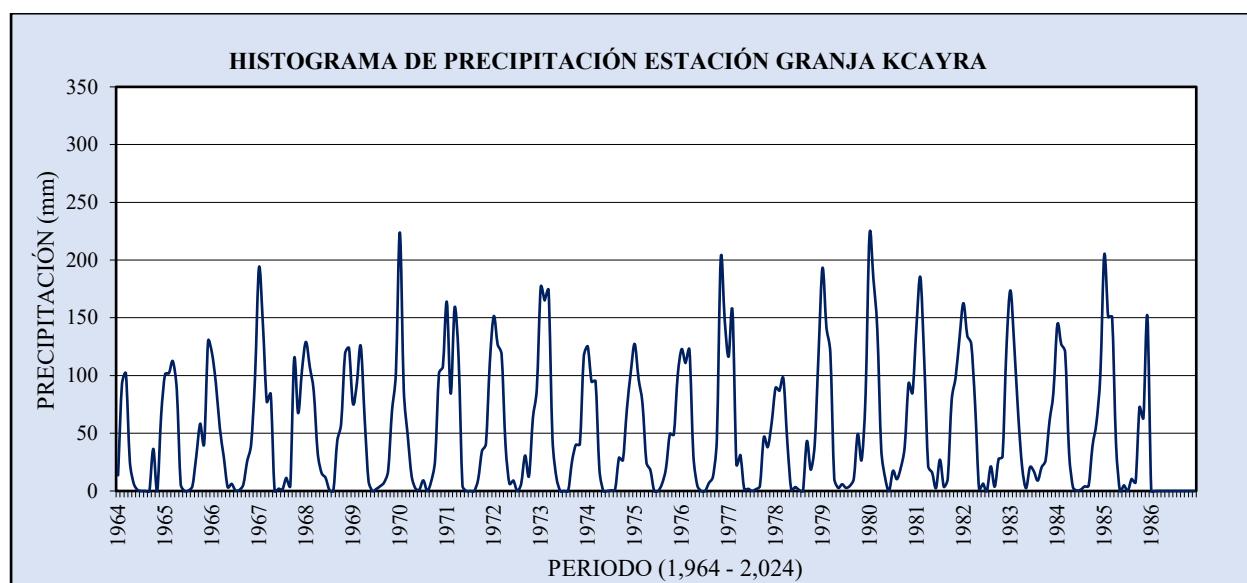
REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (MM) ESTACIÓN GRANJA KCAYRA - 000607													
Estación :	G. KCAYRA	Altitud	3,219.00	msnm	Latitud	13°	33'	25"	Longitud	71°	52'	31"	
Región	: Cusco	Provincia : Cusco	Distrito	: San Jerónimo	13.56					71.88			
REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	13.60	92.50	101.60	25.80	6.50	0.90	0.00	0.00	0.00	36.50	0.00	65.00	342.40
1965	101.00	101.90	112.40	88.00	5.80	0.00	0.40	4.23	30.60	58.30	41.00	129.70	673.33
1966	95.00	161.10	98.10	18.30	19.80	0.00	0.00	1.70	31.90	59.70	63.70	64.50	613.80
1967	67.50	117.90	140.80	19.00	1.80	0.60	11.00	19.80	32.80	70.90	57.10	116.70	655.90
1968	145.40	114.90	85.00	34.60	6.30	5.30	30.90	8.60	16.20	77.00	93.10	54.80	672.10
1969	144.50	78.20	86.60	15.30	3.20	1.20	8.60	3.90	22.80	27.00	54.80	72.70	518.80
1970	169.30	92.60	116.10	87.90	14.10	1.10	3.70	3.40	42.10	38.80	53.30	178.80	801.20
1971	126.50	143.80	104.60	40.00	1.50	0.10	0.00	5.70	3.50	55.70	51.00	127.50	659.90
1972	192.00	66.60	57.50	27.70	5.40	0.00	6.50	27.30	12.20	7.90	50.20	100.20	553.50
1973	221.30	118.20	102.20	71.10	18.20	0.00	9.10	4.60	21.70	65.10	86.80	98.50	816.80
1974	93.20	167.00	101.50	54.50	3.60	8.20	1.00	34.60	5.90	43.30	60.90	99.70	673.40
1975	131.10	125.40	62.80	66.80	22.50	0.70	0.30	0.60	35.50	63.10	51.00	157.80	717.60
1976	130.50	84.50	123.10	42.90	13.00	8.70	0.70	2.50	26.80	25.30	47.80	66.60	572.40
1977	107.30	131.20	70.50	47.60	7.90	0.00	4.40	0.00	29.90	56.80	79.70	75.80	611.10
1978	177.60	103.60	89.40	50.30	11.40	0.00	3.40	0.00	13.70	12.30	81.80	121.20	664.70
1979	102.70	131.60	108.80	46.80	6.20	0.00	0.90	8.10	11.50	18.40	85.60	77.90	598.50
1980	110.10	126.40	134.40	23.80	3.70	0.00	5.30	1.00	12.60	61.30	61.80	74.30	614.70
1981	234.20	80.80	124.40	56.90	1.80	3.90	0.00	9.80	42.30	112.50	120.80	135.90	923.30
1982	186.30	115.10	144.50	58.80	0.00	9.20	3.40	4.90	14.00	37.90	122.50	98.60	795.20
1983	119.40	93.00	54.50	29.80	3.40	6.20	0.50	0.90	5.50	26.00	40.40	99.10	478.70
1984	193.40	145.10	77.30	84.00	0.00	2.00	1.30	11.40	4.20	114.60	67.50	104.70	805.50
1985	129.10	107.20	86.40	33.20	15.60	11.60	0.90	0.00	43.30	58.30	118.90	123.80	728.30
1986	75.90	92.70	125.70	63.10	8.60	0.00	1.80	4.20	7.50	17.30	69.60	102.70	569.10
1987	223.90	88.30	48.60	13.10	2.10	1.30	9.20	0.00	8.20	26.50	101.80	107.60	630.60
1988	163.80	84.30	159.10	116.30	4.60	0.00	0.00	0.00	9.90	34.90	40.90	111.70	725.50
1989	151.40	126.60	118.30	39.80	6.40	9.10	0.00	6.10	30.70	13.00	63.40	88.50	653.30
1990	157.60	81.60	69.00	47.40	7.20	32.10	0.00	5.80	13.30	66.80	93.30	64.60	638.70
1991	92.50	171.10	105.20	45.10	11.00	5.10	1.50	0.00	21.40	35.90	84.00	86.80	659.60
1992	139.30	102.40	99.20	19.70	0.00	5.50	13.90	21.40	8.00	50.70	117.40	57.00	634.50
1993	206.00	111.20	75.80	18.80	0.90	0.00	2.70	6.90	18.00	46.20	111.90	200.90	799.30
1994	176.52	165.00	173.90	45.50	11.80	0.00	0.00	0.00	25.70	40.20	40.50	116.60	795.72
1995	125.30	94.50	95.10	18.30	0.00	0.00	0.60	1.20	28.80	26.70	70.20	102.60	563.30
1996	127.40	97.20	75.80	24.90	18.40	0.00	0.00	6.30	19.60	49.57	48.87	100.00	568.03
1997	122.80	110.83	122.20	31.00	4.80	0.00	0.00	7.10	12.30	44.40	201.50	148.40	805.33
1998	116.30	155.70	22.90	31.20	1.60	1.90	0.03	1.60	4.30	46.40	38.00	58.90	478.83
1999	89.30	86.80	97.40	42.80	1.30	3.40	1.00	0.00	43.10	18.40	39.90	119.70	543.10
2000	193.20	141.50	119.50	10.90	2.60	5.80	2.70	4.50	10.70	49.30	27.00	82.70	650.40
2001	221.40	183.90	139.80	36.40	11.50	0.00	17.40	10.20	20.10	38.20	93.20	85.10	857.20
2002	142.40	185.20	112.70	21.60	16.20	2.50	27.10	3.50	10.50	78.50	98.00	132.40	830.60
2003	162.70	134.30	127.30	74.50	2.00	6.40	0.00	21.30	3.70	27.90	29.80	123.80	713.70
2004	173.70	125.80	66.50	21.00	2.40	20.50	17.00	9.00	20.70	26.60	60.40	85.30	628.90
2005	143.90	126.93	120.20	33.10	3.20	0.40	1.20	4.00	4.50	39.10	59.30	101.20	637.03
2006	204.70	150.60	150.80	40.90	0.20	4.90	0.00	10.50	7.50	72.50	63.40	151.60	857.60
2007	114.10	85.40	107.30	93.60	5.80	0.00	4.00	0.00	1.00	48.70	73.10	90.00	623.00
2008	100.10	114.10	65.30	10.50	8.70	2.10	0.00	3.90	13.90	51.70	76.40	144.40	591.10
2009	113.80	108.30	79.10	21.30	5.30	0.00	3.30	0.70	15.10	8.30	88.70	80.30	524.20
2010	271.10	148.70	147.40	18.20	1.30	0.00	1.40	4.70	8.20	63.50	46.50	172.70	883.70
2011	104.80	179.30	139.60	67.60	3.90	0.00	6.90	0.00	38.90	38.20	60.20	102.20	741.60
2012	78.50	157.90	41.70	48.10	4.50	1.20	0.00	0.00	18.50	19.50	128.10	189.60	687.60
2013	180.50	143.20	76.30	15.10	25.60	6.10	2.00	12.40	6.30	89.50	101.50	159.40	817.90
2014	143.40	135.00	36.50	38.50	10.10	0.00	3.20	5.80	12.60	37.17	29.60	152.10	603.97
2015	173.20	137.90	75.80	69.80	18.60	3.90	10.30	4.60	16.10	19.50	48.60	113.00	691.30
2016	91.60	165.50	54.30	24.40	3.00	0.00	4.50	0.50	6.40	80.10	15.20	102.60	548.10
2017	111.20	86.90	119.70	50.60	11.20	5.70	0.20	8.40	19.00	33.70	61.40	101.70	609.70
2018	154.76	162.20	119.77	30.47	4.10	22.13	23.83	22.60	7.10	99.03	90.93	61.07	797.99
2019	102.30	131.00	97.80	15.50	0.00	0.00	5.60	1.70	92.20	73.60	92.70	612.40	
2020	133.30	145.40	83.40	85.70	17.60	3.20	0.30	0.00	44.10	24.40	38.50	127.20	703.10
2021	110.40	180.00	121.90	15.60	7.20	6.00	4.40	1.70	18.60	76.40	25.20	92.60	660.00
2022	213.00	158.10	176.90	55.30	25.90	1.20	13.90	10.50	34.70	48.30	76.20	134.40	948.40
2023	154.70	205.20	145.70	126.40	32.90	0.00	26.10	4.70	37.40	75.90	87.30	141.50	1,037.80
2024	127.10	104.80	71.20	33.80	1.50	25.20	0.00	9.00	11.20	128.80	90.50	130.30	733.40
Nº Datos	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00
Cof. Corr r	0.80	0.64	0.67	0.70	0.71	0.86	0.92	0.89	0.76	0.81	0.81	0.77	0.78
Media	141.79	122.69	99.43	41.47	6.98	3.57	4.43	6.18	17.01	47.44	70.28	107.74	669.00
Prec. Max.	271.10	185.20	173.90	116.30	25.60	32.10	30.90	34.60	43.30	114.60	201.50	200.90	923.30
Prec. Min.	13.60	66.60	22.90	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.90	0.00	54.80	342.40
tc	10.17	6.36	6.94	7.44	7.78	12.92	18.36	14.89	8.90	10.57	10.56	9.20	
tt	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	
n-2	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	
alfa/2	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	
Significancia	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	confiable	

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se presenta el histograma de las precipitaciones correspondientes al registro completo de la estación Granja Kcayra, que abarca el período de 1964 a 2024. Este histograma muestra la distribución de las precipitaciones a lo largo de los años, lo que permite analizar las variaciones en su intensidad en la zona de estudio. A partir de estos datos, es posible identificar los patrones pluviométricos y realizar una evaluación detallada del comportamiento de las precipitaciones en la región durante el período señalado.

Figura 45

Histograma de precipitación de datos completos - Estación Granja Kcayra



Nota. Elaboración propia.

5.5.2.3. Registro completo – Estación Pisac

A continuación, se presentan los registros completos de las precipitaciones correspondientes a la estación Pisac, abarcando el período de 1964 a 2024. Los datos han sido procesados y validados mediante los métodos estadísticos adecuados, con un enfoque en la confiabilidad y precisión de la información.

Tabla 42*Registro de datos completos para la estación Pisac*

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (MM) ESTACIÓN PISAC - 000844													
Estación : PISAC Región : Cusco	Altitud : 2,950 Provincia : Calca	Distrito : Pisac	msnm : 13.42	Latitud : 13° 24' 57"	Longitud : 71° 50' 58"	13° 13.42	24' 0.00	57" 0.00	Longitud : 71.85	71° 50' 58"	71.85		
REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	62.30	62.00	79.00	3.00	8.00	0.00	0.00	0.00	44.00	65.00	35.00	31.70	390.00
1965	60.50	38.60	71.00	43.00	0.00	0.00	2.50	0.00	40.10	11.00	17.00	97.50	381.20
1966	61.00	33.70	24.20	2.00	18.10	0.00	2.00	0.00	16.40	9.60	15.80	37.00	219.80
1967	50.00	79.40	95.50	0.00	13.00	2.30	17.10	9.90	9.40	37.80	59.20	65.20	438.80
1968	128.70	179.90	32.00	13.30	1.00	5.20	17.90	0.20	8.50	9.50	112.90	30.20	539.30
1969	138.30	65.90	151.60	61.10	0.00	19.50	13.00	4.10	19.90	26.60	60.50	103.70	664.20
1970	150.30	279.60	402.30	57.30	7.30	6.30	7.20	11.30	73.20	94.70	17.30	307.50	1,414.30
1971	155.30	291.20	80.70	58.30	4.10	5.90	2.10	9.10	0.00	50.30	18.60	43.60	719.20
1972	108.80	53.30	136.50	25.90	4.10	0.00	7.40	12.80	13.30	4.20	24.80	77.50	468.60
1973	267.20	205.10	141.00	60.60	9.50	9.70	12.80	13.40	7.10	32.90	56.80	152.00	968.10
1974	131.70	184.60	130.10	50.70	4.10	11.40	1.00	27.80	6.20	10.10	11.50	70.00	639.20
1975	80.60	101.30	83.80	44.10	44.60	5.10	0.00	0.00	16.80	36.27	43.77	68.60	524.93
1976	133.00	53.20	123.70	39.10	49.50	3.20	2.10	2.00	21.80	4.10	39.60	39.80	511.10
1977	86.50	112.50	69.40	34.30	0.00	0.00	4.00	4.10	12.40	19.00	128.40	14.20	484.80
1978	212.70	151.80	128.20	81.30	31.10	0.00	0.00	0.00	21.90	2.10	37.90	81.90	748.90
1979	219.60	163.40	179.40	59.30	7.10	8.00	6.00	2.00	19.90	18.40	39.20	73.20	795.50
1980	92.80	182.20	226.80	89.70	2.00	0.00	0.00	11.30	36.70	39.80	5.00	48.50	734.80
1981	97.90	178.30	89.70	31.40	9.30	4.20	15.30	3.00	15.40	59.25	118.10	117.90	739.75
1982	276.40	68.40	236.20	195.40	25.50	8.00	1.00	15.10	19.90	30.10	104.50	18.70	999.20
1983	5.10	31.10	43.05	29.80	0.00	2.00	11.10	6.10	13.30	18.50	30.50	34.00	224.55
1984	103.50	98.60	61.30	43.50	0.00	2.00	1.30	16.50	8.10	46.60	71.40	13.60	466.40
1985	140.60	205.50	194.50	64.30	8.30	0.00	0.00	5.10	27.90	108.10	131.20	25.00	910.50
1986	27.80	118.90	134.00	38.50	12.50	0.00	2.10	3.30	4.00	2.10	8.30	11.80	363.30
1987	276.30	45.90	24.60	13.30	0.00	14.60	9.10	0.00	0.00	8.20	116.95	38.80	547.75
1988	96.10	99.60	193.40	52.40	2.00	0.00	0.00	2.30	12.00	13.70	85.90	557.40	
1989	116.30	94.80	111.50	25.90	8.00	0.00	3.00	9.20	7.20	20.50	20.20	27.10	443.70
1990	76.70	45.60	20.30	82.60	6.20	38.40	0.00	3.00	8.40	44.10	99.40	115.00	539.70
1991	76.20	101.70	64.50	31.40	11.50	8.00	0.00	2.00	2.00	50.70	61.40	65.40	474.80
1992	81.00	45.40	31.70	22.60	0.00	26.00	14.50	13.30	4.00	32.00	91.80	73.00	435.30
1993	178.90	82.90	12.40	36.00	8.20	4.20	8.20	14.20	3.00	18.20	87.00	109.80	563.00
1994	167.20	118.00	151.60	59.80	5.30	0.00	0.00	0.00	12.40	52.60	13.20	158.60	738.70
1995	98.90	79.50	80.00	7.20	4.20	0.00	0.00	0.00	12.20	24.20	18.20	51.60	376.00
1996	117.60	69.30	44.40	69.30	12.10	0.00	0.00	21.60	19.83	52.50	47.50	100.00	554.13
1997	82.70	99.90	99.50	4.10	2.90	0.00	0.00	20.10	18.10	13.50	108.90	97.80	547.50
1998	129.80	98.70	38.20	21.60	4.20	3.00	0.00	0.80	13.50	64.00	50.90	51.30	476.00
1999	93.20	122.30	51.50	28.30	4.90	3.70	2.60	0.00	30.00	17.70	40.20	105.90	500.30
2000	159.80	105.40	58.70	2.20	9.10	3.70	0.00	2.00	4.40	41.60	11.00	70.60	468.50
2001	211.20	136.40	152.20	19.90	12.10	0.00	19.40	5.60	8.00	50.00	77.40	102.00	794.20
2002	90.60	161.40	106.10	35.80	6.60	4.30	46.60	3.30	10.90	39.40	91.60	127.90	724.50
2003	114.40	108.70	110.70	15.80	4.40	6.80	0.00	23.60	4.00	31.70	18.30	120.90	559.30
2004	149.90	109.20	95.60	15.80	2.00	16.40	10.30	6.90	32.50	25.90	43.00	94.30	601.80
2005	127.00	76.90	69.10	29.60	0.00	0.00	1.50	3.70	4.10	18.00	50.50	58.60	439.00
2006	170.70	82.20	125.00	34.50	0.00	30.00	0.00	14.30	5.20	42.70	69.70	117.10	691.40
2007	102.70	55.80	135.80	42.10	7.60	0.00	1.70	0.00	4.90	32.70	66.90	83.30	533.50
2008	154.30	151.50	61.50	8.50	5.90	3.60	0.70	3.20	9.80	46.80	64.10	133.90	643.80
2009	89.90	89.40	66.20	14.10	0.20	0.00	3.10	0.80	20.40	8.20	118.10	115.30	525.70
2010	270.10	145.10	155.80	6.00	6.50	1.10	1.40	11.40	1.80	72.70	26.30	204.20	902.40
2011	100.70	170.60	109.20	32.90	6.80	7.00	8.60	0.60	27.90	26.20	48.00	134.50	673.00
2012	67.00	157.00	54.20	30.10	1.20	0.50	0.80	0.50	24.10	8.60	127.00	146.80	617.80
2013	104.80	152.20	68.10	23.30	10.70	5.40	4.10	15.80	5.60	132.00	52.90	170.10	745.00
2014	143.80	82.60	68.70	50.00	12.80	0.00	1.30	1.50	22.90	28.20	12.50	105.80	530.10
2015	78.00	49.80	28.30	83.13	12.50	0.00	26.80	3.60	13.10	7.40	20.60	51.80	375.03
2016	109.43	84.50	19.70	51.20	22.50	2.07	7.30	0.00	14.10	72.90	27.10	98.20	509.00
2017	66.40	52.50	116.20	54.80	12.90	3.20	0.80	5.50	9.00	24.60	40.80	61.90	448.60
2018	124.30	121.10	107.00	32.60	3.90	14.20	13.60	15.00	11.80	85.70	92.60	69.40	691.20
2019	115.30	77.70	126.00	19.30	17.60	0.50	9.10	0.00	4.80	53.10	97.20	106.90	627.50
2020	181.10	97.30	69.30	48.80	12.10	0.50	1.70	23.30	15.40	42.00	37.50	84.30	613.30
2021	79.70	157.20	69.00	9.60	6.00	0.00	0.50	29.50	28.60	15.00	84.60	88.70	568.40
2022	111.00	91.80	72.60	11.40	0.00	26.80	0.10	0.30	2.90	30.20	51.70	63.70	462.50
2023	96.90	165.20	82.40	75.00	2.80	1.00	2.00	0.70	41.50	40.50	6.10	74.30	588.40
2024	205.40	166.00	119.00	36.00	20.10	13.40	0.00	9.20	7.10	54.90	3.60	49.20	683.90
Nº Datos	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00	61.00
Coef. Corr	0.80	0.72	0.82	0.67	0.73	0.81	0.88	0.76	0.75	0.76	0.87	0.84	0.78
Media	123.78	110.93	101.28	38.96	8.64	5.17	5.72	6.40	14.79	35.62	55.58	86.01	592.89
Prec. Max.	276.40	291.20	402.30	195.40	49.50	38.40	46.60	27.80	73.20	132.00	131.20	307.50	1,414.30
Prec. Min.	5.10	31.10	12.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	5.00	11.80	219.80
tc	10.35	7.93	11.01	6.85	8.19	10.52	14.36	8.89	8.70	8.90	13.76	11.68	
tt	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	2.0010	
n-2	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	
alfa/2	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	

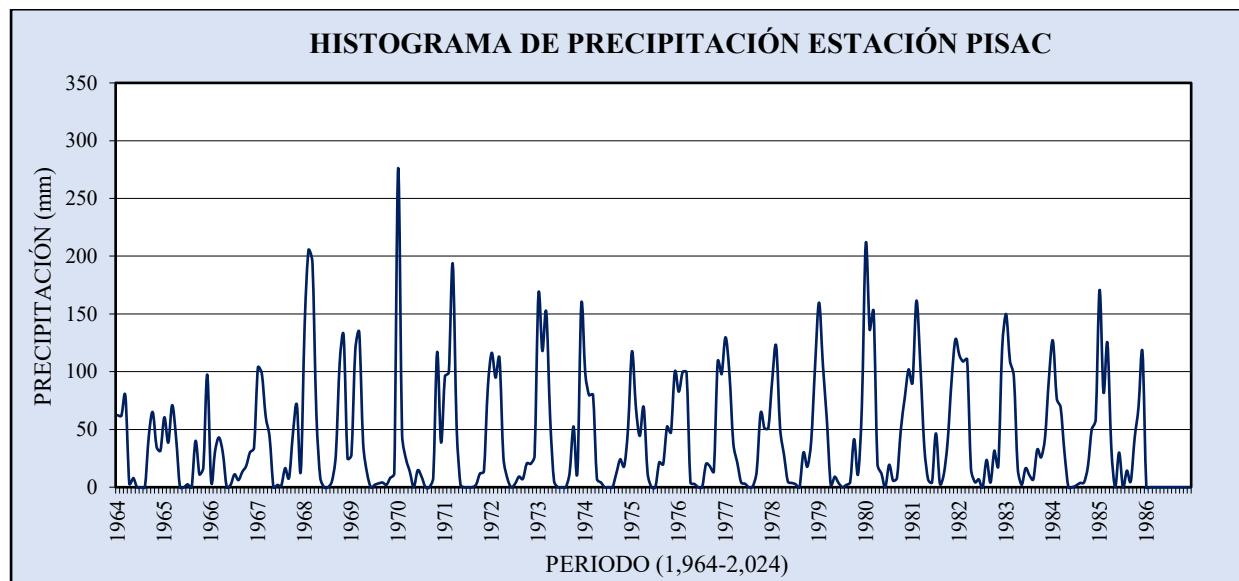
Significancia confiable confiable

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se presenta el histograma de las precipitaciones correspondientes al registro completo de la estación Pisac, que abarca el período de 1964 a 2024. Este histograma refleja la distribución de las precipitaciones a lo largo de los años, lo que facilita el análisis de las variaciones en su intensidad en la zona de estudio. A partir de estos datos, se pueden identificar los patrones pluviométricos y realizar una evaluación detallada del comportamiento de las precipitaciones en la región durante el período mencionado.

Figura 46

Histograma de precipitación de datos completos - Estación Pisac



Nota. Elaboración propia.

5.5.2.4. Registro completo – Estación Paucartambo

A continuación, se presentan los registros completos de las precipitaciones de la estación Paucartambo, correspondientes al período de 1964 a 2024. Los datos han sido procesados y validados utilizando los métodos estadísticos pertinentes, garantizando su confiabilidad y precisión.

Tabla 43

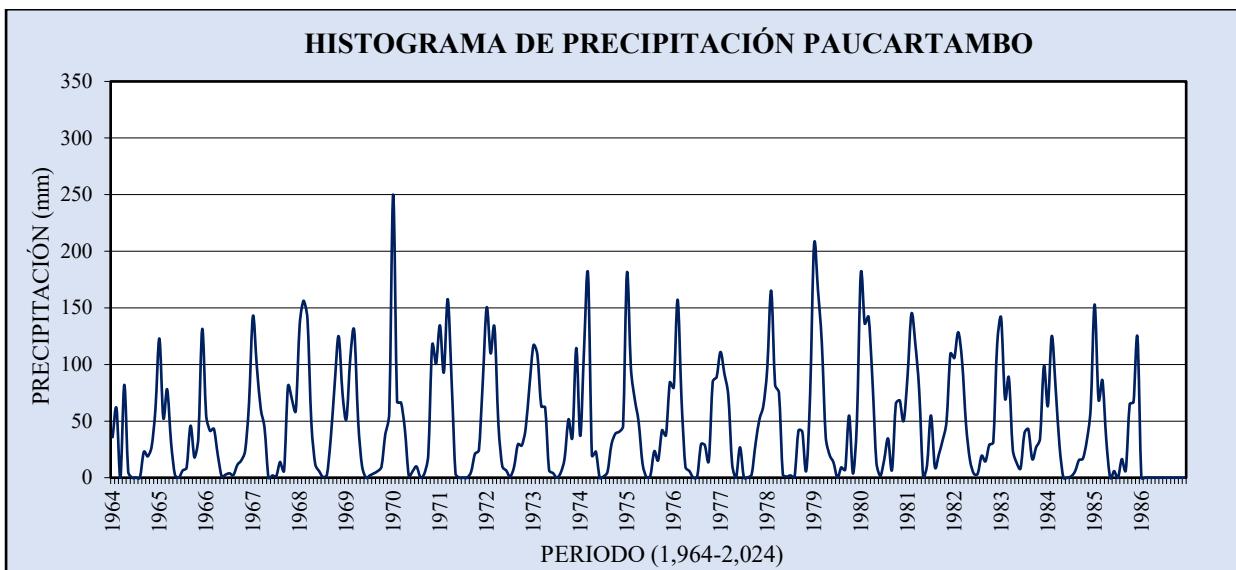
Registro de datos completos para la estación Paucartambo

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se presenta el histograma de las precipitaciones correspondientes al registro completo de la estación Paucartambo, que abarca el período de 1964 a 2024. Este histograma muestra la distribución de las precipitaciones a lo largo de los años, lo que permite analizar las variaciones en su intensidad en la zona de estudio. A partir de estos datos, se pueden identificar los patrones pluviométricos y realizar una evaluación detallada del comportamiento de las precipitaciones en la región durante el período señalado.

Figura 47

Histograma de precipitación de datos completos - Estación Paucartambo



Nota. Elaboración propia.

5.5.3. Análisis de consistencia de datos – Método de doble masa

El análisis de consistencia mediante el método de doble masa es una herramienta utilizada para verificar la coherencia de los datos de precipitaciones a lo largo del tiempo. Consiste en comparar los registros acumulados de una estación de estudio con los de una estación de referencia o la media acumulada de las estaciones seleccionadas. Esto permite identificar posibles inconsistencias o errores en los registros, lo que ayuda a asegurar la fiabilidad de los datos.

Mediante este análisis, se puede garantizar que los datos sean consistentes y adecuados para realizar estimaciones y análisis más detallados en el futuro.

A continuación, se presenta los datos empleados para el análisis mediante el método de doble masa para la comprobación de la confiabilidad de registros pluviométricos.

Tabla 44

Registro de datos pluviométricos para las estaciones de referencia

Año	SICUANI	G. KCAYRA	PISAC	PAUCARTAMBO
1964	589.00	342.40	390.00	314.00
1965	671.10	673.33	381.20	533.20
1966	752.00	613.80	219.80	631.00
1967	694.90	655.90	438.80	652.10
1968	959.20	672.10	539.30	615.93
1969	736.10	518.80	664.20	643.57
1970	809.70	801.20	1,414.30	790.27
1971	565.90	659.90	719.20	740.10
1972	573.80	553.50	468.60	720.83
1973	721.00	816.80	968.10	606.60
1974	697.30	673.40	639.20	773.20
1975	737.70	717.60	524.93	524.80
1976	563.80	572.40	511.10	329.50
1977	596.40	611.10	484.80	199.40
1978	713.30	664.70	748.90	441.80
1979	313.40	598.50	795.50	424.47
1980	448.00	614.70	734.80	263.60
1981	428.60	923.30	739.75	552.95
1982	266.60	795.20	999.20	240.10
1983	151.70	478.70	224.55	284.98
1984	464.20	805.50	466.40	578.70
1985	819.40	728.30	910.50	819.40
1986	466.20	569.10	363.30	466.20
1987	744.27	630.60	547.75	684.85
1988	547.00	725.50	557.40	609.97
1989	854.60	653.30	443.70	650.53
1990	733.40	638.70	539.70	511.90
1991	520.60	659.60	474.80	320.10
1992	519.53	634.50	435.30	317.40
1993	779.90	799.30	563.00	760.00

1994	763.10	795.72	738.70	585.00
1995	677.30	563.30	376.00	535.03
1996	715.80	568.03	554.13	613.30
1997	905.70	805.33	547.50	568.40
1998	612.40	478.83	476.00	462.50
1999	703.10	543.10	500.30	588.40
2000	660.00	650.40	468.50	683.90
2001	948.40	857.20	794.20	799.60
2002	1037.80	830.60	724.50	718.30
2003	705.70	713.70	559.30	619.50
2004	784.30	628.90	601.80	605.20
2005	641.80	637.03	439.00	429.20
2006	765.10	857.60	691.40	626.10
2007	663.10	623.00	533.50	585.10
2008	716.50	591.10	643.80	587.00
2009	659.10	524.20	525.70	581.40
2010	668.40	883.70	902.40	750.50
2011	776.90	741.60	673.00	951.30
2012	735.60	687.60	617.80	940.50
2013	721.40	817.90	745.00	822.70
2014	650.60	603.97	530.10	711.70
2015	704.40	691.30	375.03	809.97
2016	735.45	548.10	509.00	569.38
2017	816.80	609.70	448.60	643.30
2018	734.00	797.99	691.20	809.50
2019	838.20	612.40	627.50	939.70
2020	859.60	703.10	613.30	677.30
2021	623.00	660.00	568.40	715.80
2022	591.10	948.40	462.50	905.70
2023	524.20	1037.80	588.40	612.40
2024	628.90	733.40	683.90	703.10

Nota. Se muestra el registro completo de datos pluviométricos para las estaciones de referencia, estos datos representan el registro de precipitaciones acumuladas mensuales durante los años 1964 al 2019.

El procedimiento empleado para el análisis de consistencia mediante el método de doble masa se desarrolló de la siguiente manera:

- **Selección de estaciones:** Se utilizaron los datos de precipitaciones acumuladas anuales de cuatro estaciones (Sicuani, Granja Kcayra, Pisac y Paucartambo), las cuales sirvieron como base para el análisis de consistencia.
- **Cálculo de la media anual acumulada:** Se determinó la media de las precipitaciones acumuladas anuales considerando los datos de las cuatro estaciones en conjunto, obteniendo así un valor promedio representativo del comportamiento pluviométrico en la zona de estudio.
- **Acumulación de datos:** Se calcularon los valores acumulados de precipitaciones anuales para cada estación, permitiendo establecer una serie temporal continua de los registros a lo largo del período de estudio.
- **Construcción del gráfico de doble masa:** Se generó la gráfica de doble masa comparando los valores de precipitaciones acumuladas de cada estación con la media acumulada calculada para las cuatro estaciones. Este análisis permitió visualizar la tendencia de los registros y detectar posibles inconsistencias en los datos.
- **Análisis de la consistencia:** Finalmente, a partir del gráfico de doble masa, se evaluó la coherencia de los registros de cada estación en relación con la media regional. La presencia de desviaciones significativas en la tendencia indicaría posibles errores en los registros, mientras que una relación lineal confirmaría la consistencia de los datos pluviométricos. Este procedimiento permitió verificar la fiabilidad de los datos de precipitación, asegurando su consistencia para futuras estimaciones y análisis hidrometeorológicos. Cabe mencionar que el resultado del procedimiento realizado para el análisis de consistencia mediante el empleo del método de doble masa se realizó en el programa de cálculo estadístico Excel el cual se presenta a continuación:

Tabla 45*Datos acumulados y promedio de estaciones para Doble masa*

Año	ORDEN INVERSO				Año	ACUMULADOS				
	SICUANI	G. KCAYRA	PISAC	PAUCARTAMBO		SICUANI	G. KCAYRA	PISAC	PAUCARTAMBO	Media
2024	628.90	733.40	683.90	703.10	2024	628.90	733.40	683.90	703.10	687.33
2023	524.20	1037.80	588.40	612.40	2023	524.20	1037.80	588.40	612.40	690.70
2022	591.10	948.40	462.50	905.70	2022	591.10	948.40	462.50	905.70	726.93
2021	623.00	660.00	568.40	715.80	2021	623.00	660.00	568.40	715.80	641.80
2020	859.60	703.10	613.30	677.30	2020	859.60	703.10	613.30	677.30	713.33
2019	628.90	612.40	627.50	939.70	2019	628.90	612.40	627.50	939.70	702.13
2018	734.00	797.99	691.20	809.50	2018	1362.90	1410.39	1318.70	1749.20	1460.30
2017	816.80	609.70	448.60	643.30	2017	2179.70	2020.09	1767.30	2392.50	2089.90
2016	735.45	548.10	509.00	569.38	2016	2915.15	2568.19	2276.30	2961.88	2680.38
2015	704.40	691.30	375.03	809.97	2015	3619.55	3259.49	2651.33	3771.85	3325.56
2014	650.60	603.97	530.10	711.70	2014	4270.15	3863.46	3181.43	4483.55	3949.65
2013	721.40	817.90	745.00	822.70	2013	4991.55	4681.36	3926.43	5306.25	4726.40
2012	735.60	687.60	617.80	940.50	2012	5727.15	5368.96	4544.23	6246.75	5471.77
2011	776.90	741.60	673.00	951.30	2011	6504.05	6110.56	5217.23	7198.05	6257.47
2010	668.40	883.70	902.40	750.50	2010	7172.45	6994.26	6119.63	7948.55	7058.72
2009	659.10	524.20	525.70	581.40	2009	7831.55	7518.46	6645.33	8529.95	7631.32
2008	716.50	591.10	643.80	587.00	2008	8548.05	8109.56	7289.13	9116.95	8265.92
2007	663.10	623.00	533.50	585.10	2007	9211.15	8732.56	7822.63	9702.05	8867.10
2006	765.10	857.60	691.40	626.10	2006	9976.25	9590.16	8514.03	10328.15	9602.15
2005	641.80	637.03	439.00	429.20	2005	10618.05	10227.19	8953.03	10757.35	10138.91
2004	784.30	628.90	601.80	605.20	2004	11402.35	10856.09	9554.83	11362.55	10793.96
2003	705.70	713.70	559.30	619.50	2003	12108.05	11569.79	10114.13	11982.05	11443.51
2002	1037.80	830.60	724.50	718.30	2002	13145.85	12400.39	10838.63	12700.35	12271.31
2001	948.40	857.20	794.20	799.60	2001	14094.25	13257.59	11632.83	13499.95	13121.16
2000	660.00	650.40	468.50	683.90	2000	14754.25	13907.99	12101.33	14183.85	13736.86
1999	703.10	543.10	500.30	588.40	1999	15457.35	14451.09	12601.63	14772.25	14320.58
1998	612.40	478.83	476.00	462.50	1998	16069.75	14929.93	13077.63	15234.75	14828.02
1997	905.70	805.33	547.50	568.40	1997	16975.45	15735.26	13625.13	15803.15	15534.75
1996	715.80	568.03	554.13	613.30	1996	17691.25	16303.29	14179.27	16416.45	16147.56
1995	677.30	563.30	376.00	535.03	1995	18368.55	16866.59	14555.27	16951.48	16685.47
1994	763.10	795.72	738.70	585.00	1994	19131.65	17662.31	15293.97	17536.48	17406.10
1993	779.90	799.30	563.00	760.00	1993	19911.55	18461.61	15856.97	18296.48	18131.65
1992	519.53	634.50	435.30	317.40	1992	20431.08	19096.11	16292.27	18613.88	18608.34
1991	520.60	659.60	474.80	320.10	1991	20951.68	19755.71	16767.07	18933.98	19102.11
1990	733.40	638.70	539.70	511.90	1990	21685.08	20394.41	17306.77	19445.88	19708.04
1989	854.60	653.30	443.70	650.53	1989	22539.68	21047.71	17750.47	20096.42	20358.57
1988	547.00	725.50	557.40	609.97	1988	23086.68	21773.21	18307.87	20706.38	20968.54
1987	744.27	630.60	547.75	684.85	1987	23830.95	22403.81	18855.62	21391.23	21620.40

1986	466.20	569.10	363.30	466.20	1986	24297.15	22972.91	19218.92	21857.43	22086.60
1985	819.40	728.30	910.50	819.40	1985	25116.55	23701.21	20129.42	22676.83	22906.00
1984	464.20	805.50	466.40	578.70	1984	25580.75	24506.71	20595.82	23255.53	23484.70
1983	151.70	478.70	224.55	284.98	1983	25732.45	24985.41	20820.37	23540.52	23769.69
1982	266.60	795.20	999.20	240.10	1982	25999.05	25780.61	21819.57	23780.62	24344.96
1981	428.60	923.30	739.75	552.95	1981	26427.65	26703.91	22559.32	24333.57	25006.11
1980	448.00	614.70	734.80	263.60	1980	26875.65	27318.61	23294.12	24597.17	25521.39
1979	313.40	598.50	795.50	424.47	1979	27189.05	27917.11	24089.62	25021.63	26054.35
1978	713.30	664.70	748.90	441.80	1978	27902.35	28581.81	24838.52	25463.43	26696.53
1977	596.40	611.10	484.80	199.40	1977	28498.75	29192.91	25323.32	25662.83	27169.45
1976	563.80	572.40	511.10	329.50	1976	29062.55	29765.31	25834.42	25992.33	27663.65
1975	737.70	717.60	524.93	524.80	1975	29800.25	30482.91	26359.35	26517.13	28289.91
1974	697.30	673.40	639.20	773.20	1974	30497.55	31156.31	26998.55	27290.33	28985.69
1973	721.00	816.80	968.10	606.60	1973	31218.55	31973.11	27966.65	27896.93	29763.81
1972	573.80	553.50	468.60	720.83	1972	31792.35	32526.61	28435.25	28617.77	30342.99
1971	565.90	659.90	719.20	740.10	1971	32358.25	33186.51	29154.45	29357.87	31014.27
1970	809.70	801.20	0	790.27	1970	33167.95	33987.71	30568.75	30148.13	31968.14
1969	736.10	518.80	664.20	643.57	1969	33904.05	34506.51	31232.95	30791.70	32608.80
1968	959.20	672.10	539.30	615.93	1968	34863.25	35178.61	31772.25	31407.63	33305.44
1967	694.90	655.90	438.80	652.10	1967	35558.15	35834.51	32211.05	32059.73	33915.86
1966	752.00	613.80	219.80	631.00	1966	36310.15	36448.31	32430.85	32690.73	34470.01
1965	671.10	673.33	381.20	533.20	1965	36981.25	37121.64	32812.05	33223.93	35034.72
1964	589.00	342.40	390.00	314.00	1964	37570.25	37464.04	33202.05	33537.93	35443.57
CORRELACION										
						0.9993	0.9995	0.9986	0.9989	

Nota. elaboración propia. Se muestra el cálculo realizado para el análisis de doble masa para cada estación. El cálculo corresponde a la precipitación acumulada anual de cada estación durante los años 1964-2024. Además, se muestra la media acumulada con respecto a cada una de las estaciones con la finalidad de obtener las gráficas de doble masa para cada estación. El coeficiente de correlación R representa un 99% de confiabilidad lo que demuestra de los datos son confiables en un 99%.

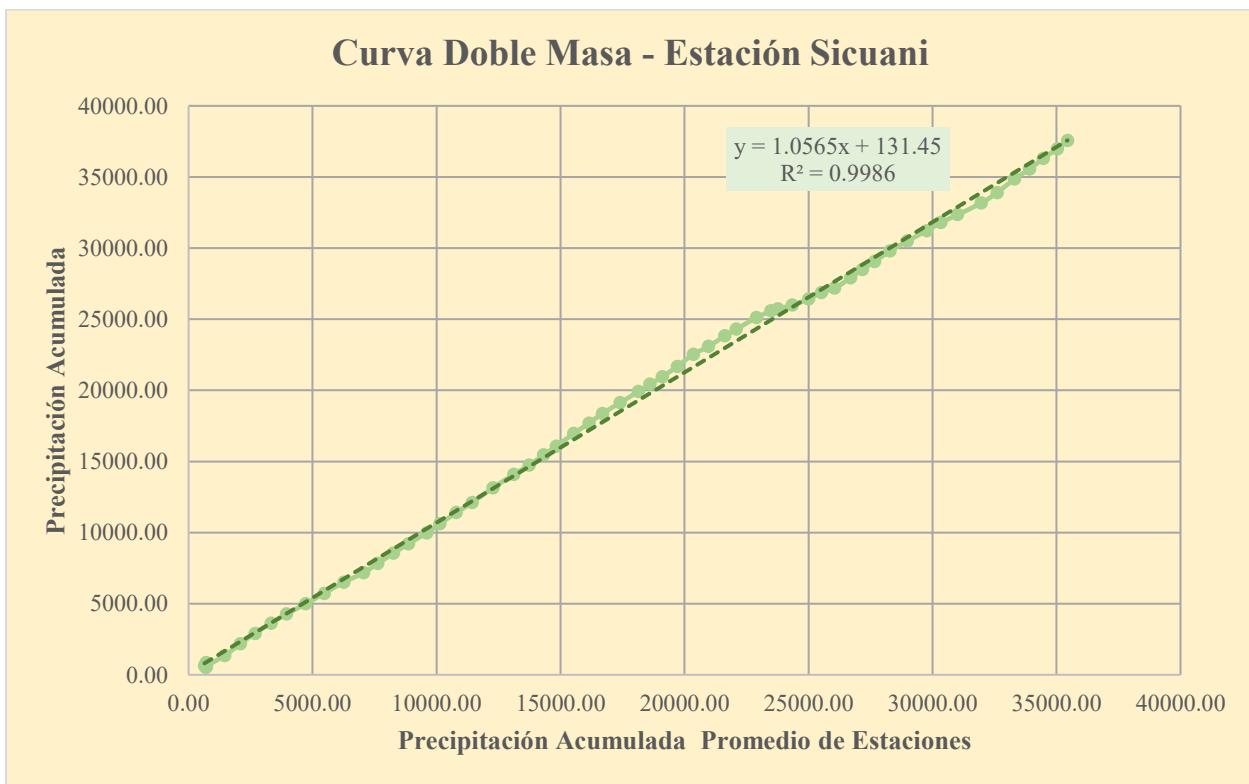
A continuación, se presentan las curvas de masa obtenidas para cada una de las estaciones analizadas. Estas gráficas permiten evaluar la consistencia de los registros pluviométricos a lo largo del tiempo, comparando la precipitación acumulada de cada estación con la media acumulada de las cuatro estaciones de referencia.

5.5.3.1. Estación Sicuani

La curva de masa para la estación Sicuani refleja la relación entre su precipitación acumulada anual y la media acumulada de las estaciones seleccionadas. A partir de la gráfica, es posible identificar la estabilidad de los registros y evaluar la coherencia de los datos en función de la tendencia general.

Figura 48

Curva de doble masa - Sicuani



Nota. Elaboración propia. La figura muestra una curva de doble masa de la precipitación acumulada en la estación Sicuani. La ecuación de tendencia ($y = 1.0565x + 131.45$, $R^2 = 0.9986$) indica una alta consistencia en los datos, sugiriendo que no hay cambios significativos en el régimen de precipitación ni en los métodos de medición.

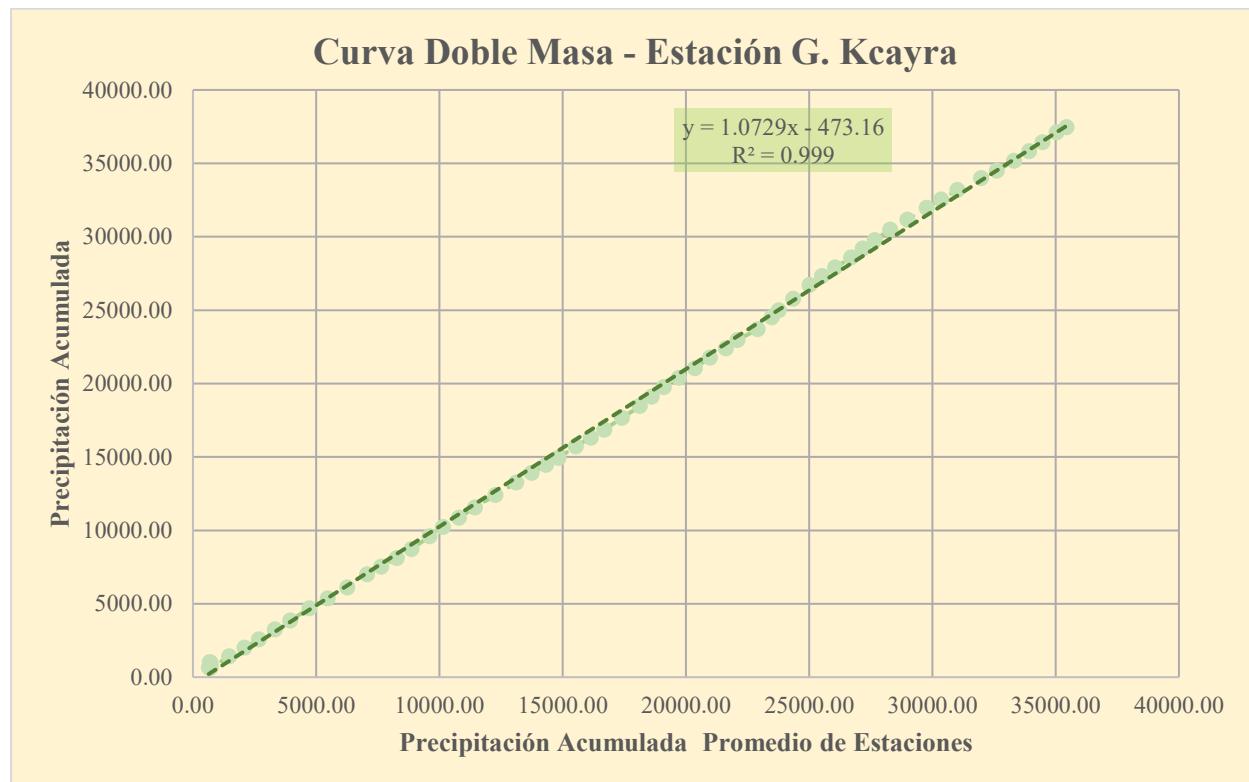
5.5.3.2. Estación Granja Kcayra

En el caso de la estación Granja Kcayra, la curva de masa permite analizar la evolución de las precipitaciones en comparación con la media regional. A través de esta representación, se puede

detectar cualquier posible desviación en los datos registrados, lo que facilita su evaluación y validación.

Figura 49

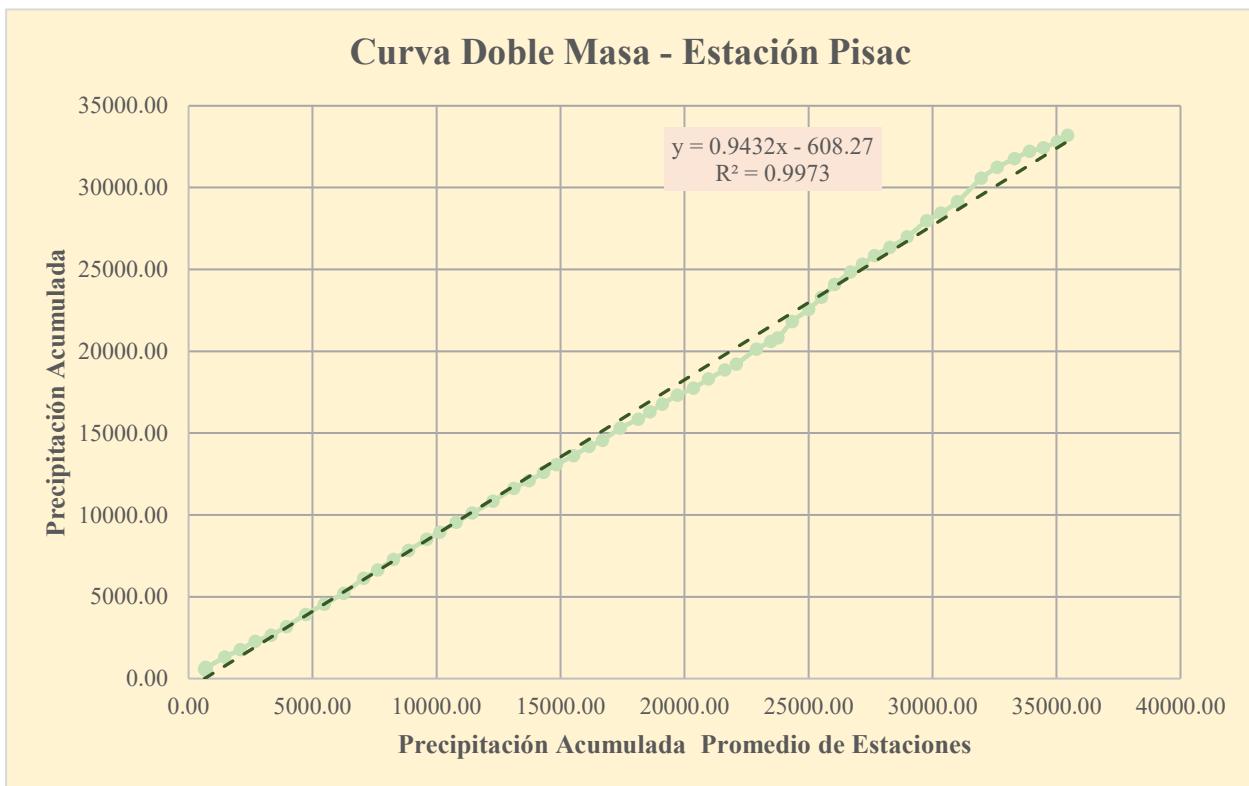
Curva de doble masa - Granja Kcayra



Nota. Elaboración propia. La figura muestra una curva de doble masa de la precipitación acumulada en la estación G. Kcayra. La ecuación de tendencia ($y = 1.0729x - 473.16$, $R^2 = 0.999$) indica una alta consistencia en los datos, sugiriendo estabilidad en el régimen de precipitación y en los métodos de medición.

5.5.3.3. Estación Pisac

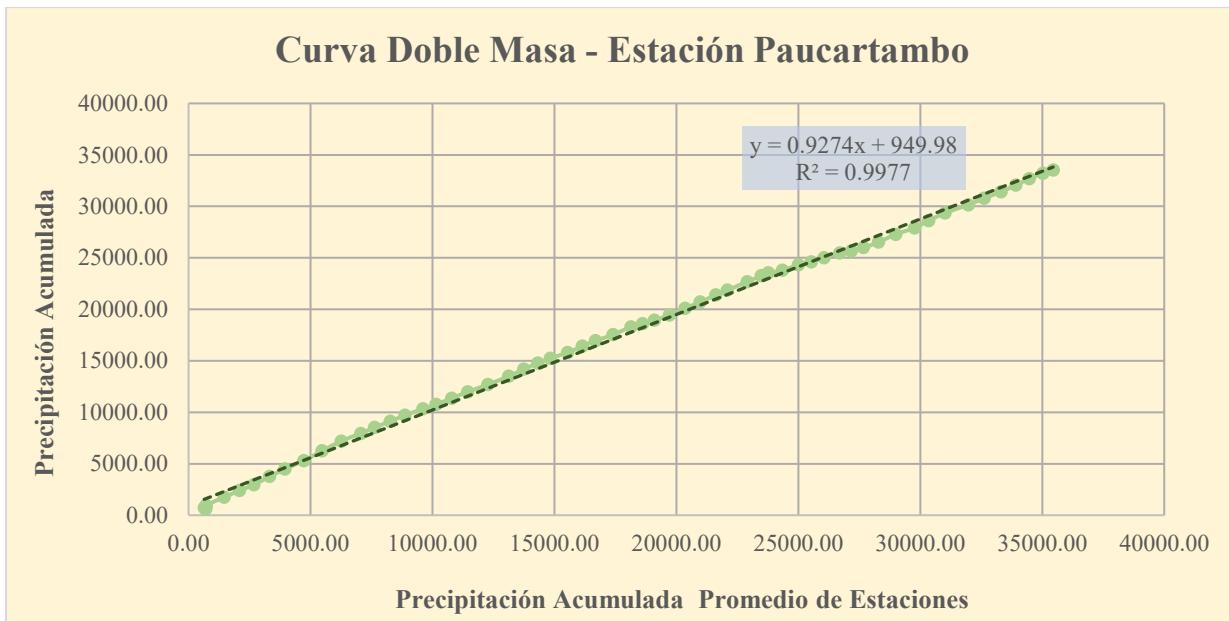
Para la estación Pisac, la gráfica obtenida muestra la distribución de la precipitación acumulada en el tiempo y su correspondencia con la media de las cuatro estaciones analizadas. La observación de la curva permite identificar patrones en la variabilidad de los datos y verificar su consistencia.

Figura 50*Curva de doble masa - Pisac*

Nota. Elaboración propia. La figura muestra una curva de doble masa de la precipitación acumulada en la estación G. Kcayra. La ecuación de tendencia ($y = 0.9432x - 608.27$, $R^2 = 0.9973$) indica una alta consistencia en los datos, sugiriendo estabilidad en el régimen de precipitación y en los métodos de medición.

5.5.3.4. Estación Paucartambo

Finalmente, la curva de masa de la estación Paucartambo permite visualizar el comportamiento de los registros pluviométricos en relación con la media acumulada. Esta representación gráfica facilita el análisis de la calidad de los datos y su coherencia dentro del conjunto de estaciones consideradas.

Figura 51*Curva de doble masa - Paucartambo*

Nota. Elaboración propia. La figura muestra una curva de doble masa de la precipitación acumulada en la estación Paucartambo. La ecuación de tendencia ($y = 0.9274x + 949.98$, $R^2 = 0.9977$) indica una alta consistencia en los datos, sugiriendo estabilidad en el régimen de precipitación y en los métodos de medición.

Las curvas de masa presentadas proporcionan una herramienta clave para evaluar la fiabilidad de los registros de precipitación, asegurando su utilidad en estudios hidrometeorológicos y modelaciones futuras.

Dado que las curvas de masa obtenidas para cada estación muestran una tendencia recta, **se concluye que los registros de precipitación acumulada son CONSISTENTES** a lo largo del tiempo. La ausencia de cambios abruptos en la pendiente de las gráficas indica que no se han identificado inconsistencias significativas en los datos, lo que valida la fiabilidad de los registros históricos de las estaciones analizadas. Esto confirma que las precipitaciones registradas mantienen una relación estable con la media acumulada de las cuatro estaciones, permitiendo su

uso en estudios hidrometeorológicos y análisis de tendencias climáticas con un alto grado de confianza.

5.5.4. *Regionalización de las precipitaciones*

La regionalización de precipitaciones es un método empleado en la hidrología para analizar la distribución espacial de la lluvia en una determinada región. Este método se basa en la identificación de patrones de precipitación a partir de estaciones meteorológicas.

Este proceso permite estimar la precipitación en áreas con pocos datos, lo que significa que, a través de la regionalización de precipitaciones, es posible determinar la cantidad de lluvia en lugares donde no existen estaciones meteorológicas o donde los datos son limitados, esto se logra extrapolando información de datos de zonas cercanas con características similares o dentro de la región. Los métodos más comunes para aplicar este enfoque incluyen el análisis de correlación, la interpolación espacial y la relación inversa de la distancia.

Para el presente estudio, se utilizará el método de la relación inversa de la distancia, ya que se cuenta con datos de cuatro estaciones de monitoreo. Estos datos permitirán realizar la regionalización de precipitaciones en la cuenca de la quebrada Llulluchayoc, ayudando a estimar las precipitaciones en áreas donde no se tiene información directa.

5.5.4.1. *Método de la relación inversa.*

Es una técnica de interpolación espacial que se emplea para estimar valores en lugares en donde no se cuenta con datos. El presente estudio empleará el método de la relación inversa para estimar las precipitaciones en la cuenca de la quebrada Llulluchayoc, basándose en los registros de datos de las estaciones, Sicuani, Kcayra, Pisac y Paucartambo.

La fórmula general para el cálculo de la estimación de la precipitación o dato faltante en el punto de interés es:

$$\text{Dato faltante} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{precipitación } i * (\text{ID est } i)^2)}{\sum_{i=1}^n (\text{ID})^2}$$

✓ n = número de estaciones auxiliares con datos

✓ ID = Inverso de la Distancia

$$\text{Distancia} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2}$$

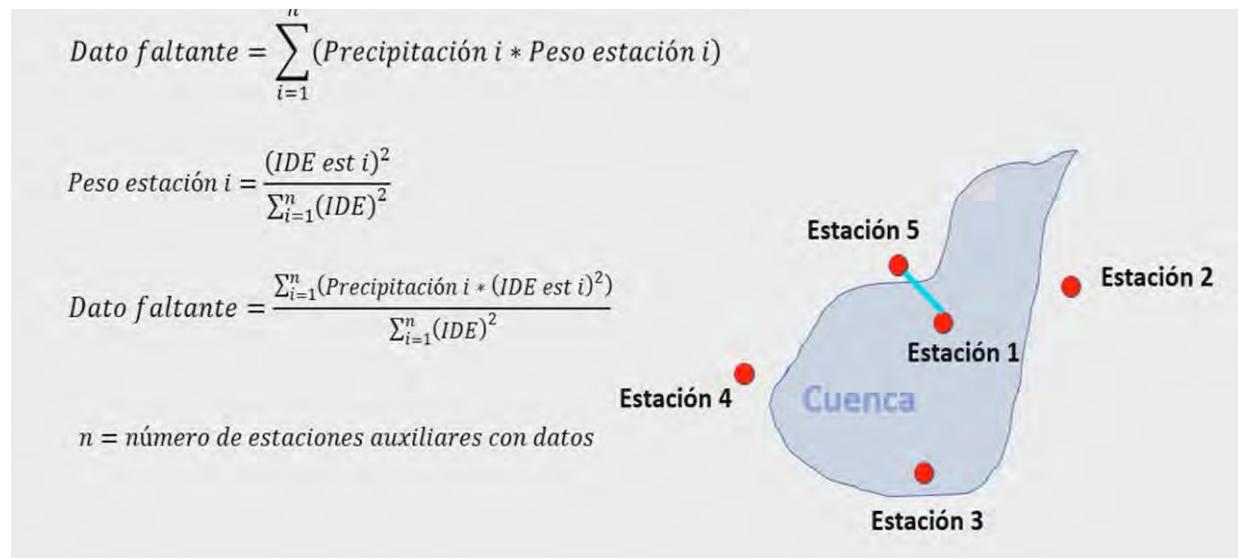
✓ D : Distancia entre el punto de interés y la estación con datos

✓ x_i, y_i, z_i : Representan la longitud, latitud y elevación de las estaciones de referencia

✓ x_j, y_j, z_j : Representan la longitud, latitud y elevación de la estación o punto de interés

Figura 52

Proceso para la Regionalización de datos en la microcuenca de Llulluchayoc.



5.5.4.2. Regionalización de la precipitación de la microcuenca Llulluchayoc

Para la regionalización y obtención de datos pluviométricos en la zona de interés se procedió de la siguiente manera:

Obtención de datos de coordenadas UTM de las estaciones de referencia, como se presenta

a continuación:

Tabla 46

Coordenadas UTM de las estaciones de referencia y punto de interés

Coordenadas UTM	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5
Longitud (x)	221193	258299.32	188286.31	191355.73	219415.07
Latitud (y)	8531105	8424567.99	8499096.66	8514634.66	8526014.43
Elevación (z)	3350	3,574.00	3,219.00	2,950.00	3,042.00

Nota. Elaboración propia. Se muestra las coordenadas UTM del punto de interés (quebrada Llulluchayoc, estación 1) y de cada una de las estaciones de referencia, Sicuani (Estación 2), Kcayra (Estación 3), Pisac (Estación 4) y Paucartambo (Estación 5) respectivamente.

A continuación, se procede con la obtención de las distancias entre estaciones de referencia al punto de interés, descrito en la siguiente tabla:

Tabla 47

Distancias y factores de ponderación para la estimación de precipitaciones en la quebrada Llulluchayoc

ESTACIÓN	DISTANCIA	INVERSO D.	I.D. AL CUADRADO
LLULLUCHAYOC			
SICUANI	112814.29	0.000008864	0.000000000785727
G. KCAYRA	45906.44	0.000021783	0.000000004745181
PISAC	34083.64	0.000029340	0.000000008608113
PAUCARTAMBO	5400.91	0.000185154	0.0000000342820291
Total		0.000000035695931	

Nota. Elaboración propia. Se muestra la distancia de las estaciones de monitoreo de referencia con respecto al punto de interés que es la estación Llulluchayoc.

La aplicación de la fórmula general, de acuerdo al método empleado, para la regionalización de precipitaciones en la cuenca de la quebrada Llulluchayoc permite estimar las precipitaciones en el punto de interés, como se muestra a continuación con los registros correspondientes.

Tabla 48*Registro de precipitaciones obtenidas a partir de la regionalización*

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (MM)													
Estación :	Llulluchayoc	Altitud	3,350.00	m.snm	Latitud	13°	16°	53°	Longitud	71°	34'	21"	
Región :	Cusco	Provincia	: Paucartambo	Distrito	: Paucartambo	13.28							
REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	36.28	61.82	3.50	79.28	5.34	0.01	0.01	0.01	22.93	20.16	27.15	60.32	316.82
1965	121.02	53.38	78.38	32.28	2.48	0.00	6.31	8.71	45.57	18.28	34.70	130.57	531.70
1966	60.44	145.06	76.91	9.81	27.28	0.00	1.01	7.90	17.23	114.77	87.99	72.70	621.12
1967	95.02	109.00	147.42	26.64	6.69	4.87	15.30	11.42	6.51	86.09	65.68	72.46	647.10
1968	147.63	137.05	40.53	19.15	2.44	3.56	21.62	12.03	15.23	48.96	118.03	49.36	615.59
1969	138.50	89.70	126.32	47.73	2.23	8.02	9.92	3.23	20.25	43.37	63.66	89.70	642.61
1970	103.16	103.17	222.75	65.25	6.33	1.80	10.31	2.43	34.64	39.21	36.57	179.90	805.50
1971	122.34	156.33	197.87	93.03	6.09	12.72	2.45	5.03	1.17	35.89	24.63	80.60	738.15
1972	151.17	65.21	221.60	31.28	2.97	0.77	32.86	42.61	47.93	19.05	36.88	59.88	712.20
1973	168.45	115.44	81.67	54.93	33.13	4.08	9.08	10.97	3.83	28.61	20.88	87.30	618.36
1974	215.11	161.79	96.88	95.16	0.15	0.40	5.80	114.49	31.01	0.85	1.20	45.63	768.47
1975	131.48	108.35	58.38	27.10	31.58	6.76	5.96	23.56	27.55	22.22	19.06	65.84	527.83
1976	82.03	83.81	84.43	20.30	7.73	3.76	0.07	0.10	11.87	0.46	12.12	30.94	337.62
1977	34.21	30.78	31.90	14.79	3.00	0.00	11.11	7.49	2.83	26.54	17.51	32.47	212.63
1978	54.35	43.80	44.44	48.62	13.58	0.00	0.53	20.36	18.34	48.77	62.09	97.88	452.77
1979	66.16	42.68	118.92	46.27	5.93	2.75	2.66	9.77	19.58	12.73	46.64	61.39	435.48
1980	42.69	40.66	67.34	20.92	6.66	2.15	13.85	5.04	7.49	36.88	9.91	26.44	280.04
1981	37.93	124.07	105.49	30.04	3.80	4.97	5.27	6.20	0.93	59.84	83.70	99.86	562.10
1982	21.58	16.11	18.19	7.03	3.40	0.32	1.32	7.06	19.25	41.73	87.78	42.08	265.84
1983	54.85	41.71	43.18	20.19	1.13	2.76	3.99	2.40	11.18	15.36	23.97	65.09	285.81
1984	142.40	99.12	61.48	43.95	0.00	2.00	1.30	13.95	6.16	80.05	69.32	58.53	578.24
1985	134.62	156.54	140.73	48.81	11.88	5.72	0.44	2.57	35.44	83.29	124.84	73.70	818.58
1986	51.48	105.71	129.61	50.56	10.55	0.00	1.95	3.74	5.72	9.60	38.53	56.63	464.06
1987	249.83	66.72	65.11	41.71	1.63	5.88	9.81	0.16	3.54	19.68	116.78	99.29	680.15
1988	134.05	92.98	158.50	84.99	3.51	0.00	0.00	0.00	5.19	21.25	24.38	85.25	610.10
1989	149.63	109.72	132.14	46.84	10.08	6.32	1.03	9.07	28.93	28.06	43.21	81.00	646.03
1990	119.92	76.69	80.12	22.19	14.08	32.81	0.00	0.17	5.40	38.15	65.01	60.20	514.74
1991	36.98	123.70	45.02	4.46	0.46	25.45	0.98	0.05	6.22	18.80	42.07	24.59	328.79
1992	47.91	60.21	25.52	20.40	20.94	7.04	15.04	24.95	2.45	37.60	35.87	26.74	324.67
1993	194.78	114.21	56.40	27.85	24.70	0.10	8.79	57.69	37.63	27.13	66.79	139.74	755.82
1994	119.02	109.75	66.85	61.76	6.76	4.03	0.00	4.23	17.18	51.47	35.22	115.62	591.90
1995	39.73	114.14	176.35	19.29	22.39	0.00	1.10	4.91	28.56	38.18	40.57	46.66	531.89
1996	178.72	96.66	68.98	48.96	12.19	0.48	1.63	23.01	15.58	42.38	37.95	84.96	611.50
1997	80.67	155.24	70.68	9.84	5.90	0.00	0.49	28.94	28.09	15.42	86.85	89.66	571.79
1998	111.50	92.90	71.17	11.92	0.12	25.84	0.10	0.34	3.17	31.37	51.55	63.40	463.37
1999	96.79	163.08	81.86	73.47	2.86	1.10	2.00	0.67	41.25	39.62	7.44	75.78	585.93
2000	203.93	164.24	117.56	34.81	19.57	13.05	0.05	8.95	7.11	54.55	4.14	50.26	678.21
2001	181.57	136.89	142.29	83.10	13.47	1.44	15.81	33.52	6.97	64.53	68.87	52.10	800.56
2002	90.66	145.87	117.80	74.71	1.89	10.70	54.36	9.36	19.79	33.85	51.34	110.32	720.65
2003	106.62	128.11	103.25	47.03	15.44	3.72	3.27	19.41	14.07	29.36	30.96	118.26	619.49
2004	142.18	72.24	88.07	24.77	12.68	8.66	38.23	41.42	16.92	26.97	35.27	98.42	605.83
2005	65.91	124.08	79.59	28.14	0.05	0.01	1.21	5.62	15.16	17.19	33.67	62.03	432.67
2006	154.11	70.81	87.82	33.48	0.01	6.37	0.00	16.35	6.52	64.23	67.11	124.25	631.06
2007	130.44	66.92	133.97	50.28	14.01	1.06	2.51	6.53	3.53	43.54	33.29	98.45	584.53
2008	127.23	126.09	75.02	23.63	6.23	21.24	2.32	2.82	7.05	36.77	39.96	120.34	588.71
2009	114.04	136.82	96.19	22.60	0.09	0.00	9.83	10.02	12.43	7.29	89.79	80.37	579.47
2010	174.12	142.83	151.67	25.56	9.30	13.47	14.07	1.12	14.85	61.61	24.50	122.65	755.75
2011	143.70	140.25	146.11	76.51	5.63	1.90	21.34	5.20	24.74	44.32	29.39	302.33	941.41
2012	112.10	183.20	89.00	53.72	3.16	2.15	12.60	10.38	29.57	18.22	46.92	367.88	928.91
2013	146.38	167.27	112.79	27.99	19.53	11.46	2.24	34.18	9.15	114.23	50.60	124.71	820.54
2014	191.92	96.86	94.17	49.72	16.98	1.54	6.70	54.68	12.78	34.03	23.43	122.95	705.75
2015	130.37	157.77	108.72	122.53	12.67	7.36	7.82	23.31	0.55	33.88	86.11	106.58	797.67
2016	105.28	143.68	31.18	46.30	23.16	6.00	10.51	2.33	8.06	77.27	21.17	93.03	567.96
2017	140.96	137.52	103.40	26.33	42.23	1.11	2.04	18.62	12.62	27.90	51.91	73.88	638.54
2018	145.90	121.94	134.75	28.15	3.23	31.22	36.99	23.97	5.29	133.40	76.28	65.21	806.33
2019	197.95	160.65	149.74	28.72	26.47	20.95	17.31	2.57	18.00	92.30	117.43	95.32	927.42
2020	109.74	105.64	129.21	64.26	3.50	1.22	2.73	0.58	16.92	36.07	90.20	116.42	676.50
2021	120.14	113.94	152.86	41.65	15.91	0.08	0.08	12.26	24.47	53.54	61.70	114.69	711.30
2022	223.45	171.48	174.14	48.96	3.72	0.67	5.18	14.75	9.11	45.18	132.56	65.68	894.89
2023	102.89	132.76	98.02	18.42	0.52	0.02	0.40	5.46	3.16	90.55	72.19	92.88	617.28
2024	135.05	145.31	84.06	83.67	17.41	3.78	0.33	0.36	42.72	26.53	38.40	125.27	702.88

Nota. Elaboración propia. Datos procesados y obtenidos a partir del programa de cálculos Excel.

5.5.4.3. Análisis estadístico de la regionalización

Este análisis es fundamental para la validación de los resultados obtenidos, el cual busca determinar si los datos obtenidos en el proceso de regionalización se ajustan a un patrón esperado según el modelo teórico aplicado. Para ello, se empleó herramientas estadísticas que permitió comparar los valores observados con los valores esperados, y evaluar si las diferencias son significativas. En particular, se aplicó la prueba de Chi – Cuadrado para evaluar si los datos siguen una distribución esperada.

Los datos procesados y obtenidos para el análisis estadístico son los datos **PROMEDIO** de la precipitación anual entre los años (1964-2019), los cuales fueron ordenados de menor a mayor, lo que permite una mejor visualización de su distribución y facilita su agrupación en intervalos. En la siguiente tabla se presentan los datos ordenados junto con su respectiva probabilidad acumulada y el período asociado.

Tabla 49

Datos ordenados para el análisis estadístico

Datos Ordenados	m	P(probabilidad)	T (periodo)
17.72	1	0.016	62.000
22.15	2	0.032	31.000
23.34	3	0.048	20.667
23.82	4	0.065	15.500
26.40	5	0.081	12.400
27.06	6	0.097	10.333
27.40	7	0.113	8.857
28.14	8	0.129	7.750
36.06	9	0.145	6.889
36.29	10	0.161	6.200
37.73	11	0.177	5.636
38.61	12	0.194	5.167
38.67	13	0.210	4.769
42.90	14	0.226	4.429
43.99	15	0.242	4.133

44.31	16	0.258	3.875
44.32	17	0.274	3.647
46.84	18	0.290	3.444
47.33	19	0.306	3.263
47.65	20	0.323	3.100
48.19	21	0.339	2.952
48.29	22	0.355	2.818
48.71	23	0.371	2.696
48.83	24	0.387	2.583
49.06	25	0.403	2.480
49.32	26	0.419	2.385
50.49	27	0.435	2.296
50.84	28	0.452	2.214
50.96	29	0.468	2.138
51.30	30	0.484	2.067
51.44	31	0.500	2.000
51.53	32	0.516	1.938
51.62	33	0.532	1.879
51.76	34	0.548	1.824
52.59	35	0.565	1.771
53.21	36	0.581	1.722
53.55	37	0.597	1.676
53.84	38	0.613	1.632
53.93	39	0.629	1.590
56.38	40	0.645	1.550
56.52	41	0.661	1.512
58.57	42	0.677	1.476
56.68	43	0.694	1.442
58.81	44	0.710	1.409
59.27	45	0.726	1.378
59.35	46	0.742	1.348
60.05	47	0.758	1.319
61.51	48	0.774	1.292
62.98	49	0.790	1.265
62.98	50	0.806	1.240
64.04	51	0.823	1.216
66.47	52	0.839	1.192
66.71	53	0.855	1.170
67.13	54	0.871	1.148
67.19	55	0.887	1.127
68.22	56	0.903	1.107

68.38	57	0.919	1.088
74.57	58	0.935	1.069
77.41	59	0.952	1.051
77.49	60	0.968	1.033
78.45	61	0.984	1.016

Nota. Elaboración propia. La tabla muestra los datos analizados de precipitación proveniente de la regionalización de precipitación para la microcuenca de la quebrada Llulluchayoc.

Para dividir los datos en intervalos de clase adecuados, se calcularon los siguientes parámetros:

- Rango: (R): diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de los datos
- Número de Clases (NC): Se calculó utilizando la regla de Sturges:

$$NC = 1.33 * \log(N) + 1$$

- Amplitud de intervalo (Δx):

$$\Delta x = \frac{R}{NC - 1}$$

- Límites de clase: se determinó a partir del valor mínimo y la amplitud del intervalo

Estos cálculos son fundamentales para la construcción de la tabla de frecuencias y parámetros estadísticos que se presenta a continuación:

Tabla 50

Parámetros estadísticos para la microcuenca Llulluchayoc

Parámetros Estadísticos		
N=		61.00
Rango		60.73
NC=	6.47	7
$\Delta x=$	11.11	10
Xmin		17.72
Xmax		78.45

Nota. Elaboración propia.

A partir de los parámetros calculados, se construyó la tabla de frecuencias, la cual muestra cómo se distribuyen los datos en los diferentes intervalos de clase. Esta tabla incluye:

- Límites Inferiores y Superiores de Clase (LCI y LCS).
- Marca de Clase (M Clase), que representa el punto medio de cada intervalo.
- Frecuencia Absoluta (F. Abs) que indica cuántos datos cayeron en cada intervalo.
- Frecuencia Relativa (F. Rel), que representa la proporción de datos en cada intervalo respecto al total.

Tabla 51*Tabla de frecuencias inicial*

L.C.I.	M.Clase	L.C.S.	Frec_Abs	Frec_Relativa
12.66	17.72	22.78	2.00	0.03
22.78	27.84	32.90	6.00	0.10
32.90	37.96	43.02	6.00	0.10
43.02	48.09	53.15	21.00	0.34
53.15	58.21	63.27	15.00	0.25
63.27	68.33	73.39	7.00	0.11
73.39	78.45	83.51	4.00	0.07
Total			61.00	1.00

Nota. Elaboración propia.

A partir de las tablas 49 y 50 se obtienen los siguientes parámetros estadísticos

Tabla 52*Tabla de frecuencias final*

X _i	F _i	X _i *F _i	F _i *X _i ²
17.72	2.00	35.44	627.93
27.84	6.00	167.05	4650.76
37.96	6.00	227.78	8647.18
48.09	21.00	1009.79	48555.68
58.21	15.00	873.11	50820.96
68.33	7.00	478.30	32682.04
78.45	4.00	313.80	24618.28
Total	61.00	3105.26	170602.84

Nota. Elaboración propia.

Tabla 53*Parámetros estadísticos finales*

Parámetros estadísticos		Precipitación
	media	50.91
	varianza	208.77
	Desv. Estándar	14.45
	Coefi. Varianza	0.07

Nota. Elaboración propia.**Tabla 54***Frecuencias Esperada y Observada para la prueba de ajuste Chi – Cuadrado.*

Intervalo	Límite de clase	$z=(p-p_{med})/s$	F(z)	frec. Relativa	Frec. Esperada	Frec. Observada	Probabilidad	
	12.66	-2.65	0.004				0.1111111	
12.66	22.78	17.72	-2.30	0.011	0.007	0.41	2	0.2222222
22.78	32.90	27.84	-1.60	0.055	0.044	2.71	6	0.3333333
32.90	43.02	37.96	-0.90	0.185	0.130	7.93	6	0.4444444
43.02	53.15	48.09	-0.20	0.423	0.237	14.48	21	0.5555556
53.15	63.27	58.21	0.51	0.693	0.271	16.51	15	0.6666667
63.27	73.39	68.33	1.21	0.886	0.193	11.76	7	0.7777778
73.39	83.51	78.45	1.91	0.972	0.086	5.22	4	0.8888889
Total				1.0	59	61		

Nota. Elaboración propia

5.5.4.4. Prueba de ajuste Chi-Cuadrado

Para evaluar si los datos obtenidos se ajustan al patrón esperado, se empleó la prueba de Chi-cuadrado. Esta prueba compara las diferencias entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas, utilizando la siguiente fórmula:

$$X_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_i - e_i)^2}{e_i}$$

Donde:

 X_c^2 : Equis calculado θ_i : Frecuencia observada

e_i : Frecuencia esperada

El valor obtenido en esta fórmula se compara con un valor crítico X_t^2 (equis tanteada) que se obtiene de la tabla Chi-cuadrado para determinar si la diferencia es significativa. En este caso, se utilizó un nivel de significancia del 5%, lo que implica un umbral de 0.05 para aceptar o rechazar la hipótesis nula y un grado de libertad que está determinado por la siguiente formula:

$$G.L. = k - 1 - h$$

Donde:

k : cantidad de datos de la frecuencia observada

h : es el número de parámetros a estimarse:

$$h = 2 \text{ para la distribucion normal}$$

- De la tabla 53 se obtiene:

$$X_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_i - e_i)^2}{e_i}$$

$$X_c^2 = 9.469$$

$$G.L. = k - 1 - h$$

$$G.L. = 7 - 1 - 2$$

$$G.L. = 4$$

- Grado de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

- Para $G.L. = 4$ y $\alpha = 0.05$ tenemos en cuenta la tabla de Chi Cuadrado adjuntada en el Anexo 3, entonces X_t^2 :

$$X_t^2 = 9.487$$

- Para el criterio de decisión:

Si

$$X_c^2 < X_t^2 \rightarrow 9.469 < 9.487$$

Los datos se ajustan a la distribución normal con un nivel de significación del 5% o del 95% de probabilidad.

El valor calculado de Chi-cuadrado fue de 9.469, el cual comparado con el valor crítico de 9.487 para un nivel de significancia del 5% y 4 grados de libertad y como el valor calculado es menor que el valor crítico ($9.469 < 9.487$), no se rechaza la hipótesis. Esto significa que las diferencias entre las frecuencias observadas y las esperadas no son significativas y, por lo tanto, los datos siguen el patrón esperado de manera adecuada.

El valor de X_c^2 calculado es 9.469, lo que indica que las diferencias entre las frecuencias observadas y las esperadas son pequeñas y no son suficientemente grandes como para considerar que los datos no siguen una distribución normal. Esto valida la hipótesis de que los datos obtenidos en la regionalización se ajustan al patrón esperado, y se puede concluir que el proceso de distribución y regionalización es adecuado.

- El porcentaje que alcanza:

$$\frac{X_c^2}{X_t^2} \% = \frac{9.469}{9.487} = 99.81\%$$

El porcentaje de ajuste obtenido fue 99.81%. Este porcentaje refleja el grado en que los datos observados se ajustan a la distribución esperada. Un valor cercano al 100% indica un ajuste excelente.

El análisis estadístico realizado, incluyendo la prueba de Chi-cuadrado y la evaluación del ajuste de las frecuencias observadas con las esperadas, muestra que los datos obtenidos en el proceso de regionalización se ajustan bien a un modelo de distribución normal. Esto indica que la

regionalización es válida y que los resultados obtenidos no presentan discrepancias significativas con lo que se esperaba.

Por lo tanto, se puede concluir que los datos observados son confiables y que el proceso de clasificación y distribución de los mismos está bien fundamentado y es adecuado para su aplicación en el proyecto.

5.5.5. Análisis de distribuciones para la predicción de precipitaciones

Para interpretar adecuadamente los datos del presente estudio es decir los datos de registros pluviométricos de la microcuenca de Llulluchayoc, se procederá con un análisis de normalidad y ajuste a diferentes distribuciones estadísticas. Esto permitirá determinar qué modelo se ajusta mejor a los datos y qué método es más adecuado para su análisis.

5.5.5.1. Prueba de Kolmogórov-Smirnov y Ajuste de Distribuciones

La prueba de ajuste de Kolmogórov-Smirnov consiste en analizar las discrepancias entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica. Para ello, se toma el valor máximo del valor absoluto de la diferencia entre el valor observado y el valor de la curva teórica del modelo, es decir:

$$\Delta = \max |F(x) - P(x)|$$

Donde:

- Δ : Estadístico de Kolmogorov – Smirnov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica
- $F(x)$: Probabilidad de la distribución teórica.
- $P(x)$: Probabilidad experimental o empírica de los datos, denominada también frecuencia acumulada.

El estadístico Δ tiene su función de distribución de probabilidades. Si Δ_0 es un valor crítico para un nivel de significancia α , se tiene que:

$$P[\max|F(x) - P(x)| \geq \Delta_0] = \alpha \text{ ó } P(\Delta \geq \Delta_0) = \alpha$$

$$\text{También: } P(\Delta < \Delta_0) = 1 - \alpha$$

El análisis de normalidad es fundamental para determinar si los datos pueden modelarse bajo una distribución normal o si es necesario considerar distribuciones alternativas. Para esto, se han aplicado diferentes pruebas estadísticas, incluyendo la prueba de Kolmogorov-Smirnov, con la que se comparará la distribución empírica de los datos con varias distribuciones teóricas.

Se analizarán las siguientes distribuciones estadísticas para determinar su nivel de ajuste:

- **Normal:** Se emplea en datos que presentan simetría en torno a la media y con baja presencia de valores extremos.
- **Log-Normal:** Útil cuando los datos presentan asimetría positiva, es decir, valores altos alejados de la media.
- **Gumbel:** Se utiliza en el análisis de eventos extremos, como máximos y mínimos registrados en hidrología e ingeniería.
- **Pearson Tipo III:** Similar a la distribución normal, pero con mayor flexibilidad en la asimetría.
- **Log-Gumbel:** Variante de la distribución de Gumbel que se ajusta a datos transformados logarítmicamente.

El análisis de normalidad y ajuste de distribuciones permitió identificar que las distribuciones Normal y Gumbel son las más adecuadas para modelar las precipitaciones en la zona de estudio. A continuación, se muestra el análisis realizado mediante el programa Excel para cada una de las distribuciones estadísticas mencionadas.

Tabla 55*Ajuste de Distribuciones para la prueba de Kolmogórov-Smirnov*

m	P=X(mm)	Wibull	Normal	$F(x_m)$	$ F_o(x_m) - F(x_m) $	Log Nomal Y=ln(x)	$F(x_m)$ Log - Normal	$ F_o(x_m) - F(x_m) $	Pearson III	$F(x_m)$ Person III	$ F_o(x_m) - F(x_m) $	Log - Pearson	$F(x_m)$	$ F_o(x_m) - F(x_m) $	F(Gumbel)	$ F_o(x_m) - F(x_m) $	$F(x_m)$	$ F_o(x_m) - F(x_m) $
1	17.719	0.018	-2.233	0.013	0.005	2.875	0.002	0.016	77.723	0.007	17.712	-0.355	0.209	0.192	0.000	0.017	0.000	0.018
2	22.154	0.035	-1.926	0.027	0.008	3.098	0.011	0.024	82.158	0.019	22.135	-0.132	0.015	0.020	0.001	0.034	0.000	0.035
3	23.336	0.053	-1.845	0.033	0.020	3.150	0.017	0.036	83.340	0.024	23.312	-0.080	0.003	0.049	0.003	0.050	0.000	0.052
4	23.817	0.070	-1.811	0.035	0.035	3.170	0.020	0.051	83.821	0.027	23.791	-0.059	0.001	0.069	0.003	0.067	0.000	0.070
5	26.401	0.088	-1.632	0.051	0.036	3.273	0.040	0.048	86.405	0.043	26.359	0.044	0.000	0.087	0.011	0.077	0.005	0.083
6	27.056	0.105	-1.587	0.056	0.049	3.298	0.046	0.059	87.060	0.048	27.008	0.068	0.002	0.103	0.014	0.092	0.008	0.098
7	27.399	0.123	-1.563	0.059	0.064	3.310	0.050	0.073	87.403	0.050	27.348	0.081	0.003	0.119	0.015	0.107	0.010	0.113
8	28.135	0.140	-1.512	0.065	0.075	3.337	0.059	0.082	88.139	0.057	28.078	0.107	0.008	0.132	0.020	0.120	0.015	0.125
9	36.056	0.158	-0.964	0.167	0.010	3.585	0.204	0.046	96.060	0.168	35.888	0.355	0.210	0.052	0.145	0.013	0.198	0.040
10	36.290	0.175	-0.948	0.172	0.004	3.592	0.210	0.034	96.294	0.172	36.118	0.362	0.218	0.042	0.151	0.025	0.206	0.030
11	37.731	0.193	-0.848	0.198	0.005	3.630	0.245	0.052	97.734	0.201	37.529	0.401	0.269	0.076	0.189	0.004	0.256	0.063
12	38.614	0.211	-0.787	0.216	0.005	3.654	0.267	0.056	98.618	0.220	38.394	0.424	0.300	0.089	0.214	0.004	0.287	0.077
13	38.672	0.228	-0.783	0.217	0.011	3.655	0.268	0.040	98.676	0.221	38.450	0.425	0.302	0.074	0.216	0.012	0.289	0.061
14	42.895	0.246	-0.491	0.312	0.066	3.759	0.379	0.133	102.899	0.324	42.572	0.529	0.441	0.196	0.349	0.103	0.434	0.189
15	43.986	0.263	-0.415	0.339	0.076	3.784	0.408	0.144	103.990	0.352	43.634	0.554	0.474	0.211	0.384	0.121	0.469	0.205
16	44.308	0.281	-0.393	0.347	0.067	3.791	0.416	0.135	104.312	0.361	43.947	0.562	0.484	0.203	0.395	0.114	0.478	0.198
17	44.324	0.298	-0.392	0.348	0.049	3.792	0.416	0.118	104.328	0.361	43.963	0.562	0.484	0.186	0.395	0.097	0.479	0.181
18	46.842	0.316	-0.217	0.414	0.098	3.847	0.481	0.166	106.846	0.430	46.412	0.617	0.552	0.236	0.476	0.160	0.551	0.235
19	47.330	0.333	-0.184	0.427	0.094	3.857	0.494	0.160	107.334	0.444	46.886	0.627	0.564	0.231	0.491	0.158	0.564	0.231
20	47.649	0.351	-0.162	0.436	0.085	3.864	0.502	0.151	107.653	0.453	47.196	0.634	0.572	0.221	0.501	0.150	0.572	0.221
21	48.187	0.368	-0.124	0.451	0.082	3.875	0.515	0.147	108.191	0.468	47.719	0.645	0.585	0.217	0.518	0.149	0.586	0.217
22	48.289	0.386	-0.117	0.453	0.067	3.877	0.518	0.132	108.293	0.470	47.818	0.648	0.588	0.202	0.521	0.135	0.588	0.202
23	48.711	0.404	-0.088	0.465	0.061	3.886	0.528	0.124	108.715	0.482	48.229	0.656	0.597	0.194	0.533	0.130	0.599	0.195
24	48.827	0.421	-0.080	0.468	0.047	3.888	0.531	0.110	108.831	0.485	48.342	0.659	0.600	0.179	0.537	0.116	0.601	0.180
25	49.059	0.439	-0.064	0.474	0.036	3.893	0.536	0.098	109.063	0.492	48.567	0.663	0.605	0.167	0.544	0.105	0.607	0.168
26	49.325	0.456	-0.046	0.482	0.026	3.898	0.543	0.087	109.329	0.499	48.826	0.669	0.611	0.155	0.551	0.095	0.613	0.157
27	50.486	0.474	0.035	0.514	0.040	3.922	0.570	0.097	110.490	0.531	49.954	0.692	0.636	0.162	0.584	0.111	0.639	0.166
28	50.841	0.491	0.059	0.524	0.032	3.929	0.578	0.087	110.845	0.541	50.300	0.699	0.643	0.152	0.594	0.103	0.647	0.156
29	50.958	0.509	0.067	0.527	0.018	3.931	0.581	0.072	110.962	0.544	50.414	0.701	0.646	0.137	0.598	0.089	0.649	0.141
30	51.299	0.526	0.091	0.536	0.010	3.938	0.589	0.063	111.303	0.553	50.745	0.708	0.653	0.126	0.607	0.080	0.656	0.130
32	51.530	0.561	0.107	0.543	0.019	3.942	0.594	0.033	111.534	0.560	50.971	0.713	0.657	0.096	0.613	0.052	0.661	0.100
33	51.624	0.579	0.114	0.545	0.034	3.944	0.596	0.017	111.628	0.562	51.062	0.714	0.659	0.080	0.615	0.036	0.663	0.084
34	51.760	0.596	0.123	0.549	0.048	3.947	0.599	0.003	111.764	0.566	51.194	0.717	0.662	0.065	0.619	0.023	0.666	0.069
35	52.588	0.614	0.180	0.572	0.043	3.962	0.617	0.003	112.592	0.588	52.000	0.733	0.677	0.063	0.640	0.026	0.682	0.068
36	53.212	0.632	0.223	0.588	0.043	3.974	0.631	0.001	113.216	0.604	52.607	0.745	0.688	0.057	0.656	0.024	0.693	0.062
37	53.551	0.649	0.247	0.598	0.052	3.981	0.638	0.011	113.555	0.613	52.937	0.751	0.694	0.045	0.664	0.015	0.700	0.050
38	53.836	0.667	0.267	0.605	0.062	3.986	0.644	0.023	113.840	0.621	53.215	0.756	0.699	0.032	0.671	0.004	0.705	0.038
39	53.925	0.684	0.273	0.607	0.077	3.988	0.646	0.039	113.929	0.623	53.302	0.758	0.701	0.016	0.673	0.011	0.706	0.022
41	56.517	0.719	0.452	0.674	0.045	4.035	0.696	0.023	116.521	0.687	58.830	0.805	0.741	0.022	0.730	0.011	0.748	0.028
43	56.679	0.754	0.463	0.678	0.076	4.037	0.699	0.055	116.683	0.691	55.989	0.808	0.744	0.011	0.734	0.021	0.750	0.004
44	58.813	0.772	0.611	0.729	0.042	4.074	0.736	0.036	118.817	0.739	58.074	0.845	0.772	0.000	0.774	0.002	0.779	0.007
46	59.350	0.807	0.648	0.742	0.065	4.083	0.745	0.062	119.354	0.750	58.600	0.854	0.779	0.028	0.783	0.024	0.786	0.021
47	60.054	0.825	0.697	0.757	0.067	4.095	0.756	0.068	120.058	0.764	59.289	0.866	0.787	0.037	0.795	0.030	0.794	0.030
48	61.512	0.842	0.798	0.788	0.055	4.119	0.778	0.064	121.516	0.793	60.720	0.890	0.803	0.039	0.817	0.025	0.810	0.032
49	62.979	0.860	0.900	0.816	0.044	4.143	0.798	0.061	122.983	0.819	62.161	0.913	0.818	0.041	0.838	0.022	0.825	0.034
50	62.985	0.877	0.900	0.816	0.061	4.143	0.798	0.079	122.989	0.819	62.166	0.913	0.818	0.059	0.838	0.039	0.825	0.052
51	64.040	0.895	0.973	0.835	0.060	4.160	0.812	0.083	124.043	0.836	63.204	0.930	0.828	0.066	0.851	0.044	0.835	0.060
52	66.472	0.912	1.141	0.873	0.039	4.197	0.841	0.072	126.476	0.871	65.601	0.967	0.849	0.063	0.878	0.034	0.855	0.057
53	66.714	0.930	1.158	0.877	0.053	4.200	0.843	0.087	126.718	0.874	65.839	0.971	0.851	0.079	0.881	0.049	0.857	0.073
54	67.125	0.947	1.187	0.882	0.065	4.207	0.848	0.100	127.129	0.880	66.246	0.977	0.854	0.093	0.885	0.063	0.860	0.087
55	67.194	0.965	1.191	0.883	0.082	4.208	0.848	0.117	127.198	0.881	66.313	0.978	0.855	0.110	0.885	0.080	0.861	0.104
56	68.215	0.982	1.262	0.897	0.086	4.223	0.859	0.124	128.219	0.893	67.322	0.993	0.862	0.120	0.895	0.088	0.868	0.114
57	68.378	1.000	1.273	0.899	0.101	4.225	0.860	0.140	128.382	0.895	67.484	0.995	0.863	0.137	0.896	0.104	0.869	0.131
59	77.409	1.035	1.898	0.971	0.064	4.349	0.927	0.108	137.413	0.964	76.444	1.119	0.913	0.122	0.952	0.083	0.916	0.119
60	77.493	1.053	1.904															

- Para predicciones de corto plazo, la distribución normal ofrece un modelo confiable.
- Para predicciones a largo plazo, la distribución de Gumbel es más adecuada, ya que tiene en cuenta la ocurrencia de eventos extremos.
- La elección de la distribución dependerá del propósito del estudio: en este caso se busca un diseño hidráulico seguro, por ende, se recomienda trabajar con los valores de la distribución de Gumbel.

5.5.5.2. Predicción de precipitación para diferentes períodos de retorno

En este estudio se evaluaron diversas distribuciones para determinar el mejor modelo de ajuste a los datos de precipitaciones. Como resultado, se identificó que las distribuciones Normal y Gumbel presentan el mejor ajuste. A partir de estas distribuciones, se realizaron estimaciones de precipitaciones futuras para diferentes períodos de retorno: 2, 5, 10, 20, 25, 30 años, y así sucesivamente.

- **Distribución Normal**

La distribución normal es apropiada cuando los datos presentan una distribución simétrica en torno a la media, lo cual indica que las precipitaciones tienen una variabilidad predecible sin una fuerte presencia de valores extremos. Su aplicación permite realizar predicciones basadas en la media y la desviación estándar de los datos históricos.

Fórmula de la precipitación esperada en un tiempo de retorno T:

$$X_T = \bar{x} + s * Z$$

Donde:

- ✓ X_T : es la precipitación esperada para un periodo de retorno T.
- ✓ \bar{x} es la media de las precipitaciones.
- ✓ s es la desviación estándar.

- ✓ Z es el coeficiente de frecuencia obtenido de la distribución normal estándar para un determinado periodo de retorno.

Se presentan los valores estimados de precipitaciones para distintos periodos de retorno, calculados bajo la distribución Normal

Los datos para el análisis mediante la distribución normal son las precipitaciones medias anuales que se adjuntan en el anexo 3.

- ✓ A tener en cuenta:

$$\bar{x} = 50.75\text{mm}$$

$$s = 14.39$$

- ✓ Se adjunta la tabla de distribución normal estándar (acumulada) en el anexo 3 para el cálculo de Z .

Tabla 56

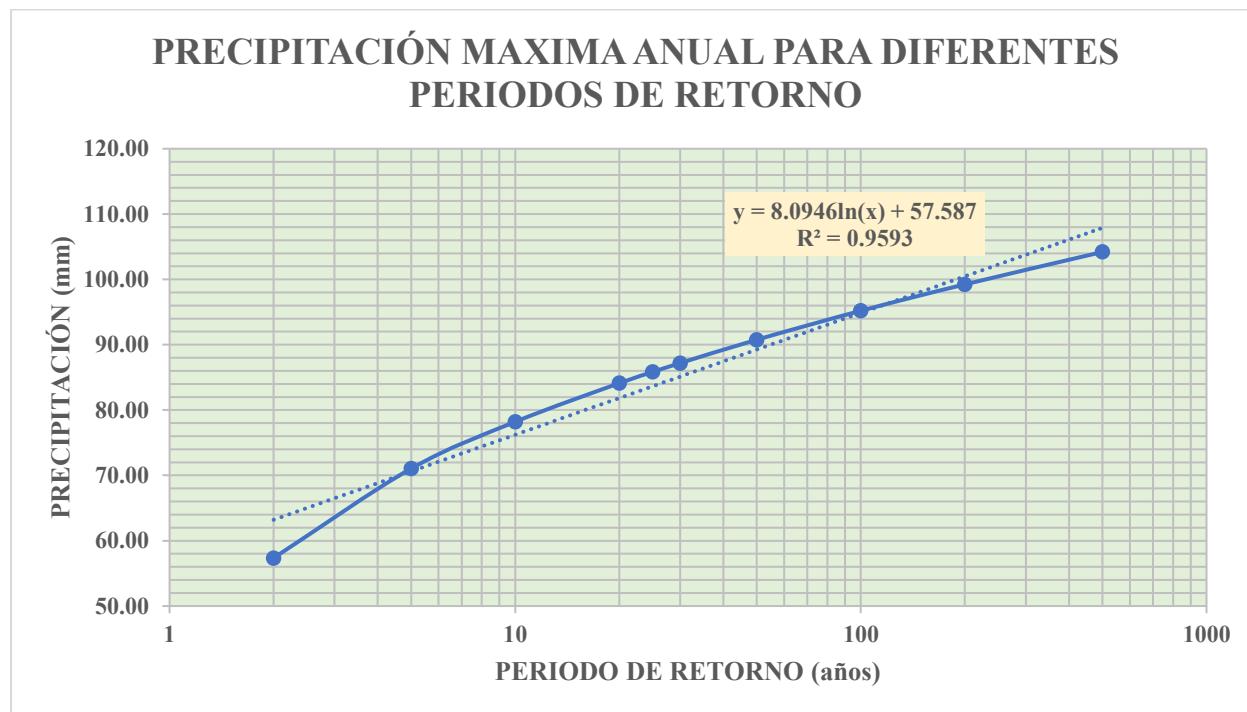
Distribución Normal - Precipitación para distintos períodos de retorno.

Tr	Probabilidad	Normal	Precipitación		Corrección $\frac{X_t}{PP(\text{mm})}$
			X_t	$X_t (\text{mm})$	
Años	$F(z)$	Z	mm		
2	0.50	0.00	50.75		57.35
5	0.80	0.84	62.87		71.04
10	0.90	1.28	69.20		78.20
20	0.95	1.65	74.43		84.11
25	0.96	1.75	75.96		85.84
30	0.97	1.83	77.15		87.18
50	0.98	2.05	80.32		90.76
100	0.99	2.33	84.25		95.20
200	1.00	2.58	87.82		99.24
500	1.00	2.88	92.21		104.20

Nota. Elaboración propia.

Figura 53

Precipitación máxima según el periodo de retorno para la microcuenca de Llulluchayoc-Normal



Nota. Elaboración propia.

- **Distribución Gumbel**

La distribución de Gumbel es utilizada en análisis hidrológicos, ya que es especialmente útil para modelar eventos extremos, como las precipitaciones máximas anuales. Permite estimar valores de precipitación para eventos de retorno prolongados.

Fórmula de la precipitación esperada en un tiempo de retorno T:

$$X_T = \mu + \alpha + [\ln(-\ln(1 - P_T))]$$

Donde:

- ✓ $P_T = 1 - \frac{1}{T}$ es la probabilidad excedente para el periodo de retorno.

Se presentan los valores estimados de precipitaciones para distintos periodos de retorno, calculados bajo la distribución Gumbel.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 49.984 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_m)^2}{n-1}} = 14.439$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S = 11.258$$

$$\mu = \bar{x} - 0.45 * S = 43.483$$

Tabla 57

Distribución Gumbel - Precipitación para distintos períodos de retorno.

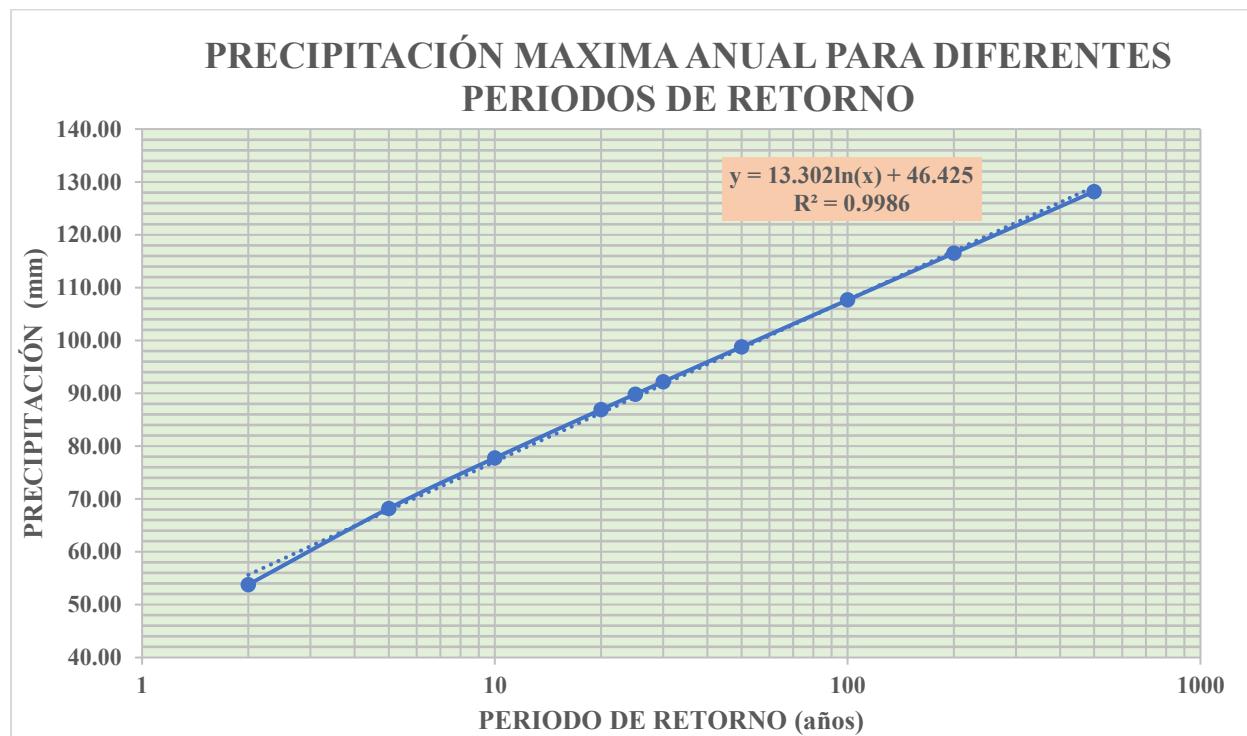
**Cálculo de las precipitaciones medias mensuales probables para distintas frecuencias -
Precipitaciones Máximas**

Período Retorno	Variable Reducida Y_t	Precipitación (mm)	Probabilidad Ocurrencia	Corrección Intervalo Fijo
Años		X_t (mm)	$F(X_T)$	X_t (mm)
2	0.37	47.61	0.50	53.80
5	1.50	60.37	0.80	68.22
10	2.25	68.82	0.90	77.76
20	2.97	76.92	0.95	86.92
25	3.20	79.49	0.96	89.83
30	3.38	81.58	0.97	92.19
50	3.90	87.41	0.98	98.78
100	4.60	95.27	0.99	107.66
200	5.30	103.10	1.00	116.51
500	6.21	113.44	1.00	128.18

Nota. Elaboración propia.

Figura 54

Precipitación máxima según el periodo de retorno para la microcuenca de Llulluchayoc-Gumbel



Nota. Elaboración propia.

Tabla 58

Precipitación máxima estimada (mm) para distintos períodos de retorno según las distribuciones Normal y Gumbel

Tr Años	Normal		Gumbel	
	X _t (mm)	X _t (mm)	X _t (mm)	X _t (mm)
2	57.35		53.80	
5	71.04		68.23	
10	78.20		77.78	
20	84.11		86.94	
25	85.84		89.85	
30	87.18		92.21	
50	90.76		98.80	
100	95.20		107.69	
200	99.24		116.54	
500	104.20		128.22	

Nota. Elaboración propia. Se muestra las precipitaciones estimadas para distintos períodos de retorno utilizando dos distribuciones: Normal y Gumbel.

- **Análisis:**

- ✓ Para períodos de retorno cortos (2-10 años), las precipitaciones estimadas por ambas distribuciones son similares con diferencias menores de 3 mm
 - ✓ A partir de 20 años, la distribución de Gumbel empieza a proyectar valores más altos en comparación con la Normal.
 - ✓ A medida que aumenta el periodo de retorno, la diferencia entre ambas distribuciones se amplía considerablemente. Por ejemplo, para 500 años, la diferencia es de 24.4 mm
- Dado que se desea realizar el análisis de eventos extremos de precipitación, la distribución de Gumbel demuestra ser la más apropiada, ya que proporciona valores más conservadores para eventos de alta recurrencia (mayores a 20 años). Esto es crucial en el diseño de infraestructura hidráulica para evitar subestimaciones que podrían generar riesgos de insuficiencia en la infraestructura hidráulica.

5.5.5.3. Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) constituyen una herramienta fundamental en el análisis hidrológico, ya que permiten representar gráficamente la relación existente entre la intensidad de las lluvias, su duración y el período de retorno asociado. Estas curvas son ampliamente utilizadas en el diseño de obras hidráulicas, pues facilitan la estimación de lluvias extremas que podrían ocurrir en un determinado intervalo de tiempo.

Para la elaboración de las curvas IDF que se presentan en este trabajo, se ha utilizado el método de Dick – Pechke, el cual propone ecuaciones empíricas que permiten estimar la intensidad de precipitación en función del tiempo de duración y del período de retorno. Este método resulta particularmente útil en regiones donde los registros históricos de precipitaciones son limitados, ya que permite ajustar curvas a partir de datos disponibles.

✓ **Método de Dick Pechke:**

$$P_D = P_{24h} * \left(\frac{D}{1440} \right)^{0.25}$$

$$I = \frac{P_D}{D}$$

Donde:

- ✓ P_D : Precipitación máxima de duración D (mm)
- ✓ P_{24h} : Precipitación máxima de 24 horas (mm)
- ✓ I : Intensidad de la precipitación (mm/h)

Tabla 59*Precipitación máxima de duración - Microcuenca Llulluchayoc*

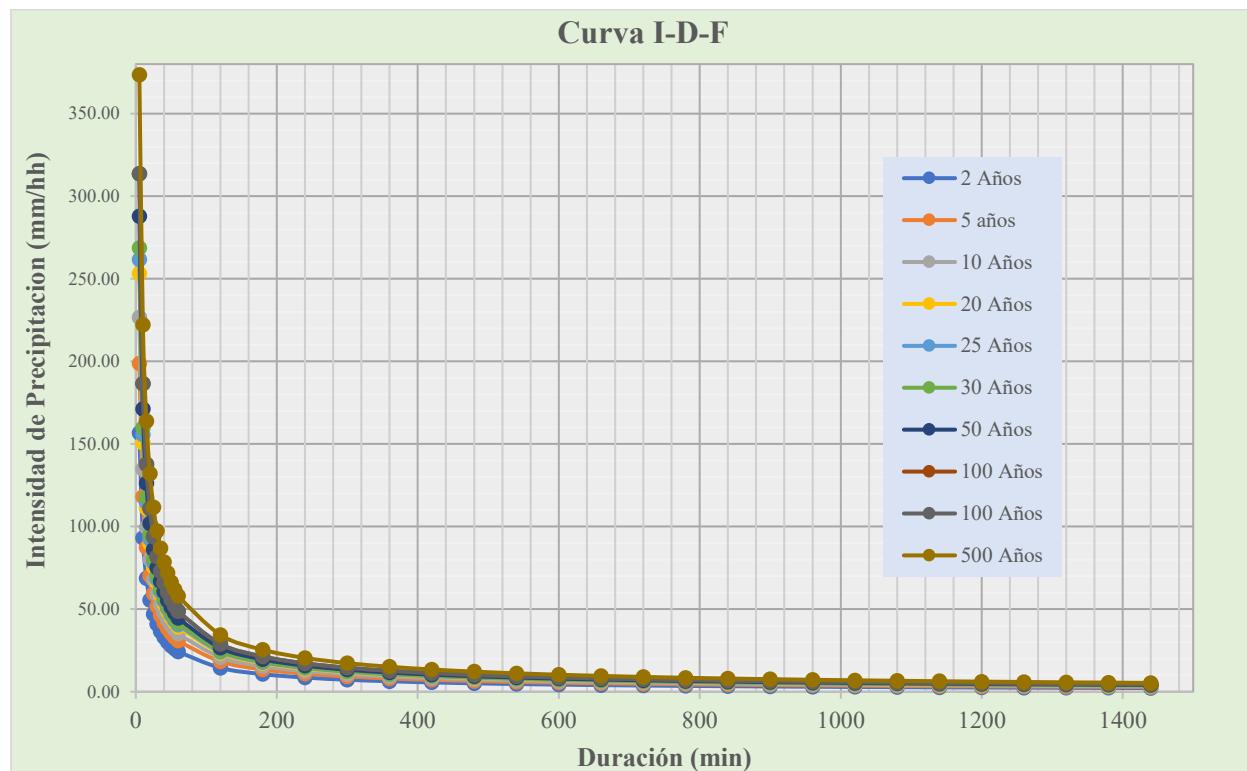
Duración (Horas)	Duración (min)	Precipitación en 24 horas (mm)									
		53.80	68.23	77.78	86.94	89.85	92.21	98.80	107.69	116.54	128.22
		Periodo de Retorno (años)									
2	5	10	20	25	30	50	100	200	500		
0.08	5	13.06	16.56	18.88	21.10	21.81	22.38	23.98	26.14	28.29	31.13
0.17	10	15.53	19.70	22.45	25.10	25.94	26.62	28.52	31.09	33.64	37.02
0.25	15	17.19	21.80	24.85	27.78	28.70	29.46	31.56	34.40	37.23	40.96
0.33	20	18.47	23.42	26.70	29.85	30.84	31.66	33.92	36.97	40.01	44.02
0.42	25	19.53	24.77	28.23	31.56	32.61	33.47	35.86	39.09	42.30	46.54
0.50	30	20.44	25.92	29.55	33.03	34.13	35.03	37.54	40.91	44.28	48.71
0.58	35	21.24	26.94	30.71	34.33	35.48	36.41	39.01	42.52	46.02	50.63
0.67	40	21.96	27.85	31.75	35.49	36.68	37.65	40.34	43.96	47.58	52.35
0.75	45	22.62	28.69	32.70	36.55	37.78	38.77	41.54	45.28	49.00	53.91
0.83	50	23.22	29.45	33.57	37.53	38.78	39.81	42.65	46.49	50.31	55.35
0.92	55	23.78	30.16	34.38	38.43	39.72	40.76	43.68	47.61	51.52	56.69
1.00	60	24.31	30.83	35.14	39.28	40.59	41.66	44.64	48.65	52.65	57.93
2.00	120	28.91	36.66	41.79	46.71	48.27	49.54	53.08	57.86	62.62	68.89
3.00	180	31.99	40.57	46.25	51.70	53.42	54.83	58.75	64.03	69.30	76.24
4.00	240	34.38	43.59	49.70	55.55	57.41	58.92	63.13	68.81	74.46	81.93
5.00	300	36.35	46.09	52.55	58.74	60.70	62.30	66.75	72.75	78.74	86.63
6.00	360	38.04	48.24	55.00	61.48	63.53	65.20	69.86	76.15	82.41	90.67
7.00	420	39.54	50.14	57.16	63.89	66.03	67.77	72.61	79.14	85.65	94.23
8.00	480	40.88	51.84	59.10	66.06	68.27	70.07	75.07	81.82	88.55	97.43
9.00	540	42.10	53.39	60.87	68.04	70.31	72.16	77.32	84.27	91.20	100.34
10.00	600	43.23	54.82	62.49	69.85	72.19	74.09	79.38	86.52	93.63	103.02
11.00	660	44.27	56.14	64.00	71.54	73.93	75.87	81.29	88.61	95.89	105.50
12.00	720	45.24	57.37	65.40	73.11	75.55	77.54	83.08	90.55	98.00	107.82
13.00	780	46.16	58.53	66.73	74.59	77.08	79.11	84.76	92.38	99.98	110.00
14.00	840	47.02	59.63	67.97	75.98	78.52	80.59	86.35	94.11	101.85	112.06
15.00	900	47.84	60.66	69.16	77.30	79.89	81.99	87.85	95.75	103.62	114.01
16.00	960	48.61	61.65	70.28	78.56	81.19	83.32	89.28	97.31	105.31	115.86
17.00	1020	49.36	62.59	71.35	79.76	82.43	84.60	90.64	98.79	106.92	117.63
18.00	1080	50.07	63.49	72.38	80.91	83.61	85.81	91.94	100.21	108.45	119.33
19.00	1140	50.75	64.36	73.37	82.01	84.75	86.98	93.20	101.58	109.93	120.95
20.00	1200	51.40	65.19	74.31	83.07	85.84	88.10	94.40	102.89	111.35	122.51
21.00	1260	52.03	65.99	75.23	84.09	86.90	89.18	95.56	104.15	112.72	124.01
22.00	1320	52.64	66.76	76.11	85.07	87.91	90.23	96.67	105.37	114.03	125.46
23.00	1380	53.23	67.51	76.96	86.02	88.90	91.24	97.75	106.55	115.31	126.87
24.00	1440	53.80	68.23	77.78	86.94	89.85	92.21	98.80	107.69	116.54	128.22

Nota. Elaboración propia. Se muestran las precipitaciones máximas de duración para diferentes períodos de retorno dentro de la microcuenca de Llulluchayoc.

Tabla 60*Intensidad máxima de la precipitación - Microcuenca Llulluchayoc*

Duración (Horas)	Duración (min)	Periodo de Retorno (años)									
		2	5	10	20	25	30	50	100	200	
Precipitación (mm)											
0.08	5	156.72	198.74	226.57	253.26	261.72	268.61	287.80	313.69	339.48	373.51
0.17	10	93.19	118.17	134.72	150.59	155.62	159.72	171.13	186.52	201.86	222.09
0.25	15	68.75	87.19	99.39	111.10	114.81	117.84	126.26	137.61	148.93	163.86
0.33	20	55.41	70.27	80.10	89.54	92.53	94.97	101.75	110.91	120.02	132.06
0.42	25	46.87	59.44	67.76	75.74	78.27	80.33	86.07	93.81	101.53	111.71
0.50	30	40.88	51.84	59.10	66.06	68.27	70.07	75.07	81.82	88.55	97.43
0.58	35	36.42	46.18	52.65	58.85	60.82	62.42	66.88	72.89	78.88	86.79
0.67	40	32.95	41.78	47.63	53.24	55.02	56.47	60.50	65.94	71.37	78.52
0.75	45	30.16	38.25	43.60	48.74	50.37	51.69	55.39	60.37	65.33	71.88
0.83	50	27.87	35.34	40.29	45.04	46.54	47.77	51.18	55.78	60.37	66.42
0.92	55	25.95	32.90	37.51	41.93	43.33	44.47	47.65	51.93	56.20	61.84
1.00	60	24.31	30.83	35.14	39.28	40.59	41.66	44.64	48.65	52.65	57.93
2.00	120	14.45	18.33	20.89	23.36	24.14	24.77	26.54	28.93	31.31	34.45
3.00	180	10.66	13.52	15.42	17.23	17.81	18.28	19.58	21.34	23.10	25.41
4.00	240	8.59	10.90	12.42	13.89	14.35	14.73	15.78	17.20	18.62	20.48
5.00	300	7.27	9.22	10.51	11.75	12.14	12.46	13.35	14.55	15.75	17.33
6.00	360	6.34	8.04	9.17	10.25	10.59	10.87	11.64	12.69	13.73	15.11
7.00	420	5.65	7.16	8.17	9.13	9.43	9.68	10.37	11.31	12.24	13.46
8.00	480	5.11	6.48	7.39	8.26	8.53	8.76	9.38	10.23	11.07	12.18
9.00	540	4.68	5.93	6.76	7.56	7.81	8.02	8.59	9.36	10.13	11.15
10.00	600	4.32	5.48	6.25	6.99	7.22	7.41	7.94	8.65	9.36	10.30
11.00	660	4.02	5.10	5.82	6.50	6.72	6.90	7.39	8.06	8.72	9.59
12.00	720	3.77	4.78	5.45	6.09	6.30	6.46	6.92	7.55	8.17	8.99
13.00	780	3.55	4.50	5.13	5.74	5.93	6.09	6.52	7.11	7.69	8.46
14.00	840	3.36	4.26	4.86	5.43	5.61	5.76	6.17	6.72	7.28	8.00
15.00	900	3.19	4.04	4.61	5.15	5.33	5.47	5.86	6.38	6.91	7.60
16.00	960	3.04	3.85	4.39	4.91	5.07	5.21	5.58	6.08	6.58	7.24
17.00	1020	2.90	3.68	4.20	4.69	4.85	4.98	5.33	5.81	6.29	6.92
18.00	1080	2.78	3.53	4.02	4.49	4.65	4.77	5.11	5.57	6.03	6.63
19.00	1140	2.67	3.39	3.86	4.32	4.46	4.58	4.91	5.35	5.79	6.37
20.00	1200	2.57	3.26	3.72	4.15	4.29	4.41	4.72	5.14	5.57	6.13
21.00	1260	2.48	3.14	3.58	4.00	4.14	4.25	4.55	4.96	5.37	5.91
22.00	1320	2.39	3.03	3.46	3.87	4.00	4.10	4.39	4.79	5.18	5.70
23.00	1380	2.31	2.94	3.35	3.74	3.87	3.97	4.25	4.63	5.01	5.52
24.00	1440	2.24	2.84	3.24	3.62	3.74	3.84	4.12	4.49	4.86	5.34

Nota. Elaboración propia. Se muestra la intensidad máxima horaria generada para diferentes períodos de retorno dentro de la microcuenca Llulluchayoc.

Figura 55*Curva Intensidad - Frecuencia - Duración Microcuenca Llulluchayoc*

Nota. Elaboración propia.

5.5.5.4. Generación de caudales máximos

La normativa OS.060 establece que el cálculo de los caudales de escurrimiento debe realizarse utilizando, como mínimo, ciertos métodos reconocidos en ingeniería. Uno de los procedimientos indicados es el método racional, el cual se emplea ampliamente en el diseño de sistemas de drenaje urbano e infraestructuras hidráulicas debido a su simplicidad y efectividad.

Este método permite estimar el caudal máximo de escurrimiento superficial a partir de variables como la intensidad de la precipitación, el coeficiente de escorrentía del terreno y el área de drenaje. Sin embargo, su aplicación está restringida a cuencas con superficies relativamente pequeñas, no excediendo los 13 km², ya que en áreas más extensas las condiciones de flujo pueden volverse demasiado complejas para este enfoque simplificado.

Dado que la normativa exige al menos este método para la estimación de caudales, su empleo es fundamental en la planificación de infraestructuras hidráulicas, garantizando que las redes de drenaje sean diseñadas para manejar adecuadamente los volúmenes de agua generados por eventos de precipitación extrema.

✓ **Método racional**

Las áreas de drenaje están conformadas por subcuenca con distintas características que influyen en el escurrimiento. Factores como la pendiente, el tipo de suelo y la cobertura vegetal determinan la cantidad y velocidad del flujo hacia los cauces principales.

El método racional permite calcular el caudal máximo generado por una precipitación intensa, considerando la contribución de cada área. Su expresión matemática es la siguiente:

$$Q = 0.00278 * c * I * A$$

Donde:

Q: es el caudal máximo en (ltrs³/seg)

C: coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de la lluvia de diseño (mm/hora)

A: Área de la subcuenca (Ha)

✓ **Coeficiente de Escorrentía:**

La elección del coeficiente de escorrentía debe fundamentarse en el análisis de los efectos de las características de la superficie, el tipo de área y la condición futura dentro del horizonte de vida del proyecto. Por ello, la normativa OS.060 incluye tablas para su selección, las cuales se encuentran en el Anexo 3.

Tabla 61*Coeficientes de escorrentía - Método racional*

Características de la superficie	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS									
	2	5	10	20	25	30	50	100	200	500
Plano 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.39	0.40	0.41	0.43	0.47	0.50	0.57
Promedio 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.43	0.44	0.45	0.48	0.51	0.53	0.60
Pendiente Superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.47	0.48	0.49	0.51	0.54	0.56	0.61

Nota. Tomado de la Norma OS.060. *Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional”*

(<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2686390/OS.060%20Drenaje%20Pluvial%20Urbanizado.pdf>).

✓ **Características de la microcuenca:**

El análisis de las características morfométricas de la microcuenca Llulluchayoc permite comprender su comportamiento hidrológico y la influencia de sus parámetros en la generación de escorrentía.

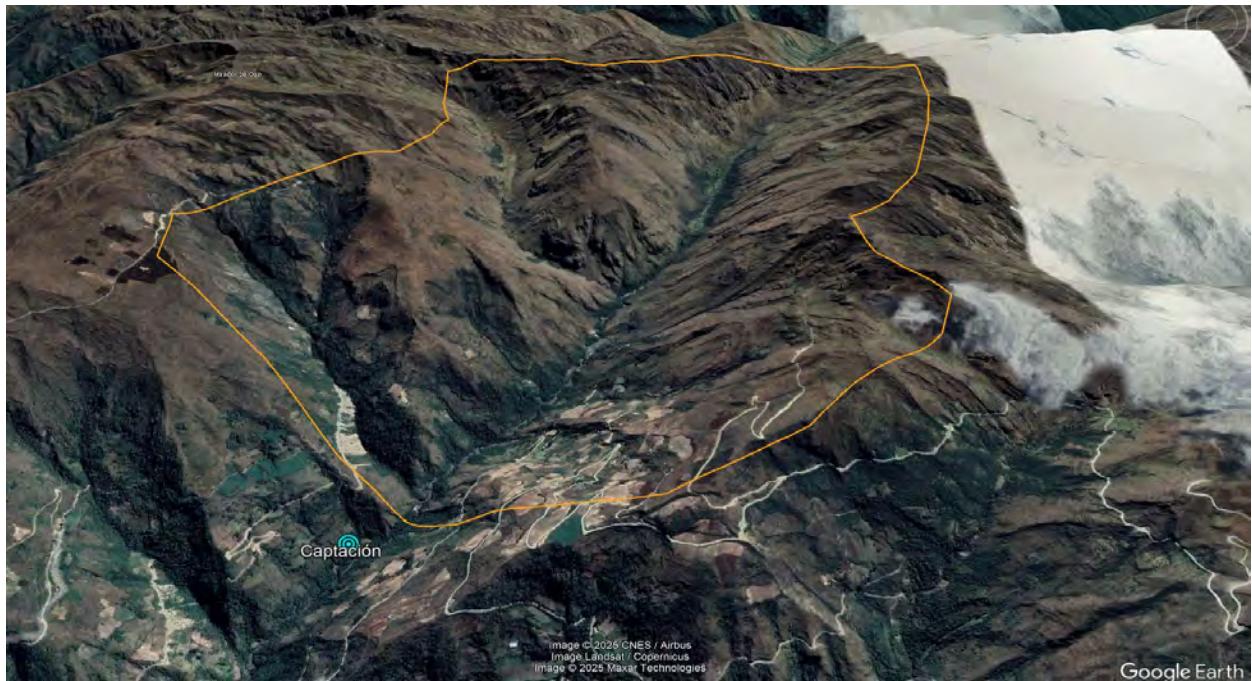
Tabla 62*Parámetros Geomorfológicos*

Microcuenca Llulluchayoc	
Norte (m)	8,531,105.00
Este (m)	221,193.00
Cota (msnm)	3,350
Área (km2)	8.1
Perímetro	11.9
Largo de la cuenca (Km)	3.51
Ancho de la cuenca (Km)	3.1
Longitud del curso principal (Km)	3.46
Cota más alta (msnm)	3,965
Desnivel (m)	615
Pendiente (%)	17.80%

Nota. Elaboración propia.

Figura 56

Microcuenca de Llulluchayoc



Nota. Tomado de Google Earth. Vista de la microcuenca de Llulluchayoc.

Los datos que se presentaron serán empleados para calcular los caudales máximos en diferentes períodos de retorno, con el objetivo de conocer mejor el comportamiento del agua en la microcuenca. Para asignar el coeficiente de escorrentía, se ha tomado como referencia el valor correspondiente a terrenos agrícolas con pendientes mayores al 7%, ya que la microcuenca tiene una pendiente promedio de 17.8%, lo cual justifica plenamente esta elección. Este factor influye directamente en la rapidez con la que el agua escurre por la superficie durante las lluvias.

También se cuenta con información sobre la intensidad de la lluvia para distintos períodos de retorno, registrada en un lapso de 24 horas y expresada en milímetros. Estos datos deberán convertirse a unidades por hora (mm/h), ya que es necesario usar la misma unidad de tiempo en la fórmula del método racional.

Una vez definidos estos valores, se procede a realizar los cálculos para estimar los caudales máximos, los cuales servirán como base para futuras decisiones relacionadas con el diseño de obras o medidas de prevención en la zona de estudio.

Tabla 63*Caudales Máximos Microcuenca - Llulluchayoc*

Periodo de Retorno	Coeficiente de Escorrentía	Precipitación 24h (mm)	Precipitación (mm/h)	Área (Ha)	Caudal Máximo (m ³ /seg.)
2	0.39	53.80	2.24	810	1.97
5	0.42	68.23	2.84	810	2.69
10	0.44	77.78	3.24	810	3.21
20	0.47	86.94	3.62	810	3.81
25	0.48	89.85	3.74	810	4.05
30	0.49	92.21	3.84	810	4.20
50	0.51	98.80	4.12	810	4.73
100	0.54	107.69	4.49	810	5.46
200	0.56	116.54	4.86	810	6.10
500	0.61	128.22	5.34	810	7.34

Nota. Elaboración propia.

5.5.6. Modelo determinístico de Lutz-Schulz

Este modelo hidrológico es de tipo combinado, ya que integra una estructura determinística para la estimación de los caudales mensuales correspondientes a un año medio, y una estructura estocástica orientada a la generación de series prolongadas de caudales, sustentada en un proceso markoviano. Dicho modelo fue desarrollado por el especialista Lutz Schulz para cuencas de la sierra peruana entre los años 1979 y 1980, en el contexto de la Cooperación Técnica de la República Federal de Alemania, a través del Plan MERIS II.

Ante la limitada disponibilidad de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo fue formulado considerando parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, los cuales pueden obtenerse mediante información cartográfica y mediciones de campo. Entre los parámetros más relevantes del modelo se encuentran los coeficientes empleados para la estimación de la

precipitación efectiva, el déficit de escurrimiento, la retención y el agotamiento de las cuencas. En función de ello, la aplicación del modelo se desarrolla a través de los siguientes procedimientos:

- Determinación de los parámetros requeridos para la caracterización de los procesos de escorrentía media.
- Definición de un conjunto de modelos parciales de los parámetros, orientados a la estimación de caudales en cuencas carentes de información hidrométrica; a partir de ello se procede al cálculo de los caudales requeridos.
- Calibración del modelo y generación de series extendidas de caudal, mediante un proceso markoviano que combina la precipitación efectiva del mes en análisis con el caudal correspondiente al mes precedente.

El modelo fue implementado inicialmente con el propósito de pronosticar caudales a escala mensual, siendo aplicado en estudios de proyectos de riego y, posteriormente, extendiendo su uso a diversos estudios hidrológicos, tales como abastecimiento de agua, generación hidroeléctrica, entre otros. Los resultados obtenidos de su aplicación en cuencas de la sierra peruana evidencian una correspondencia satisfactoria con los valores de caudal medidos.

Según Milla C. (s.f.) los parámetros establecidos para la aplicación del método de Lutz Schulz se describen a continuación:

1. Ecuación del balance hídrico

La ecuación que describe el balance hídrico mensual en mm/mes es la que se muestra a continuación:

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i$$

Donde:

CMi = Caudal mensual (mm/mes)

Pi = Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes)

Di = Déficit de escurrimiento (mm/mes)

Gi = Gasto de la retención de la cuenca (mm/mes)

Ai = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

Bajo los siguientes supuestos:

- Para períodos prolongados, en este caso de un año, el gasto y el abastecimiento asociados a la retención presentan el mismo valor, es decir, $Gi=Ai$
- En el año medio, una fracción de la precipitación retorna a la atmósfera mediante el proceso de evaporación.

Sustituyendo el término $(P-D)$ por (CP) y considerando la conversión de unidades de mm/mes a m³/s, la ecuación previamente planteada se expresa de la siguiente forma:

$$Q = c'CP(AR)$$

Siendo la anterior ecuación la expresión básica del método racional, donde:

Q = Caudal (m³/s)

c' = coeficiente de conversión del tiempo (mes/seg)

C = coeficiente de escurrimiento

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

AR = Área de la cuenca (m²)

2. Coeficiente de escurrimiento

Considerando la expresión propuesta por L-Turc

$$C = \frac{P - D}{P}$$

Donde:

C= coeficiente de escurrimiento (mm/año)

P=precipitación total anual (mm/año)

D=déficit de escurrimiento (mm/año)

Los coeficientes parciales de las curvas se encuentran con las expresiones

$$CI = \frac{CP - PEII}{PEI - PEII}$$

$$CII = \frac{CP - PEIII}{PEII - PEIII}$$

$$CIII = \frac{CP - PEII}{PEIII - PEII}$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

CI, CII y CIII= Coeficientes para cada grupo de curvas

P = Precipitación Total anual (mm/año)

PEI, PEII, PEIII= Precipitación efectiva para cada grupo de curvas (mm)

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

Para la determinación del déficit de escurrimiento se emplea:

$$Ct = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3$$

$$D0 = 0.872 * P + 1.032 * ETP - 1380$$

$$D1 = \frac{P}{\sqrt{0.90 + \frac{P^2}{Ct^2}}}$$

Donde:

Ct=coeficiente de temperatura

T=Temperatura media anual

Dado que no se ha podido obtener una ecuación general del coeficiente de escorrentía para la toda la sierra, se ha desarrollado las fórmulas siguientes:

$$C1 = 0.914 - 0.000236 * P - 0.0581 * T$$

$$C2 = 0.682 - 0.0526 * T - 0.000136 * T^2$$

$$C3 = 1.813 - 0.000187 * P - 0.00112 * ETP$$

$$C4 = 5.21 - 0.00731 * ETP + 0.00000268 * ETP^2$$

$$C5 = 3160000000000 * P^{-0.571} * ETP^{-3.686}$$

$$C6 = 6.47 - 0.0691 * LN(P) - 0.8 * LN(ETP)$$

$$C7 = \frac{P - D}{P}$$

Dónde:

C = Coeficiente de escurrimiento

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

P = Precipitación total anual (mm/año)

ETP = Evapotranspiración anual según Hargreaves (mm/año)

r = Coeficiente de correlación

La evapotranspiración potencial se ha determinado por la siguiente expresión

$$ETP = 0.0075 * RSM * TF * FA$$

$$RSM = 0.075 * (RA) * \sqrt{\frac{n}{N}}$$

$$FA = 1 + 0.06 * (AL)$$

Donde:

RSM = Radiación solar media

TF = Componente de temperatura

FA = Coeficiente de corrección por elevación

TF = Temperatura media anual (°F)

RA = Radiación extraterrestre (mm de agua / año)

(n/N) = Relación entre insolación actual y posible (%)

50 % (estimación en base a los registros)

AL = Elevación media de la cuenca (Km)

RSM = Radiación solar media

TF = Componente de temperatura

FA = Coeficiente de corrección por elevación

TF = Temperatura media anual (°F)

RA = Radiación extraterrestre (mm de agua / año)

(n/N) = Relación entre insolación actual y posible (%)

50 % (estimación en base a los registros)

AL = Elevación media de la cuenca (Km)

3. Precipitación efectiva

Para el cálculo de la precipitación efectiva, se asume que los caudales promedios registrados en la cuenca corresponden a una condición de equilibrio entre el aporte hídrico y la capacidad de retención. Bajo este supuesto, la precipitación efectiva se determinó utilizando el coeficiente de escurrimiento promedio, de modo que la proporción entre la precipitación efectiva y la precipitación total sea equivalente a dicho coeficiente de escorrentía.

$$PE = a_0 + a_1 P + a_2 P^2 + a_3 P^3 + a_4 P^4 + a_5 P^5$$

Donde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

i = Coeficiente del polinomio

A continuación, se muestra los valores límite de la precipitación efectiva y la tabla muestra los tres juegos de coeficientes, ai, que permiten alcanzar por interpolación valores de C.

Curva I : PE = P - 120.6 para P > 177.8 mm/mes

Curva II :

PE = P - 86.4 para P > 152.4 mm/mes

Curva III:

PE = P - 59.7 para P > 127.0 mm/mes

Tabla 64

Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva

Coefic	Curva I	Curva II	Curva III
a0	-0.047000	-0.106500	-0.417700
a1	0.009400	0.147700	0.379500
a2	-0.000500	-0.002900	-0.010100
a3	0.000020	0.000050	0.000200
a4	-5.00E-08	-2.00E-07	-9.00E-07
a5	2.00E-10	2.00E-10	1.00E-09

Nota. Generación de caudales mensuales en la sierra peruana – Meris II

4. Retención de la cuenca

Bajo el supuesto de que se mantiene un equilibrio entre el gasto y el aporte de la reserva de la cuenca, y considerando además que el caudal total es equivalente a la precipitación efectiva anual, la contribución de la reserva hídrica al caudal puede determinarse mediante las siguientes expresiones:

$$R_t = CM_i - P_t$$

$$CM_i = PE_i + G_t - A_t$$

Donde:

CMi = Caudal mensual (mm/mes)

PEi = Precipitación Efectiva Mensual (mm/mes)

Ri = Retención de la cuenca (mm/mes)

Gi = Gasto de la retención (mm/mes)

Ai = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

$Rj = Gi$ para valores mayores que cero (mm/mes)

$Rj = Ai$ para valores menores que cero (mm/mes)

5. Relación entre descargas y retenciones

Durante la estación seca, el aporte de la retención de la cuenca es el que alimenta a los ríos, dando lugar al caudal o descarga base. Hacia el final de este periodo, la reserva hídrica se consume progresivamente, por lo que la descarga durante la estación seca puede estimarse a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t)}$$

Donde:

Qt = Descarga en el tiempo t

$Q0$ = Descarga inicial

a = Coeficiente de agotamiento

t = Tiempo

Al inicio de la estación lluviosa, el proceso de agotamiento de la reserva hídrica se detiene y da paso al reabastecimiento de los almacenamientos de la cuenca. Este comportamiento se caracteriza por la existencia de un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. A partir del análisis de los hidrogramas, se ha determinado que el reabastecimiento es más intenso al

comienzo de la estación lluviosa, y luego continúa de manera gradual y menos marcada hasta el término de dicho periodo.

6. Coeficiente de agotamiento

A partir de la ecuación, es posible determinar el coeficiente de agotamiento “a” utilizando datos hidrométricos. Este coeficiente no permanece constante a lo largo de la estación seca, sino que disminuye de manera progresiva.

Sin embargo, para efectos prácticos, la variación del coeficiente “a” durante la estación seca puede despreciarse, adoptando un valor promedio representativo. Asimismo, el coeficiente de agotamiento de la cuenca presenta una relación de tipo logarítmica con el área de la cuenca.

Tabla 65

Coeficientes de agotamiento

Características de la cuenca	Ecuación del coeficiente de agotamiento
Agotamiento muy rápido, debido a temperatura elevada ($> 10^{\circ}\text{C}$) y retención reducida a mediana (50 mm/año – 80 mm/año).	$a = 0.034 - 0.00252*\text{LN}(AR)$
Agotamiento rápido, asociado a una retención entre (50 mm/año – 80 mm/año) y vegetación poco desarrollada (puna).	$a = 0.030 - 0.00252*\text{LN}(AR)$
Agotamiento mediano, correspondiente a una retención media (≈ 80 mm/año) y vegetación mixta (pastos, bosques y terrenos cultivados).	$a = 0.026 - 0.00252*\text{LN}(AR)$
Agotamiento reducido, debido a una alta retención (> 100 mm/año) y vegetación mixta (pastos, bosques y terrenos cultivados).	$a = 0.023 - 0.00252*\text{LN}(AR)$

Nota. Generación de caudales mensuales en la sierra peruana – Meris II

7. Almacenamiento hídrico

Tres tipos de almacenes hídricos naturales que inciden en la retención de la cuenca son considerados:

- Acuíferos

$$\Delta a = 315 - 750 * I \text{ (mm/año)}$$

Siendo:

LA = lámina específica de acuíferos

I = pendiente de desagüe: $I \leq 15\%$

- Lagunas y pantanos.

$$LL = 500 \text{ (mm/año)}$$

- Nevados.

$$N = 500 \text{ (mm/año)}$$

Las respectivas extensiones o áreas son determinadas de los mapas o aerofotografías. Los almacenamientos de corto plazo no son considerados para este caso, estando los mismos incluidos en las ecuaciones de la precipitación efectiva.

8. Abastecimiento de la retención

El abastecimiento hídrico durante la estación lluviosa presenta un comportamiento uniforme en cuencas situadas dentro de una misma región climática. En la región del Cusco, dicho proceso se inicia en el mes de noviembre con un 5 %, alcanzando aproximadamente en enero el 80 % del volumen total almacenado. Las precipitaciones intensas de febrero aportan el 20 % restante, mientras que las precipitaciones efectivas de marzo se evacúan principalmente por escorrentía, sin aportar a la retención. Los coeficientes mensuales, expresados como porcentaje del almacenamiento anual total, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 66*Porcentaje de almacenamiento hídrico*

REGI ON	OCT	NOV	DI C	ENE	F EB	MARZ	T OTAL
CUSCO	0	5	35	40	20	0	100
HUANCAVELICA	10	0	35	30	20	5	100
J UNI N	10	0	25	30	30	5	100
CAJ AMARCA	25	-5	0	20	25	35	100

Nota. tomado de “Generación de caudales mensuales en la sierra peruana – Meris II

La lámina de agua A_i que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la Precipitación Efectiva PEi. Se calcula mediante la ecuación:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right)$$

Siendo:

A_i = abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva (mm/mes)

a_i = coeficiente de abastecimiento (%)

R = retención de la cuenca (mm/año)

9. Determinación del caudal mensual para el año promedio

Está basado en la ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual a partir de los componentes descritos anteriormente:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Dónde:

CM_i = Caudal del mes i (mm/mes)

PE_i = Precipitación efectiva del mes i (mm/mes)

G_i = Gasto de la retención del mes i (mm/mes)

A_i = abastecimiento del mes i (mm/mes)

10. Generación de caudales para períodos extendidos

Con el objetivo de generar una serie sintética de caudales para períodos prolongados, se ha aplicado un modelo estocástico basado en la combinación de un proceso markoviano de primer orden, el cual se formula mediante la ecuación correspondiente e incorpora una variable de impulso, que en este caso corresponde a la precipitación efectiva.

$$Q_t = f(Q_{t-1})$$

$$Q = g(PE_t)$$

Con la finalidad de aumentar el rango de valores generados y obtener una óptima aproximación a la realidad, se utiliza además una variable aleatoria.

$$Z = z(S)\sqrt{(1 - r^2)}$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

$$\bar{Q}_t = B_1 + B_2(Q_{t-1}) + B_3(PE_t) + z(S)\sqrt{1 - r^2}$$

Dónde:

Q_t = Caudal del mes t

Q_{t-1} = Caudal del mes anterior

PE_t = Precipitación efectiva del mes

B_1 = Factor constante o caudal básico.

Se calcula los parámetros B_1 , B_2 , B_3 , r y S sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio por un cálculo de regresión con Q_t como valor dependiente y Q_{t-1} y PE_t , como valores independientes. Para el cálculo se recomienda el uso de software comercial (hojas electrónicas software Excel)

El proceso de generación requiere de un valor inicial, el cual puede ser obtenido en una de las siguientes formas:

- Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo
- Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes,
- Empezar con un caudal cero, calcular un año y tomar el último valor como valor Q₀ sin considerar estos valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado.

5.5.6.1. Generación de caudales mensuales para el año promedio

Tabla 67

Generación de la precipitación mensual

MES	Nº días	PRECIPITACIÓN MENSUAL			
		P total			
		mes	mm/mes	PE II mm/mes	PE III mm/mes
1	2	3	4	5	6
enero	31	119.16	25.40	41.20	35.00
febrero	28	110.83	21.88	38.70	32.10
marzo	31	99.97	17.65	35.39	28.43
abril	30	42.16	4.11	15.43	10.99
mayo	31	9.95	1.12	3.35	2.47
junio	30	5.67	0.65	1.73	1.30
julio	31	7.74	0.89	2.51	1.87
agosto	31	13.75	1.50	4.78	3.49
setiembre	30	16.02	1.71	5.63	4.09
octubre	31	42.12	4.10	15.41	10.97
noviembre	30	51.54	5.31	18.88	16.56
diciembre	31	90.76	14.45	32.48	25.41
TOTAL		609.67	98.76	215.49	172.70

Nota. Elaboración propia.

Tabla 68*Contribución de la retención*

MES	Nº días mes	CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCION			
		GASTO		ABASTECIMIENTO	
		bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)
1	2	7	8	9	10
enero	31	0.00	0.00	0.40	11.31
febrero	28	0.00	0.00	0.20	5.66
marzo	31	0.00	0.00	0.00	0.00
abril	30	2.88	3.96	0.00	0.00
mayo	31	2.98	4.10	0.00	0.00
junio	30	2.88	3.96	0.00	0.00
julio	31	2.98	4.10	0.00	0.00
agosto	31	2.98	4.10	0.00	0.00
setiembre	30	2.88	3.96	0.00	0.00
octubre	31	2.98	4.10	0.00	0.00
noviembre	30	0.00	0.00	0.50	14.14
diciembre	31	0.00	0.00	0.35	9.90
TOTAL		20.58	28.28	1.45	41.01

Nota. Elaboración propia.**Tabla 69***Caudales mensuales para el año promedio*

MES	Nº días mes	CAUDALES GENERADOS		
		Cmi mm/mes	Qi m ³ /seg	Qi ltrs/seg
1	2	11	12	13
enero	31	23.69	0.07	71.64
febrero	28	26.44	0.09	88.54
marzo	31	28.43	0.09	85.98
abril	30	14.94	0.05	46.70
mayo	31	6.57	0.02	19.88
junio	30	5.26	0.02	16.45
julio	31	5.97	0.02	18.07
agosto	31	7.59	0.02	22.97
setiembre	30	8.05	0.03	25.17
octubre	31	15.07	0.05	45.59
noviembre	30	2.42	0.01	7.56
diciembre	31	15.51	0.05	46.91
TOTAL		159.97	0.50	495.44

Nota. Elaboración propia.

5.5.6.2. Generación de caudales mensuales para períodos extendidos

Tabla 70

Caudales para periodos extendidos

Estaci ón :	Llullu chayoc		Altitud	3350	msnm	Latitud	13	16	53.36	Longit ud	71	34
Regió n	:	Proví ncia	Paucar tambo	Distrit o	: Paucartambo		13.281 4889			71.572 4472		
REGISTRO DE CAUDALES (Ltrs/seg)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	20.72	16.39	2.89	10.50	4.46	2.15	1.63	1.87	7.56	6.19	10.95	8.64
1965	21.43	16.02	25.17	12.86	9.35	1.91	0.41	2.86	9.77	10.27	7.51	21.31
1966	20.95	28.15	19.80	4.44	6.16	5.08	0.59	3.61	5.09	20.34	28.00	17.04
1967	16.88	22.04	33.31	19.85	7.30	5.50	0.76	5.88	7.13	14.45	14.79	17.73
1968	27.28	25.77	13.23	7.81	9.05	4.75	9.91	6.17	2.80	10.84	25.88	13.72
1969	26.00	21.84	20.60	16.44	4.95	7.63	3.00	1.00	1.04	5.50	19.74	21.36
1970	26.82	22.92	38.12	18.80	8.51	7.65	8.76	5.46	4.35	10.86	11.64	27.36
1971	27.05	29.58	37.84	26.51	8.16	6.21	6.93	11.09	4.45	11.76	11.32	17.28
1972	33.41	23.27	42.54	18.66	7.50	1.48	3.66	15.45	13.83	7.74	11.58	14.42
1973	30.16	24.99	21.68	19.12	11.34	9.91	8.24	6.21	3.93	1.32	6.21	14.63
1974	35.16	35.20	28.34	26.88	9.93	5.43	8.65	18.61	10.52	5.52	3.64	10.87
1975	29.22	27.20	14.95	8.13	9.97	7.68	5.60	6.01	7.43	6.98	5.71	11.38
1976	17.78	16.90	17.73	12.78	10.44	3.82	6.05	1.53	5.94	2.95	4.31	5.93
1977	6.45	10.71	8.24	5.36	11.19	4.52	6.82	8.02	4.20	11.30	8.84	12.51
1978	17.51	15.06	9.31	14.26	2.77	1.11	1.42	1.50	6.46	9.25	15.32	21.68
1979	14.33	7.66	18.26	13.98	3.95	2.08	4.43	5.34	2.55	5.48	11.94	13.47
1980	12.19	8.72	17.42	10.84	3.85	4.17	6.69	4.42	4.41	16.71	6.42	10.89
1981	10.21	24.08	23.24	6.32	7.28	8.18	1.22	10.13	8.73	14.38	15.71	19.55
1982	8.40	9.84	8.24	6.21	4.53	5.21	10.12	7.07	8.83	11.14	16.16	14.16
1983	12.58	13.87	14.12	13.02	7.34	3.23	4.82	7.51	7.07	3.15	10.10	16.29
1984	29.69	28.24	11.05	4.08	6.65	3.81	3.58	8.95	7.99	11.57	15.98	14.57
1985	29.26	29.35	29.59	15.32	3.83	0.52	2.77	0.77	11.61	12.78	32.39	19.44
1986	15.52	17.08	24.40	18.21	8.05	2.88	2.45	2.57	6.11	1.86	9.21	16.60
1987	45.94	19.23	10.76	9.54	6.43	3.00	2.17	6.58	5.22	7.92	24.65	19.53
1988	25.75	24.20	30.21	16.37	8.23	1.72	0.24	4.72	7.88	12.64	5.83	16.09
1989	27.40	27.36	23.91	14.35	3.52	7.06	4.28	3.67	10.73	9.99	12.15	14.29
1990	29.92	23.49	18.21	10.67	7.06	6.48	3.20	4.81	5.08	9.68	19.75	11.16
1991	9.97	22.40	14.13	5.25	6.90	7.81	4.78	10.08	7.16	4.11	4.81	6.54
1992	14.03	15.99	12.00	11.57	9.75	5.16	8.09	3.44	5.59	8.32	12.27	10.67
1993	31.70	24.65	16.91	12.52	11.96	6.15	4.68	9.83	8.80	12.73	14.82	27.51
1994	25.10	23.00	14.13	8.75	0.60	5.79	8.45	6.50	4.43	9.02	9.10	18.39
1995	13.62	21.91	37.54	13.41	13.53	6.73	1.76	0.12	3.68	7.70	8.49	11.30
1996	31.14	24.04	18.32	13.48	2.34	3.09	2.07	4.91	9.90	8.27	7.44	16.09
1997	14.95	26.53	13.58	8.11	5.63	2.36	2.36	5.17	8.21	6.03	13.48	21.66

1998	25.96	22.16	15.92	7.78	0.44	14.98	5.66	2.69	4.30	2.50	9.91	6.05
1999	15.48	30.73	20.03	15.30	5.71	2.60	13.08	8.55	8.19	6.53	6.51	18.11
2000	37.70	34.03	26.30	13.61	2.90	6.22	2.46	0.05	2.14	12.11	6.38	11.57
2001	30.15	31.46	32.05	19.46	14.80	6.47	0.76	2.94	4.07	15.97	18.90	12.43
2002	20.65	28.94	24.26	17.77	10.92	1.50	8.57	3.35	10.64	8.65	17.10	18.82
2003	26.01	27.22	23.59	14.02	4.92	1.90	1.16	1.70	6.49	16.44	11.04	20.29
2004	27.39	23.01	22.09	12.92	4.17	3.83	6.68	8.56	11.59	14.35	11.63	19.03
2005	19.89	27.39	24.01	6.24	0.68	4.78	2.73	1.57	5.13	6.87	9.33	11.54
2006	28.08	20.20	19.14	8.96	4.37	3.98	7.10	9.05	5.22	13.90	15.04	28.45
2007	32.40	16.57	24.96	16.92	11.30	6.15	4.16	3.04	11.75	14.15	13.47	20.96
2008	27.42	26.37	20.17	10.49	4.50	4.35	5.77	4.16	4.65	8.19	11.95	26.33
2009	27.32	32.17	23.27	12.22	6.16	8.32	5.59	3.23	6.85	8.44	21.08	15.88
2010	29.69	29.72	35.98	14.00	5.77	0.38	4.79	3.40	5.97	10.79	9.46	22.31
2011	29.45	29.86	32.20	17.78	8.71	4.63	3.14	2.65	3.65	8.71	8.83	44.60
2012	29.53	37.43	26.19	17.69	13.35	5.37	1.72	4.61	1.76	1.66	8.71	50.85
2013	34.34	33.03	28.47	13.80	10.51	10.98	1.46	8.88	9.02	21.50	11.73	24.57
2014	36.54	31.92	29.33	12.49	4.75	1.44	1.87	10.49	8.97	10.18	13.30	29.75
2015	29.23	34.56	27.47	23.96	12.84	6.49	7.43	1.21	3.58	8.06	19.56	23.82
2016	24.32	30.09	15.48	12.37	5.12	4.60	6.95	1.66	6.28	12.37	12.39	15.89
2017	25.88	26.84	24.02	9.93	5.84	2.74	1.88	6.10	8.36	7.39	9.84	14.12
2018	30.10	24.05	25.27	14.42	5.93	5.17	8.42	10.06	13.27	18.93	16.72	19.83
2019	41.62	30.27	33.89	11.73	10.56	5.45	1.15	4.12	7.73	12.47	22.95	19.53
2020	21.27	22.50	23.17	17.78	8.03	6.45	2.46	7.45	1.59	7.99	18.17	25.91
2021	23.46	23.49	27.01	13.00	12.32	6.90	5.26	5.92	2.50	4.22	15.25	24.26
2022	40.96	40.32	35.38	14.78	7.90	9.73	4.10	9.28	7.37	14.28	25.58	16.43
2023	20.85	26.22	22.96	10.53	1.30	0.59	6.47	6.56	3.46	14.48	15.11	21.23
2024	26.95	27.06	20.96	23.99	10.69	6.72	6.97	7.53	6.88	9.61	9.17	21.44

Nota. Elaboración propia.

5.5.7. Datos Hidrométricos – Información Histórica

En el presente estudio no se dispone de registros hidrométricos aforados de largo plazo en la cuenca de interés, situación común en cuencas altoandinas y rurales del Perú. Frente a esta limitación, se ha optado por la generación de caudales para períodos extendidos mediante el método de Lutz Schulz, el cual se basa en el análisis de la precipitación efectiva, la retención de la cuenca y el comportamiento estocástico del escurrimiento.

Los caudales obtenidos por este método representan el régimen hidrológico medio esperado de la cuenca, manteniendo la consistencia estadística, estacionalidad y variabilidad

interanual propias del sistema hidrológico, por lo que pueden emplearse como caudales equivalentes o sustitutos de caudales aforados para fines de análisis hidrológico y balance hídrico.

Asimismo, el método de Lutz Schulz ha sido ampliamente utilizado y validado en cuencas sin aforo, particularmente en regiones andinas, siendo recomendado cuando no existen series hidrométricas observadas, permitiendo extender la información hidrológica a horizontes temporales compatibles con el análisis de disponibilidad hídrica y demanda agrícola.

Tabla 71

Registro de caudales equivalentes a aforos cuenca Llulluchayoc

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Nro. Datos	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
Media	24.94	24.51	22.51	13.42	7.16	4.97	4.56	5.58	6.56	9.83	13.20	18.33
Desv.Std	8.45	6.94	8.43	5.13	3.44	2.77	2.93	3.63	2.97	4.50	6.15	7.81
C.V.	0.34	0.28	0.37	0.38	0.48	0.56	0.64	0.257	0.45	0.46	0.47	0.43
Q. máximo	45.94	40.32	42.54	26.88	14.80	14.98	13.08	18.61	13.83	21.50	32.39	50.85
Q. mínimo	6.45	7.66	2.89	4.08	3.52	0.38	0.24	0.05	1.04	1.32	3.64	5.93
k75%	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
Q. 50%	37.30	36.87	34.87	25.78	22.52	19.43	21.52	20.94	20.92	22.19	25.56	30.69
Q.75%	31.60	32.19	29.19	22.32	20.20	17.56	19.55	18.50	18.91	19.15	21.42	25.42
								máx.	32.19	feb		
								Min.	17.56	jul		

Nota. Elaboración propia, los resultados de esta tabla provienen del registro de caudales para períodos extendidos

5.5.8. Caudal Ecológico

Para la evaluación del caudal ecológico del río en estudio, se aplica la metodología establecida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), conforme a lo indicado en el Informe Técnico N.º 023-2012-ANA-DCPRH-ERH/SUP/GPT, difundido a nivel nacional mediante el Memorando Múltiple N.º 018-2012-ANA-DCPRH-ERH-SUP. En dicho documento se precisa el procedimiento para la determinación del caudal ecológico, señalando que, para ríos con caudales menores o iguales a 20 m³/s, durante el periodo húmedo de máximas avenidas (diciembre–abril)

se debe considerar el 10 % del caudal medio mensual, mientras que en el periodo de estiaje (mayo–noviembre) corresponde adoptar el 15 % del caudal medio mensual.

Tabla 72

Caudales disponibles

Q(ltrs/seg)	CAUDALES DISPONIBLES CUENCA LLULLUCHAYOC											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Q. 50%	37.30	36.87	34.87	25.78	22.52	19.43	21.52	20.94	20.92	22.19	25.56	30.69
Q. 75%	31.60	32.19	29.19	22.32	20.20	17.56	19.55	18.50	18.91	19.15	21.42	25.42
Q. Ecológico	3.73	3.69	3.49	2.58	3.38	2.91	3.23	3.14	3.14	3.33	3.83	3.07

Nota. Elaboración propia.

5.5.9. Balance Hídrico

El balance hídrico consiste en la evaluación comparativa entre la oferta y la demanda del recurso hídrico proveniente de los ríos de las cuencas. En el presente estudio, dicho análisis se realiza con la finalidad de identificar la existencia de déficit o superávit hídrico.

En este contexto, se determina de manera mensual la disponibilidad hídrica aportada por los ríos de cada cuenca, mientras que la demanda del proyecto considera la totalidad de las áreas de riego con aptitud para el desarrollo de las actividades agrícolas.

5.5.9.1. Oferta Hídrica

En la tabla siguiente se muestra la disponibilidad hídrica mensual de la cuenca Llulluchayoc correspondiente a una persistencia del 75 %, obtenida luego de descontar el caudal ecológico, el cual está asociado a un tramo específico del cauce. Este concepto se define como el caudal mínimo que debe mantenerse en un curso de agua al ejecutarse obras como presas, captaciones o derivaciones, con el fin de no alterar las condiciones naturales del biotopo y asegurar la conservación de la vida acuática del río.

La determinación del caudal ecológico se realiza a partir de un análisis detallado de los requerimientos mínimos de los ecosistemas presentes dentro del área de influencia de la infraestructura hidráulica, considerando que dicha intervención modifica, en cierta medida, el régimen natural de caudales del río.

Tabla 73*Oferta Hídrica de la cuenca Llulluchayoc*

OFERTA HIDRICA (ltrs/seg)			
MES	Q. 75%	Q. Ecológico	Q. oferta
Enero	31.60	3.73	27.87
Febrero	32.19	3.69	28.51
Marzo	29.19	3.49	25.70
Abril	22.32	2.58	19.74
Mayo	20.20	3.38	16.82
Junio	17.56	2.91	14.64
Julio	19.55	3.23	16.32
Agosto	18.50	3.14	15.36
Setiembre	18.91	3.14	15.78
Octubre	19.15	3.33	15.82
Noviembre	21.42	3.83	17.58
Diciembre	25.42	3.07	22.35

Nota. Elaboración propia.

5.5.9.2. Demanda hídrica con proyecto

La demanda hídrica con proyecto corresponde al volumen de agua requerido para el adecuado funcionamiento del sistema de riego propuesto, considerando las áreas agrícolas incorporadas, los cultivos planificados y las condiciones de la zona. Su determinación permite evaluar la compatibilidad entre la disponibilidad del recurso hídrico y los requerimientos del proyecto, asegurando un uso eficiente y sostenible del agua.

Tabla 74*Demanda hídrica del proyecto*

MES	DEMANDA (ltrs/seg)	
	DEMANDA DEL SIST RIEGO	
Enero		0.88
Febrero		0.00
Marzo		0.00
Abril		5.93
Mayo		11.13
Junio		14.67
Julio		12.29
Agosto		10.45
Setiembre		8.37
Octubre		7.45
Noviembre		1.22
Diciembre		0.00

Nota. Elaboración propia.

5.5.9.3. Balance hídrico

El balance hídrico es una herramienta fundamental para comparar la oferta y la demanda de agua dentro del ámbito del proyecto. Su análisis permite identificar períodos de superávit, en los que la disponibilidad hídrica es mayor que la demanda, así como períodos de déficit, donde el recurso resulta insuficiente para cubrir los requerimientos, constituyendo un criterio clave para la toma de decisiones en la planificación y gestión del sistema de riego.

Tabla 75*Balance Hídrico del sistema de riego*

MES	BALANCE HIDRICO (ltrs/seg)		
	Q. oferta	DEMANDA DEL SIST RIEGO	BALANCE
Enero	27.87	0.88	26.98
Febrero	28.51	0.00	28.51
Marzo	25.70	0.00	25.70
Abril	19.74	5.93	13.81
Mayo	16.82	11.13	5.69
Junio	14.64	14.67	-0.03
Julio	16.32	12.29	4.03
Agosto	15.36	10.45	4.91
Setiembre	15.78	8.37	7.40
Octubre	15.82	7.45	8.38
Noviembre	17.58	1.22	16.36

Diciembre	22.35	0.00	22.35
<i>Nota.</i> elaboración propia.			

5.5.10. Caudal de diseño

El caudal de diseño del proyecto se definió considerando dos condiciones hidrológicas fundamentales: los eventos de avenida y las condiciones de estiaje. Para el diseño de las estructuras hidráulicas expuestas a crecidas, como la captación, muros de encauzamiento y obras de protección, se adoptó el caudal máximo correspondiente a un período de retorno de 25 años, cuyo valor es de $4.05 \text{ m}^3/\text{s}$, obtenido del análisis de caudales máximos de la microcuenca Llulluchayoc.

Por otro lado, para garantizar la operación del sistema de riego durante la época de menor disponibilidad hídrica, se consideró el caudal mínimo de estiaje, el cual se presenta en el mes de junio, con un valor de $14.64 \approx 15 \text{ l/s}$, correspondiente al caudal de oferta hídrica. Este caudal refleja la condición más crítica del recurso disponible y asegura que el sistema funcione adecuadamente incluso en los meses de estiaje.

De esta manera, el caudal máximo se emplea para el diseño estructural y la seguridad hidráulica, mientras que el caudal mínimo de estiaje se utiliza para el diseño operativo del sistema de riego, logrando un equilibrio entre seguridad, funcionalidad y aprovechamiento eficiente del recurso hídrico.

Tabla 76

Caudal de diseño

Descripción	Valor	Observación
Caudal máximo de diseño	$4.05 \text{ m}^3/\text{s}$	Representa la cantidad de agua más grande que podría llegar en lluvias fuertes (cada 25 años).
Caudal mínimo de estiaje	15.00 l/s	Cantidad de agua más baja que representa el mínimo caudal de la serie de caudales calculados.

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO VI. ESTUDIO AGROLOGICO

6.1. Aspectos generales

El estudio agrológico tiene como finalidad conocer las características físicas y de uso del suelo del área de intervención del proyecto, con el propósito de sustentar técnicamente la viabilidad de implementar un sistema de riego. Este capítulo hará uso de la información secundaria proveniente de fuentes oficiales y observación del campo.

Este enfoque se justifica debido a que el área de estudio ubicada en el centro poblado de Parpacalla, presenta ya un uso agrícola definido, con cultivo tradicionales establecidos y prácticas agrícolas recurrentes. Por lo tanto, el análisis se centra en verificar la aptitud del suelo para riego considerando su textura superficial, pendiente, cobertura vegetal, drenaje natural y accesibilidad.

6.2. Descripción del área de estudio

El suelo del centro poblado de Parpacalla, se constituye por un conjunto de propiedades y características que permanecen generalmente estables a lo largo del tiempo y en diferentes espacios, producto de la interacción de factores climáticos, geológicos, bióticos y topográficos a lo largo del tiempo.

6.2.1. *Clima*

El área del proyecto se distingue por tener un clima templado y seco, con una clara distinción entre la estación húmeda y lluviosa y la estación seca. La temporada húmeda abarca de diciembre a marzo, aunque las lluvias comienzan a aparecer de menor manera en el mes de setiembre y terminan en abril. Por otro lado, la estación seca se extiende de mayo a agosto, siendo este periodo también cuando se registra una mayor exposición solar.

El clima de la zona del proyecto se caracteriza por una clara distinción entre la estación húmeda y la estación seca, lo que impacta directamente en las necesidades hídricas de los cultivos.

En este contexto, se presentan a continuación los principales parámetros meteorológicos que influyen en el diseño del sistema de riego.

6.2.1.1. Precipitación

En la figura se muestra la distribución mensual promedio de la precipitación en las estaciones representativas cercanas a la zona del proyecto de riego, estos datos son una muestra de los registros desde el año 1995-2019. Los registros diarios de precipitación de las estaciones se han sumado para obtener el total anual, como se observa a continuación:

Tabla 77

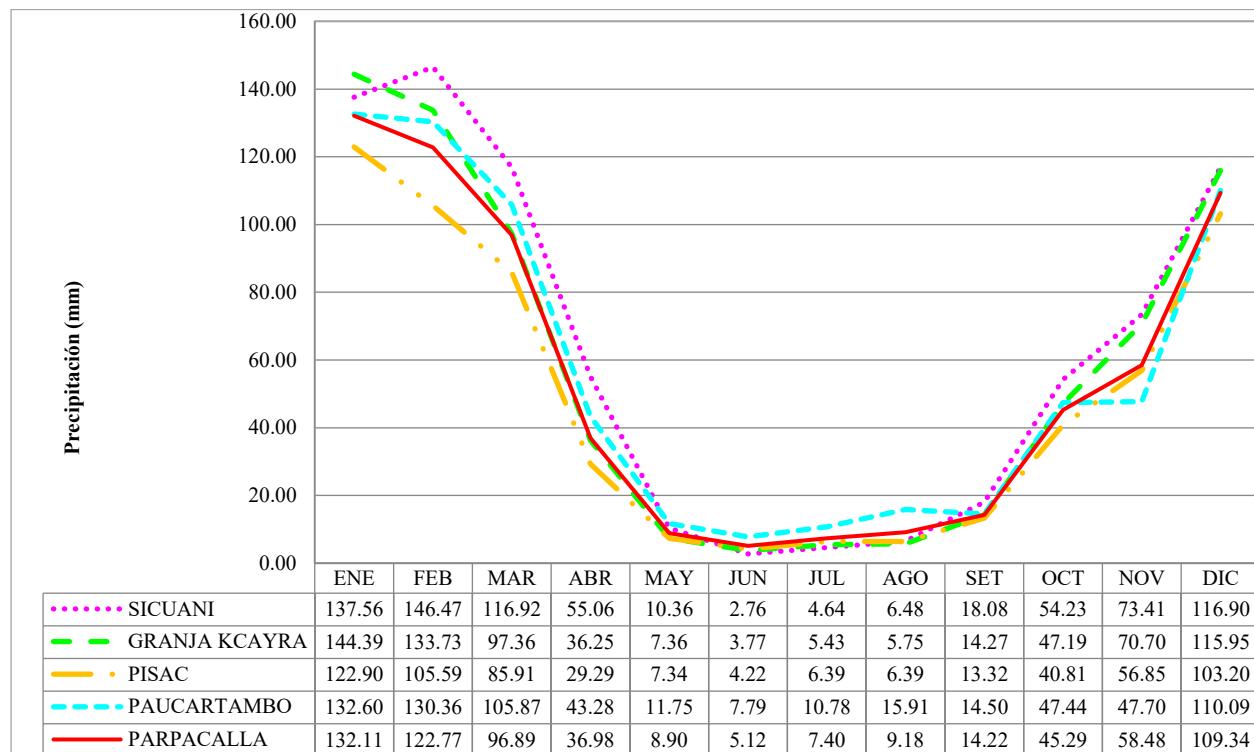
Registro de precipitaciones promedio mensual -Estación Inferida

ESTACION	ALTITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
SICUANI	3,574.00	137.56	146.47	116.92	55.06	10.36	2.76	4.64	6.48	18.08	54.23	73.41	116.90	742.86
GRANJA KCAYRA	3,219.00	144.39	133.73	97.36	36.25	7.36	3.77	5.43	5.75	14.27	47.19	70.70	115.95	682.16
PISAC	2,950.00	122.90	105.59	85.91	29.29	7.34	4.22	6.39	6.39	13.32	40.81	56.85	103.20	582.21
PAUCARTAMBO	3,092.00	132.60	130.36	105.87	43.28	11.75	7.79	10.78	15.91	14.50	47.44	47.70	110.09	678.06

ESTACION INFERIDA EN EL PUNTO DE INTERES

PARPACALLA	3100.0	132.11	122.77	96.89	36.98	8.90	5.12	7.40	9.18	14.22	45.29	58.48	109.34	646.68
------------	--------	--------	--------	-------	-------	------	------	------	------	-------	-------	-------	--------	--------

Nota. Elaboración propia. Se muestra el registro de las precipitaciones medias mensuales de las estaciones de referencia y de la zona de riego.

Figura 57*Precipitaciones promedio mensuales*

Nota. Elaboración propia.

6.2.1.2. Humedad relativa

El periodo lluvioso se prolonga aproximadamente desde diciembre hasta abril, como resultado de las precipitaciones características del verano en la zona andina. En cambio, la temporada árida comprende los meses de mayo a noviembre, provocando una disponibilidad inconstante del agua, lo que repercute en una distribución deficiente del recurso hídrico durante el año.

Dado que no se cuenta con registros históricos de humedad relativa en la zona específica del proyecto, se ha optado por utilizar los datos provenientes de la estación meteorológica de Sicuani, ubicada en una zona geográficamente cercana y con características altitudinales y climáticos similares. Esta estación representa una referencia valida, ya que las condiciones atmosféricas de ambas ubicaciones comparten patrones estacionales comparables, lo que permite

asumir con un margen razonable de confianza que los datos de humedad obtenidos son representativos del área de estudio.

Tabla 78

Registro de humedad de la estación de referencia (Paucartambo) para el área de estudio

REGISTRO DE HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1959	S/D	S/D	71.32	65.73	56.02	53.70	53.72	53.16	53.63	51.67	60.37	73.17	
1960	73.33	75.53	72.82	66.00	53.62	S/D	S/D	S/D	S/D	51.55	59.12	56.28	
1961	54.59	53.38	S/D	51.56	52.71	50.67							
1962	42.77	38.25	42.52	38.51	S/D								
2008	93.32	S/D											
MED.	66.01	55.72	62.22	56.75	54.82	53.70	53.72	53.16	53.63	51.59	57.40	60.04	
MAX.	93.32	75.53	72.82	66.00	56.02	53.70	53.72	53.16	53.63	51.67	60.37	73.17	
MIN.	42.77	38.25	42.52	38.51	53.62	53.70	53.72	53.16	53.63	51.55	52.71	50.67	

Nota. Elaboración propia.

6.2.1.3. Temperatura

Los datos de temperatura promedio registrados en la Estación Paucartambo la más cercana al área del proyecto y con características altitudinales similares durante el periodo 1995-2018, muestran que la temperatura media varía desde los 13.09°C en noviembre hasta los 10.13°C en junio. Asimismo, se han reportado temperaturas mínimas de hasta -8.0°C en junio y máximas de 28.5°C en octubre. Estos registros evidencian que, en esta zona, las temperaturas mínimas pueden descender considerablemente, alcanzando -8.0°C en junio y -4.8°C en diciembre, lo cual indica una alta probabilidad de heladas severas durante dichos meses.

Tabla 79

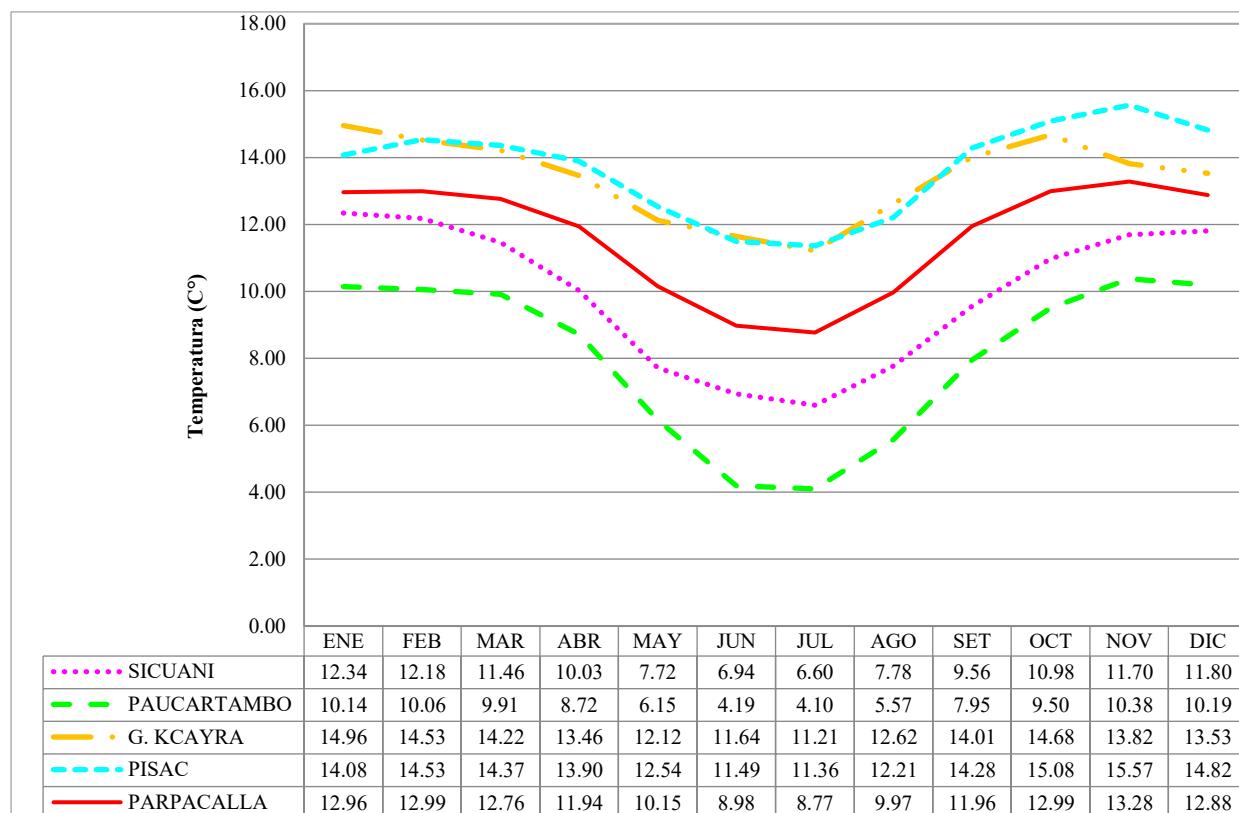
Registro de temperaturas de estaciones de referencia y estación inferida - Parpacalla

ESTACION	ALTITUD	TEMPERATURAS MEDIA MENSUAL (°C)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
SICUANI	3,574.00	12.34	12.18	11.46	10.03	7.72	6.94	6.60	7.78	9.56	10.98	11.70	11.80
PAUCARTAMBO	3,092.00	10.14	10.06	9.91	8.72	6.15	4.19	4.10	5.57	7.95	9.50	10.38	10.19
G. KCAYRA	3,219.00	14.96	14.53	14.22	13.46	12.12	11.64	11.21	12.62	14.01	14.68	13.82	13.53
PISAC	2,950.00	14.08	14.53	14.37	13.90	12.54	11.49	11.36	12.21	14.28	15.08	15.57	14.82
ESTACION INFERIDA EN EL PUNTO DE INTERES													
PARPACALLA	3100.0	12.96	12.99	12.76	11.94	10.15	8.98	8.77	9.97	11.96	12.99	13.28	12.88

Nota. Elaboración propia.

Figura 58

Temperatura promedio por estaciones



Nota. Elaboración propia.

6.2.2. Condiciones agroclimáticas

Las zonas altoandinas del Perú, como el centro poblado de Parpacalla, presenta un clima predominante templado-frio, con una marcada diferencia de temperatura entre el día y la noche.

La temporada de lluvias se concentra en ciertos meses del año, mientras que el resto del año es mayormente seco y frío, con heladas frecuentes.

Este clima influye directamente en la agricultura, permitiendo el cultivo de especies adaptadas a las altitudes, como la papa, el maíz, la quinua y otros productos típicos de la región. La ganadería también es común, especialmente la crianza de animales. Sin embargo, la variabilidad en la disponibilidad de agua para riego hace necesario un manejo adecuado de los recursos hídricos durante todo el año.

6.2.2.1. Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial (ETP) es un concepto fundamental en hidrología y agronomía ya que representa la máxima cantidad de agua que podría ser transferida desde la superficie terrestre a la atmósfera por medio de la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas, bajo condiciones óptimas de disponibilidad hídrica y cobertura vegetal completa (Instituto tecnológico agrario, 2020)

Este término fue introducido por Charles Thornthwaite en 1948, quien la definió como la cantidad máxima de agua que puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación que se desarrolla en condiciones óptimas y sin limitaciones en la disponibilidad de agua. (Instituto tecnológico agrario, 2020)

6.2.2.2. Evapotranspiración de referencia

La evapotranspiración de referencia (ETo) es un parámetro climático que representa la cantidad de agua transferida a la atmósfera por evaporación del suelo y transpiración de una superficie de referencia bien definida. Esta superficie se describe como una extensión amplia de césped de altura uniforme, en crecimiento activo que cubre completamente el suelo y no está sometida a estrés hídrico.

La ETo se emplea como base para estimar la evapotranspiración de los cultivos (ETc), ajustando la ETo mediante un coeficiente específico del cultivo (Kc) que refleja las características particulares de cada planta y su etapa de desarrollo.

✓ **Método de Hargreaves**

George Hargreaves planteó una fórmula para estimar la evapotranspiración de referencia (ETo) en zonas donde no se cuenta con información climática completa. Esta ecuación se basa en el uso de la temperatura media mensual (TMF), un factor mensual relacionado con la latitud (MF), un coeficiente de ajuste según la humedad relativa media mensual (CH), y un factor de corrección por la altitud del lugar (CE).

$$ETo = TMF * CH * CE * MF$$

Donde:

ETo: Evapotranspiración de referencia

TMF: temperatura media mensual

CH: factor de corrección para la humedad relativa

CE: Factor de corrección para la altura o elevación del lugar

MF: factor mensual de latitud

Además:

$$CR = 0.166 * \sqrt{(100 - HR)}$$

- ✓ Si $HR < 64\%$ entonces $CR = 1$

$$CE = 1 + 0.04 * \frac{E}{2000}$$

- ✓ E: Elevación del lugar (m.s.n.m.)

$$TMF = \frac{9}{5} * T(^{\circ}C) + 32$$

El factor mensual de latitud (MF) se obtiene mediante la siguiente tabla:

Tabla 80

Factor mensual de latitud de Hargreaves

Latitud	1 °	2 °	3 °	4 °	5 °	6 °	7 °	8 °	9 °	10 °	11 °	12 °	13 °	14 °	15 °
Ene.	2.788	2.317	2.353	2.385	2.416	2.447	2.478	2.508	2.358	2.567	2.596	2.625	2.652	2.680	2.707
Feb.	2.177	2.136	2.154	2.172	2.189	2.205	2.221	2.237	2.251	2.266	2.279	2.292	2.305	2.317	2.328
Mar.	2.197	2.182	2.167	2.151	2.134	2.117	2.099	2.081	2.062	2.043	2.023	2.350	1.981	2.340	2.937
Abr.	2.197	2.182	2.167	2.151	2.134	2.117	2.099	2.081	2.062	2.043	2.023	2.002	1.981	1.959	2.937
May.	2.137	2.108	2.079	2.050	2.020	1.980	1.959	1.927	1.896	1.864	1.832	1.799	1.767	1.733	1.700
Jun.	2.091	2.050	2.026	1.993	1.960	1.976	1.893	1.858	1.824	1.789	1.754	1.608	1.684	1.536	1.612
Jul.	2.216	2.194	2.172	2.130	2.126	1.103	2.078	2.054	2.028	2.003	1.976	1.719	1.922	1.648	1.867
Ago.	2.256	2.251	2.246	2.240	2.234	2.226	2.218	2.210	2.201	2.191	2.180	1.950	2.157	1.895	2.131
Set.	2.358	2.372	2.386	2.398	2.411	2.422	2.433	2.433	2.453	2.462	2.470	2.169	2.484	2.144	2.496
Oct.	2.358	2.372	2.386	2.398	2.411	2.422	2.433	2.433	2.453	2.462	2.470	2.477	2.484	2.490	2.496
Nov.	2.254	2.263	2.290	2.318	2.345	2.317	2.397	2.423	2.448	2.473	2.497	2.520	2.543	2.566	2.588
Dic.	2.265	2.301	2.337	2.372	2.407	2.442	2.476	2.510	2.544	2.577	2.610	2.643	2.675	2.706	2.738

Nota. Tomado de Gárnica F. (18 de junio del 2015) Tabla de factor de evapotranspiración referencia de Hargreaves.

El centro poblado de Parpacalla se encuentra en latitud 13.284°

Tabla 81

Valores de MF para la latitud correspondiente al centro poblado de Parpacalla

Latitud	14 °	13.281 °	15 °
Ene.	2.680	2.661	2.707
Feb.	2.317	2.309	2.328
Mar.	2.340	1.913	2.937
Abr.	1.959	1.259	2.937
May.	1.733	1.757	1.700
Jun.	1.536	1.482	1.612
Jul.	1.648	1.491	1.867
Ago.	1.895	1.726	2.131
Set.	2.144	1.892	2.496
Oct.	2.490	2.486	2.496
Nov.	2.566	2.550	2.588
Dic.	2.706	2.683	2.738

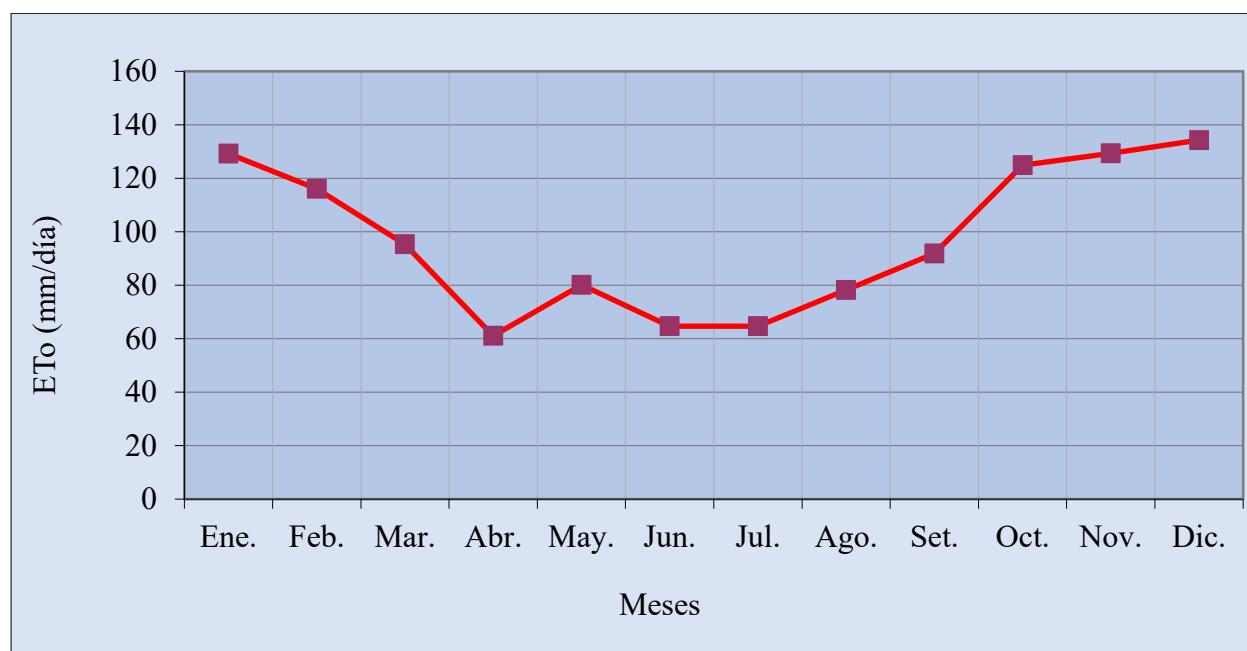
Nota. Elaboración propia. Se muestra los valores determinados para el valor de MF los cuales se obtienen de la interpolación de datos de la tabla de factor mensual de latitud de Hargreaves para la latitud correspondiente al centro poblado de Parpacalla.

Aplicando el método de Hargreaves se obtiene la siguiente tabla con los valores correspondientes mensuales para la evapotranspiración referencial ETo.

Tabla 82*Evapotranspiración referencial mensual - Método de Hargreaves*

mes	Temperatura Media Mensual (°C)	TMF	HR% Humedad Relativa	CH Fact de Correción H°	CE Factor de Corrección. de Altitud	MF Factor Mensual de Evapot	ETo (mm/mes)	Eto (mm/dia)
Ene.	12.96 °C	55.33 °F	66.01 %	0.968	1.067	2.661	129.2 mm/mes	4.17 mm/dia
Feb.	12.99 °C	55.39 °F	55.72 %	1.000	1.067	2.309	116.0 mm/mes	4.14 mm/dia
Mar.	12.76 °C	54.98 °F	62.22 %	1.000	1.067	1.913	95.4 mm/mes	3.08 mm/dia
Abr.	11.94 °C	53.49 °F	56.75 %	1.000	1.067	1.259	61.1 mm/mes	2.04 mm/dia
May	10.15 °C	50.27 °F	54.82 %	1.000	1.067	1.757	80.1 mm/mes	2.58 mm/dia
Jun.	8.98 °C	48.16 °F	53.70 %	1.000	1.067	1.482	64.7 mm/mes	2.16 mm/dia
Jul.	8.77 °C	47.79 °F	53.72 %	1.000	1.067	1.491	64.6 mm/mes	2.08 mm/dia
Ago.	9.97 °C	49.95 °F	53.16 %	1.000	1.067	1.726	78.2 mm/mes	2.52 mm/dia
Set.	11.96 °C	53.52 °F	53.63 %	1.000	1.067	1.892	91.8 mm/mes	3.06 mm/dia
Oct.	12.99 °C	55.39 °F	51.59 %	1.000	1.067	2.486	124.9 mm/mes	4.03 mm/dia
Nov.	13.28 °C	55.91 °F	57.40 %	1.000	1.067	2.550	129.3 mm/mes	4.31 mm/dia
Dic.	12.88 °C	55.18 °F	60.04 %	1.000	1.067	2.683	134.3 mm/mes	4.33 mm/dia

Nota. Elaboración propia.

Figura 59*Evapotranspiración referencial - Parpacalla*

Nota. Elaboración propia.

6.2.3. Pendientes

la pendiente hace referencia al nivel de inclinación que tiene una superficie del terreno en relación con una línea horizontal. Esta inclinación se expresa como un porcentaje, lo cual indica cuantos metros se eleva el terreno por cada 100 metros en dirección de la horizontal.

Cada tipo de forma del terreno observada en las imágenes satelitales se clasifica considerando, la pendiente predominante. Existen diversos criterios para definir los rangos de inclinación correspondientes a cada categoría de pendiente, como el que se muestra a continuación:

Tabla 83

Clases de pendiente

Pendiente del Terreno		
Símbolo	Descripción	Pendiente (%)
A	Plana a ligeramente inclinada	<4%
B	Moderada a fuertemente inclinada	4 a 15
C	Moderadamente empinada	15 a 25
D	Empinada	25 a 50
E	Muy empinada a extremadamente empinada	>50

Nota. Tomado del Ministerio de Agricultura. *Formas de tierra y clases de pendiente del departamento de Cajamarca* (2020). <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/1450/ANA0000190.pdf>

Las áreas del centro poblado de Parpacalla corresponde a laderas con una inclinación moderada con un porcentaje de pendiente del 17% como se muestra en la tabla anterior, de acuerdo a la clasificación de la pendiente este centro poblado pertenece a la clase C moderadamente empinada con un porcentaje de pendiente de 15 a 25.

6.3.Categorización de tierras según su aptitud para el uso más adecuado

La clasificación natural se fundamenta en la composición y disposición de los estratos u horizontes del perfil del suelo, evidenciando la influencia de los procesos pedogenéticos. En este enfoque, los suelos se consideran cuerpos naturales independientes, clasificados según sus

características internas y externas, prestando especial atención a los factores que afectan su capacidad de uso. Esta capacidad se entiende como la aptitud inherente del suelo para sostener una producción continua bajo prácticas de manejo y uso específicas.

Los estudios de suelos deben brindar información útil y práctica para el usuario. Por ello, es esencial una descripción morfológica detallada del cuerpo del suelo, su origen, propiedades y una interpretación clara de sus características. Esta interpretación debe estar expresada en un lenguaje accesible, que oriente sobre el uso adecuado de cada unidad edáfica, así como sobre las prácticas recomendadas para su manejo, tratamiento y conservación.

6.3.1. Grupo de capacidad de uso mayor

El grupo de capacidad de uso mayor es el nivel más general de la clasificación. Representa la vocación natural predominante de uso de la tierra de acuerdo a sus características ecológicas y edáficas. En este nivel se definen los grandes tipos de uso que son más apropiados para las tierras, en función de su sostenibilidad a largo plazo.

Los grupos establecidos son:

- **Grupo A – Cultivo en limpio**

Tierras aptas para el cultivo intensivo de productos agrícolas que requieren laboreo continuo del suelo (como hortalizas, cereales o tubérculos).

- **Grupo B – Cultivo permanente**

Tierras más apropiadas para especies arbustivas o arbóreas como frutales, café, cacao, etc., que no requieren roturación frecuente.

- **Grupo P – Pastos**

Suelos con limitaciones para cultivos, pero adecuados para el desarrollo de pastizales y la actividad ganadera.

- **Grupo F – Forestal**

Tierras con potencial para producción forestal, donde se recomienda mantener cobertura arbórea permanente.

- **Grupo X – Protección**

Tierras con vocación de conservación por sus fuertes limitaciones naturales o su importancia ecológica (pendientes extremas, cabeceras de cuenca, zonas erosionadas, etc)

6.3.2. Clase de capacidad de uso mayor

Las clases son subdivisiones dentro de cada grupo y se definen según la calidad agrologica del suelo y el grado de limitaciones para su uso productivo. Esta categoría mide el nivel de adecuación de la tierra para su uso principal y va de menor a mayor dificultad para el aprovechamiento sostenible.

- **Clase 1 – Alta calidad**

Tierras sin limitaciones importantes con alta fertilidad y condiciones físicas ideales para su uso específico.

- **Clase 2 – Calidad media**

Tierras con ciertas restricciones (como pendiente moderada, drenaje imperfecto o fertilidad media), pero aun productivas con prácticas de manejo adecuadas.

- **Clase 3 – Calidad baja**

Presentan limitaciones severas que restringen significativamente su uso o productividad sin intervenciones técnicas específicas.

6.3.3. Subclase de capacidad de uso mayor

La subclase es el nivel más específico del sistema y describe las limitaciones particulares que afectan el uso optimo del suelo. Estas limitaciones pueden ser de tipo físico, químico, climatico

o topográfico, se identifican con letras minúsculas acompañadas al código del grupo y clase. Una misma tierra puede tener más de una subclase si presenta múltiples restricciones.

Subclases reconocidas:

- e – erosión o susceptibilidad a la erosión
- d – drenaje deficiente o exceso de humedad
- p – pendientes pronunciadas o riesgos asociados a la topografía
- s – limitaciones del suelo como baja profundidad efectiva, presencia de pedregosidad, salinidad o baja fertilidad
- c – condiciones climáticas adversas, como temperaturas bajas, déficit hídrico, estacionalidad extrema, entre otros.

La clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor es un proceso fundamental para la planificación y gestión sostenible de los recursos naturales. Esta clasificación, conforme al Decreto Supremo N° 0005-2022-MIDAGRI, permite identificar la vocación natural del terreno y su adecuación para determinados tipos de uso, asegurando que los suelos se utilicen de manera eficiente y sostenible en función de sus características ecológicas y edáficas. En el caso de la zona de estudio del centro poblado de Parpacalla, la zona presenta características diversas que, al ser evaluadas, permiten determinar la mejor forma de aprovechar el terreno para actividades agrícolas y otras prácticas relacionadas.

A continuación, se realiza la clasificación de las tierras de Parpacalla de acuerdo con el grupo de capacidad de uso mayor, la clase y la subclase correspondientes, tomando en cuenta factores como la topografía, el uso actual de la tierra, las condiciones climáticas y las limitaciones que pudieran existir en el terreno.

- **Grupo de Capacidad de Uso Mayor:**

Dado que la actividad predominante en Parpacalla es la agricultura, la cual requiere de un laboreo continuo del suelo, el terreno se clasifica dentro del **Grupo A - Cultivo en limpio**. Este grupo es adecuado para tierras aptas para cultivos intensivos, como hortalizas, cereales o tubérculos, que demandan una preparación constante del suelo.

- **Clase de Capacidad de Uso Mayor:**

Considerando la pendiente moderada del 17% en la zona, que puede generar limitaciones para la actividad agrícola sin la implementación de prácticas adecuadas de manejo, la tierra se clasifica dentro de la **Clase 2 - Calidad media**. Aunque la pendiente representa un desafío, las tierras siguen siendo productivas si se aplican técnicas de conservación y manejo del agua, como el riego.

- **Subclases de Capacidad de Uso Mayor:**

La topografía de Parpacalla, con su pendiente del 17%, representa una limitación para el uso óptimo del suelo, lo que justifica la inclusión de la **Subclase p - Pendientes pronunciadas**, dado el riesgo de erosión en terrenos inclinados. Además, debido a la posibilidad de erosión asociada a esta pendiente, se incluye también la **Subclase e - Erosión**, que señala la susceptibilidad del suelo a perder su fertilidad sin un manejo adecuado.

6.4. Aspectos agronómicos

Los aspectos agronómicos comprenden el conjunto de características y requerimientos biológicos, fisiológicos y productivos de los cultivos que deben ser considerados para un manejo agrícola eficiente y sostenible. Estos aspectos incluyen el tipo de cultivo, su ciclo fenológico, necesidades hídricas, sensibilidad al estrés, características del suelo, densidad de siembra, época de cultivo, entre otros factores que influyen directamente en su desarrollo y rendimiento.

6.4.1. Coeficiente de cultivo Kc

El coeficiente de cultivo (Kc) es un parámetro adimensional que incorpora las particularidades fisiológicas del cultivo, así como las variaciones que presenta durante su desarrollo. Este valor permite cuantificar las diferencias existentes entre la evaporación del suelo y la transpiración del cultivo en estudio, en relación con las condiciones de un cultivo de referencia.

El valor de Kc refleja las diferencias en la proporción de agua que se pierde por evaporación directa del suelo y la transpiración a través de las hojas, en relación con la evapotranspiración de referencia (ETo). Dado que estas pérdidas cambian en función del desarrollo del cultivo, desde la etapa inicial, donde predomina la evaporación, hasta la etapa media, donde la transpiración es mayor. Por ello, se definen diferentes valores de Kc para cada fase del crecimiento: inicial, desarrollo, media y final.

Según la FAO (Allen et al., 2006), el uso adecuado del coeficiente de cultivo permite adaptar el riego a las necesidades reales del cultivo, mejorando así la eficiencia en el uso del recurso hídrico. Los valores del coeficiente de cultivo (Kc) permiten estimar los requerimientos hídricos del cultivo en función del tiempo y las condiciones específicas del lugar, lo cual facilita la elaboración de un plan de riego ajustado a sus necesidades reales.

Conocer la demanda hídrica del cultivo es fundamental para definir la cantidad de agua a aplicar en cada riego, lo que contribuye a una gestión eficiente del recurso y a la mejora del rendimiento agrícola (Allen et al., 2006).

6.4.1.1. Etapa fenológica

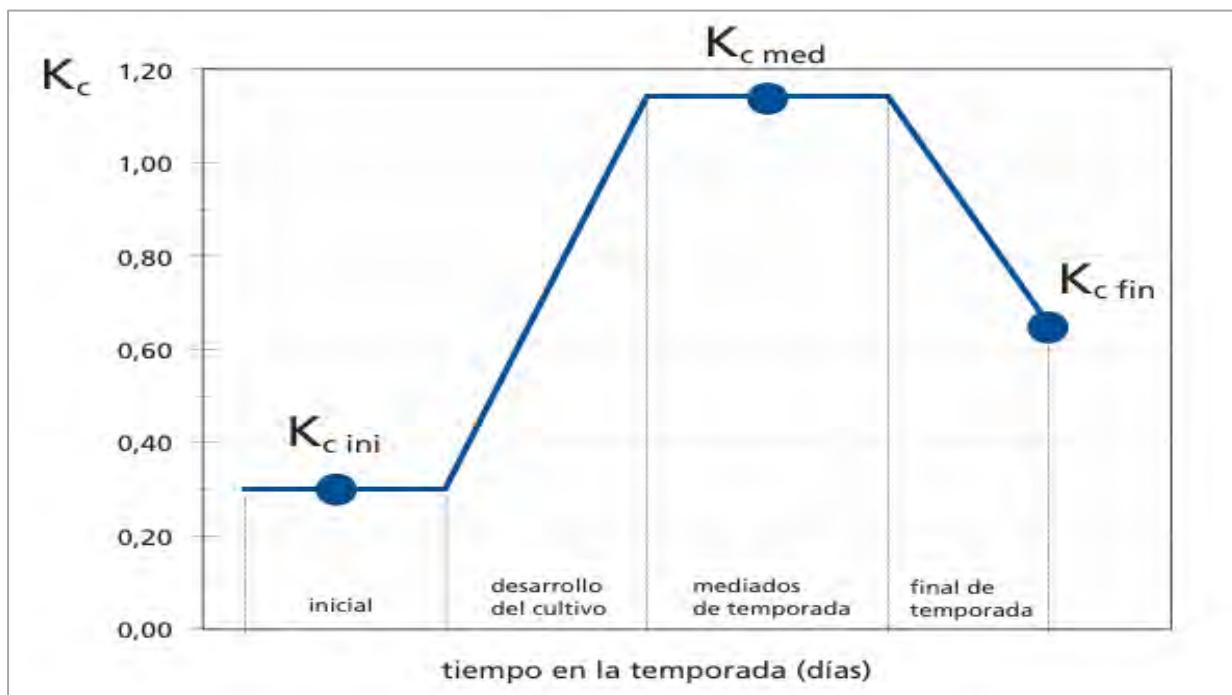
El coeficiente de cultivo (Kc) varía según las distintas fases del ciclo fenológico del cultivo. Durante las primeras etapas de crecimiento en cultivos extensivos o en la brotación de cultivos frutales, los valores de Kc son relativamente bajos. A medida que el cultivo expande su área foliar,

los valores de Kc aumentan. Los valores más altos de Kc se alcanzan en momentos específicos de desarrollo para cada tipo de cultivo. Posteriormente, cuando el cultivo comienza su proceso de madurez y senescencia, los valores de Kc disminuyen.

La FAO clasifica la curva de Kc en tres fases: Kc inicial, Kc medio y Kc final, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 60

Curva del coeficiente de cultivo



Nota. Tomado de estudio FAO Riego y Drenaje N°56. *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>

6.4.1.2. Variedad

Según Allen et al. (1998), la variedad de un cultivo tiene una influencia significativa en los valores de Kc, ya que diferentes variedades presentan características que afectan su comportamiento y, por ende, su demanda hídrica. Entre los aspectos que varían de una variedad a otra y que definen el valor de Kc se encuentran:

- **Porte de la planta:** El tamaño y la estructura general de la planta, que afectan la cantidad de superficie expuesta a la radiación solar y, por lo tanto, la evaporación y transpiración.
- **Tipo de injerto:** El pie de injerto puede influir en el desarrollo radicular y en la capacidad de la planta para acceder al agua del suelo, lo que repercute en el valor de Kc.
- **Desarrollo vegetativo y forma de la canopia:** Una canopia más densa o extensa puede incrementar la transpiración, lo que afecta los valores de Kc durante el crecimiento activo del cultivo.
- **Vigor de la planta:** Plantas más vigorosas tienen un crecimiento más rápido, una mayor transpiración y, por lo tanto, valores de Kc más altos en comparación con plantas menos vigorosas.

6.4.2. Coeficiente de cultivo Kc en Parpacalla

El manejo eficiente del agua en los cultivos es esencial para optimizar la producción agrícola, especialmente en regiones donde el recurso hídrico es limitado. Para lograr este objetivo, es fundamental conocer la demanda hídrica de cada cultivo, lo cual se calcula utilizando el coeficiente de cultivo (Kc). Este coeficiente permite ajustar las prácticas de riego según las necesidades específicas de cada especie en distintas etapas de su ciclo de desarrollo, lo que asegura un uso adecuado del agua y mejora el rendimiento de los cultivos.

En el centro poblado de Parpacalla, ubicada en la provincia de Paucartambo de la región Cusco, se cultivan una variedad de productos agrícolas adaptados a las condiciones climáticas y geográficas de la zona andina. Entre los principales cultivos de esta área se encuentran papa, haba, oca, alfalfa, avena y pasto (trébol rojo y ryegrass), que son fundamentales tanto para la seguridad alimentaria como para la economía local. A continuación, se presentan los valores de Kc para cada

uno de estos cultivos, los cuales varían dependiendo de la etapa fenológica en la que se encuentren, permitiendo una adecuada planificación y manejo de los recursos hídricos.

Tabla 84

Coeficientes de cultivo (Kc) para productos agrícolas en Parpacalla

Área		Año Agricola Con Proyecto											
Ha	%	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
8.00	20.00%			Papa 8.00 Ha. 20%						Avena 8.00 Ha. 20%			
4.00	10.00%			Haba 4.00 Ha. 10%						Oca 4.00 Ha. 10%			
3.00	7.50%			Oca 3.00 Ha. 7.5%						Haba 3.00Ha. 7.5%			
10.00	25.00%			Alfalfa 10.00 Ha. 25%									
9.00	22.50%			Avena 9.00 Ha. 22.5%						Papa 9.00 Ha. 22.5%			
6.00	15.00%					Pasto 6.00 Ha. 15%							
40.00	100.00%	24.00	40.00	40.00	40.00	40.00	27.00	25.00	40.00	40.00	40.00	40.00	29.00

Área		Kc de los cultivos											
Ha	%	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
8.00	20.00%	0.8	1.05	1.15	1	0.8	0.5		0.65	1.05	0.9	0.4	
4.00	10.00%		0.4	0.7	1.05	0.9			0.4	0.6	0.9	1.1	0.8
3.00	7.50%		0.4	0.6	0.9	1.1	0.8		0.4	0.7	1.05	0.9	
10.00	25.00%	1.05	1.15	0.85	1.05	1.15	0.85	1.05	1.15	0.85	1.05	1.15	0.85
9.00	22.50%		0.65	1.05	0.9	0.4		0.8	1.05	1.15	1	0.8	0.5
6.00	15.00%	0.9	1.05	0.7	0.9	1.05	0.7	0.9	1.05	0.7	0.9	1.05	0.7
40.00	100.00%	24.00	40.00	40.00	40.00	40.00	27.00	25.00	40.00	40.00	40.00	40.00	29.00

Nota. Datos tomados de Revistas UNAP. *Evaluación de los coeficientes de cultivo para productos andinos en la región Cusco.*
<https://revistas.unap.edu.pe>

6.5.Calidad del agua

La calidad del agua destinada al riego es un aspecto esencial para garantizar la sostenibilidad de los suelos agrícolas y el adecuado desarrollo de los cultivos. En el presente proyecto, se ha considerado necesario realizar un análisis detallado del recurso hídrico disponible en el punto de captación de la microcuenca de Llulluchayoc, con el fin de evaluar su aptitud para uso agrícola.

Para ello, se tomaron muestras de agua en dicho punto y se enviaron a un laboratorio especializado, donde se realizaron análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Entre los parámetros analizados se encuentran la conductividad eléctrica, el pH, los sólidos disueltos totales, la presencia de iones como calcio, magnesio, sodio, cloruros, así como la detección de coliformes.

El informe del laboratorio concluye que el agua analizada es apta para riego agrícola, lo cual respalda su uso en los cultivos establecidos en la zona de Parpacalla esta información es fundamental para una gestión eficiente del recurso hídrico, minimizando riesgos para la salud de los cultivos y evitando impactos negativos sobre el suelo.

Figura 61

Toma de muestras de agua para su análisis



Nota. Elaboración propia.



microlab
LABORATORIO MICROBIOLÓGICO
Telf.: 229773 - RPC. 969 772139
LABORATORIO CATEGORIZADO POR EL MINSA RESOLUCIÓN N° 0555-2015-DRSC

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUAS

Datos Generales	
Proyecto:	"IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGION CUSCO – AÑO 2024"
Solicita:	MARIA YUDIT SOLIS HILASACA
Número de muestra:	01
Comunidad:	Parpacalla
Sector:	Quebrada Llulluchayoc
Distrito:	Paucartambo
Provincia:	Paucartambo
Departamento:	Cusco
Fuente:	LLULLUCHAYOC
Fecha de obtención de la muestra:	20 de marzo del 2025
Hora de obtención de la muestra:

Parámetros FÍSICOQUÍMICOS	Unidad	Resultados	Valores Normales (para RIEGO)
1. pH	Unidades de pH	6.7	6.5-8.5
2. Calcio	mg/L	65.6	hasta 200
3. Magnesio	mg/L	36.96	hasta 150
4. Sodio	mg/L	191	hasta 200
5. Cloruros	mg/L	226.9	hasta 500
6. Conductividad	us/cm	493	hasta 2 500
7. Sulfatos	mg/L	170.7	hasta 1000
8. Bicarbonatos	mg/L	193	hasta 518
9. Hierro	mg/L	0.96	hasta 5.0
10. Boro	mg/L	0.55	hasta 1.0
11. Turbiedad	UNT	7.2
12. Dureza total CaCO ₃	mg/L	318.0	hasta 500
13. Total de sólidos disueltos	mg/L	405	hasta 2000
Conclusión	<i>Los valores obtenidos, se encuentran dentro de los límites permisibles. Se sugiere el uso del agua para RIEGO.</i>		

NOTA: SE CONSIDERAN LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA-D.S. N° 004-2017-MINAM.

METODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO: Los establecidos para cada ensayo.

- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente documento sin la autorización del Laboratorio.
- Los resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas.
- La toma de muestra no fue realizada por el laboratorio Microlab

25/03/2025

[Signature]
FIRMA DEL ANALISTA
ING. QUIMICO
CIP: 69919
MGT. EN EDUCACIÓN SUPERIOR

Urb. Mariscal Gamarra 1-D (1ra Etapa)
Atención: Lunes a Sábado de 7 a.m. a 8 p.m.
(Horario Corrido)

"Calidad y Rapidez a su Servicio"



microlab
LABORATORIO MICROBIOLÓGICO
Telf.: 229773 - RPC, 969 772139
LABORATORIO CATEGORIZADO POR EL MINSA RESOLUCIÓN N° 0555-2015-DRSC

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUAS

DATOS		
Proyecto:	"IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGION CUSCO – AÑO 2024"	
Solicita: Número de muestra:	MARIA YUDIT SOLIS HILASACA 01	
Comunidad:	Parpacalla	
Sector:	Quebrada Llulluchayoc	
Distrito:	Paucartambo	
Provincia:	Paucartambo	
Departamento:	Cusco	
Fuente:	LLULLUCHAYOC	
Fecha de obtención de la muestra:	20 de marzo del 2025	
Hora de obtención de la muestra:	
EXAMEN BACTERIOLÓGICO	RESULTADOS	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES}
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	7 NMP/100ml	CATEGORIA C3 [SUB D1 y D2] 1000 – 2000 NMP/100 ml
Conclusión	La muestra de agua, puede ser utilizada para fines de riego de vegetales y bebida de animales según los estándares de valores permisibles para este fin.	

NOTA: SE CONSIDERAN LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA-D.S. N° 004-2017-MINAM.

C3: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (sub categoría D1 y D2)

Concentración establecida:

- C3: Sub categoría D1 [Riego de vegetales] = 1000 – 2000 NMP/100ml
- C3: Sub categoría D2 [Bebida de animales] = 1000 NMP/100ml

METODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO: Los establecidos para cada ensayo.

- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente documento sin la autorización del Laboratorio.
- Los resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas.
- La toma de muestra no fue realizada por el laboratorio Microlab

25/03/2025

BIOERLAB CUSCO S.C.R.L.

[Signature]
Blga. Elizabeth Samanez Gibaje
MAESTRER EN BIOTECNOLOGIA

BIOERLAB CUSCO S.C.R.L.

[Signature]
Blga. Rocío M. Escalante
MAESTRER EN BIOTECNOLOGIA

Urb. Mariscal Gamarra 1-D (1ra Etapa)
Atención: Lunes a Sábado de 7 a.m. a 8 p.m.
(Horario Corrido)

"Calidad y Rapidez a su Servicio"

CAPITULO VII. DISEÑO AGRONOMICO

7.1. Elección del sistema de riego adecuado

La selección del método de riego es un aspecto fundamental en la gestión eficiente de los recursos hídricos en proyectos agrícolas. La elección del sistema adecuado depende de diversos factores, tales como las características del cultivo, las condiciones climáticas, el tipo de suelo, la topografía del terreno y la disponibilidad de agua. Un sistema de riego bien seleccionado no solo asegura el crecimiento óptimo de los cultivos, sino que también contribuye a la sostenibilidad del proyecto a largo plazo. En este contexto, se analizarán los diferentes métodos de riego disponibles, sus ventajas y limitaciones, y determinar el más adecuado para el proyecto de riego. El uso eficiente del agua es clave, especialmente en áreas donde este recurso es limitado, lo que resalta la importancia de tomar decisiones informadas en la selección del método de riego (Cocampo, 2024).

Según Cocampo, 2024, se presentan los criterios clave a considerar para la selección del sistema de riego:

7.1.1. *Características del Cultivo*

Cada especie vegetal tiene necesidades hídricas particulares. Es crucial conocer la cantidad de agua que requiere el cultivo durante sus diferentes etapas de crecimiento para seleccionar un sistema que satisfaga estas demandas sin excedentes ni carencias.

7.1.2. *Propiedades del Suelo*

El tipo de suelo influye en la retención y conducción del agua. Suelos arenosos drenan rápidamente y pueden necesitar riegos más frecuentes, mientras que suelos arcillosos retienen más agua, pero pueden presentar problemas de drenaje. Comprender estas características ayuda a ajustar el sistema de riego para evitar problemas como el encharcamiento o la desecación.

7.1.3. Topografía del Terreno

La pendiente y forma del terreno afectan la distribución del agua. En áreas inclinadas, el agua tiende a escurrirse, lo que puede requerir sistemas que aseguren una distribución uniforme y eviten la erosión.

7.1.4. Condiciones Climáticas

Factores como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y precipitación son determinantes en la evaporación y transpiración. En regiones cálidas y secas, se pueden necesitar sistemas que minimicen la evaporación, como el riego por goteo, mientras que, en climas más húmedos, el riego por aspersión podría ser más adecuado.

7.1.5. Disponibilidad y Calidad del Agua

La fuente de agua debe ser confiable y de calidad adecuada. Agua con alto contenido de minerales o contaminantes puede obstruir sistemas como el goteo. Además, es importante considerar la cantidad disponible para asegurar que satisfaga las necesidades del cultivo sin comprometer otros usos.

7.1.6. Recursos Económicos y Disponibilidad de Mano de Obra

La inversión inicial, costos de operación y mantenimiento son factores económicos que no deben subestimarse. Sistemas como el riego por goteo requieren mayor inversión inicial, pero pueden ofrecer ahorros a largo plazo debido a su eficiencia. Asimismo, la disponibilidad y capacitación de mano de obra influyen en la elección, ya que algunos sistemas requieren más atención y habilidad que otros.

La elección del sistema de riego más adecuado depende de diversos factores que afectan su rendimiento y eficiencia. Estos factores incluyen las características del cultivo, el tipo de suelo, la topografía, el clima, la disponibilidad de agua, y los costos económicos. A continuación, se

describen los principales tipos de sistemas de riego y sus características clave a tener en cuenta al momento de elegir.

Tabla 85

Comparación de métodos de riego y sus características

Método de riego	Características	Ventajas	Desventajas
Riego por aspersión	Utiliza rociadores que extensas. simulan la lluvia. Apta agua para terrenos planos o ligeramente inclinados	- Adecuado para cultivos en áreas extensas. - Buen control de la distribución de agua. - Apto para terrenos con pendientes suaves. - Eficiencia relativamente alta, especialmente en cultivos de gran superficie. - Menos invasivo para el suelo. - Posibilidad de usar en terrenos irregulares.	- Requiere mantenimiento regular para evitar obstrucciones.
Riego por goteo	Proporciona agua directamente a la base de la planta a través de tubos con gotero, ideal para cultivos de alta demanda.	- Muy eficiente en términos de agua, minimiza el desperdicio. - Ideal para cultivos de alto valor. - Ahorra energía y agua.	- Requiere instalaciones específicas y un mantenimiento riguroso para evitar taponamientos. - No es adecuado para grandes superficies si no se cuenta con tecnología avanzada.
Riego por gravedad	El agua fluye de forma natural a través de canales y surcos, aprovechando la pendiente del terreno	- Bajo costo inicial. - Fácil de instalar en terrenos planos.	- Alta pérdida de agua por evaporación y filtración. - Requiere grandes cantidades de agua y puede causar erosión del suelo.

Nota. La información contenida en esta tabla fue adaptada de FAO (2015), Manual de riego agrícola: Diseño y manejo de sistemas de riego (Vol. 1), Roma: FAO; Rodríguez, M. (2018), Riego por aspersión: Características y aplicaciones.

Al comparar los diferentes métodos de riego, el riego por aspersión se presenta como una opción destacada para proyectos agrícolas. Este sistema es ideal para cubrir grandes áreas de

cultivo, siendo efectivo en terrenos con ligeras pendientes. Además, su capacidad para distribuir el agua de manera más eficiente ayuda a aprovechar mejor los recursos hídricos, lo que es fundamental para la sostenibilidad del proyecto. A diferencia de otros sistemas, el riego por aspersión es menos invasivo para el suelo y puede adaptarse a terrenos irregulares, lo que lo convierte en una elección adecuada para optimizar el uso del agua en este tipo de cultivos.

7.2. Capacidad del sistema de riego

La capacidad del sistema representa la cantidad de agua que requieren los cultivos para desarrollarse adecuadamente en condiciones óptimas. Esto depende de factores climáticos, del tipo de cultivo y de su estado fenológico. El proyecto de riego para el centro poblado de Parpacalla, necesita de un análisis de la demanda hídrica de los principales cultivos, para esto se emplearán los coeficientes de cultivo (K_c) y datos climáticos locales, con el objetivo de diseñar una propuesta de riego eficiente y sostenible.

La capacidad del sistema de riego estar dada por la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{A * L_b}{F * T}$$

Donde:

Q_s : capacidad del sistema de riego (m³/día)

A : área del terreno en m²

L_b : lamina bruta en m

F : frecuencia de riego en días

T : tiempo de operación del sistema en hr/día

La determinación de la capacidad del sistema de riego se basa en los lineamientos metodológicos establecidos por la FAO (Doorenbos & Pruitt, 1977; Allen et al., 1998), el USBR y la ASCE, los cuales señalan que el caudal de diseño debe calcularse en función del volumen total de agua

requerido por los cultivos (lámina bruta) sobre el área a regar, considerando la frecuencia de riego y el tiempo operativo del sistema. Bajo este enfoque, la capacidad del sistema representa una formulación ampliamente utilizada en manuales de ingeniería de riego y adoptada en normas técnicas de la Autoridad Nacional del Agua del Perú.

7.2.1. Aprovechamiento del agua en el riego

El aprovechamiento del agua para riego hace referencia al porcentaje del volumen de agua que, tras ser aplicado, permanece disponible en la zona radicular del cultivo, es decir, el agua que efectivamente es aprovechada por las plantas. Esta eficiencia se expresa comúnmente en porcentaje o como litros de agua útil retenida en el suelo por cada 100 litros aplicados al terreno.

El valor de dicha eficiencia está influenciado por factores como la extensión de la parcela, ya que existe una relación proporcional entre ambas variables. En contextos donde se dispone de varias parcelas, se debe considerar una ecuación específica que permita evaluar adecuadamente el rendimiento del sistema de riego en su conjunto:

$$\text{Eficiencia global} = \frac{\sum(\text{área parcela}_i \times \text{eficiencia})}{\text{área total}}$$

En zonas rurales como lo es el centro poblado de Parpacalla, el riego por gravedad es el método más empleado por los agricultores. Sin embargo, este sistema suele presentar bajas eficiencias a nivel de parcela, con valores promedio cercanos al 40%, según lo reportado por CONAGUA (2010). Esta baja eficiencia limita el área efectiva que puede ser regada y además, incrementa la presión sobre las fuentes de agua, al requerirse mayores volúmenes para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos.

Por otro lado, Yague J. (1992). Indica que los valores considerados para los diferentes tipos de riego contemplan valores como:

- **Riego por aspersión:**

Este sistema simula la lluvia, distribuyendo el agua en forma de gotas sobre el cultivo. Su eficiencia varía entre el 60% y el 85%, dependiendo de factores como el diseño del sistema y las condiciones climáticas.

- **Riego por goteo:**

Considerado uno de los sistemas más eficientes, suministra agua directamente a la base de cada planta a través de goteros. Su eficiencia se encuentra entre el 75% al 90% en condiciones óptimas. Sin embargo, una gestión inadecuada puede reducir su rendimiento.

- **Riego por inundación (a manta):**

Este método implica inundar el campo con agua, permitiendo que se infiltre en el suelo. Es uno de los sistemas menos eficientes, con eficiencias del 60% al 80%, debido a las altas pérdidas por evaporación y escorrentía.

- **Riego por surcos o caballones:**

Consiste en dirigir el agua a lo largo de surcos o canales formados entre líneas de cultivo. Su eficiencia es moderada, generalmente entre el 50% y el 70%, dependiendo de la uniformidad en la distribución del agua y las características del terreno.

El valor de la eficiencia de aplicación utilizado para el riego por aspersión en este proyecto será del 85%, dado que es el sistema elegido para su implementación. Este valor se considera adecuado debido a la capacidad del sistema para distribuir el agua de manera eficiente, garantizando una cobertura uniforme sobre los cultivos, bajo condiciones controladas de presión y diseño. La eficiencia de este sistema es superior a la de los métodos tradicionales por gravedad, lo que permite un uso más optimizado del recurso hídrico, especialmente en condiciones de riego programado en áreas con terrenos irregulares o de difícil acceso.

7.2.2. *Cedulas de cultivo y su aptitud para el riego*

Para calcular la capacidad del sistema de riego, se procederá a determinar el Kc ponderado, que representa un valor único de coeficiente de cultivo que, de manera global, permite calcular la evapotranspiración del cultivo (ETc). Este proceso se aplica a los cultivos desarrollados por los agricultores del centro poblado de Parpacalla, cuyos datos se encuentran en la Tabla 71. Los valores de Kc correspondientes a cada cultivo se multiplican por el área respectiva de cada parcela, y luego se suman todos los Kc obtenidos. Finalmente, este total se divide entre el área total de las parcelas para obtener el Kc ponderado mensual. Este enfoque asegura una estimación más precisa de la evapotranspiración para todo el conjunto de cultivos, considerando sus características particulares y su distribución en el terreno.

El Kc ponderado es utilizado para calcular de manera precisa la evapotranspiración de cultivos cuando se tienen diferentes áreas de cultivo con distintos coeficientes de cultivo. Este método se fundamenta en la necesidad de realizar una aproximación promedio que refleje la influencia de todos los cultivos presentes en el área total. Al ponderar los valores de Kc según el área de cada cultivo, se obtiene un coeficiente de cultivo representativo, adecuado para estimar la demanda hídrica total en un sistema de riego agrícola. (FAO, 2011)

$$Kc_{ponderado} = \frac{\sum(Kc_i * A_i)}{\sum A_i}$$

Donde:

- Kc_i : coeficiente de cultivo para cada cultivo i (dependiendo de la etapa fenológica del cultivo)
- A_i : área correspondiente a cada cultivo i
- $\sum(Kc_i * A_i)$: suma de los valores de Kc multiplicados por las áreas respectivas de cada cultivo.

- $\sum A_i$: suma de las áreas de todos los cultivos considerados

Principalmente para el análisis agrícola de la microcuenca se elaboró la **cédula de cultivo sin proyecto**, en la cual se identifican los cultivos actualmente manejados por los agricultores, considerando sus superficies, calendarios de siembra y cosecha, así como sus requerimientos hídricos. Esta cédula representa la situación real y permite determinar la demanda hídrica actual del sistema. Posteriormente, se planteó la cédula de cultivo con proyecto, donde se mantienen los cultivos base, aquellos que predominan en la zona por su importancia productiva y permanencia anual y se incorporan cultivos de rotación, seleccionados para diversificar la producción, mejorar la fertilidad del suelo y optimizar el uso del agua. La comparación entre ambas cédulas permite evidenciar los beneficios del proyecto, especialmente el incremento en la productividad y la mejora en la programación del riego.

Seguidamente, a partir de los cálculos realizados, se obtiene la siguiente tabla de K_c ponderado, la cual refleja el valor promedio de los coeficientes de cultivo para los productos cultivados en el centro poblado de Parpacalla.

Tabla 86*Cédula de cultivo antes y después del proyecto*

Área		Año Agrícola Sin Proyecto											
Ha	%	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
8.00	20.00%												
		Papa 8.00 Ha. 20%											
4.00	10.00%												
		Haba 4.00 Ha. 10%											
3.00	7.50%												
		Oca 3.00 Ha. 7.5%											
10.00	25.00%												
		Alfalfa 10.00 Ha. 25%											
9.00	22.50%												
		Avena 9.00 Ha. 22.5%											
6.00	15.00%												
		Pasto 6.00 Ha. 15%											
40.00	100.00%	24.00	40.00	40.00	40.00	40.00	27.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00

Área		Año Agrícola Con Proyecto											
Ha	%	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
8.00	20.00%												
		Papa 8.00 Ha. 20%											
4.00	10.00%												
		Haba 4.00 Ha. 10%											
3.00	7.50%												
		Oca 3.00 Ha. 7.5%											
10.00	25.00%												
		Alfalfa 10.00 Ha. 25%											
9.00	22.50%												
		Avena 9.00 Ha. 22.5%											
6.00	15.00%												
		Pasto 6.00 Ha. 15%											
40.00	100.00%	24.00	40.00	40.00	40.00	40.00	27.00	25.00	40.00	40.00	40.00	40.00	29.00

Tabla 87*Kc Ponderado Mensual de los Cultivos en Parpacalla*

Área		Año Agrícola Con Proyecto											
Ha	%	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
8.00	20.00%	0.8	1.05	1.15	1	0.8	0.5		0.65	1.05	0.9	0.4	
4.00	10.00%		0.4	0.7	1.05	0.9			0.4	0.6	0.9	1.1	0.8
3.00	7.50%		0.4	0.6	0.9	1.1	0.8		0.4	0.7	1.05	0.9	
10.00	25.00%	1.05	1.15	0.85	1.05	1.15	0.85	1.05	1.15	0.85	1.05	1.15	0.85
9.00	22.50%		0.65	1.05	0.9	0.4		0.8	1.05	1.15	1	0.8	0.5
6.00	15.00%	0.9	1.05	0.7	0.9	1.05	0.7	0.9	1.05	0.7	0.9	1.05	0.7
40.00	100.00%	24.00	40.00	40.00	40.00	40.00	27.00	25.00	40.00	40.00	40.00	40.00	29.00

Área	SET	0CT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
	24.00	40.00	40.00	40.00	40.00	27.00	25.00	40.00	40.00	40.00	40.00	29.00
8.00	6.4	8.4	9.2	8	6.4	4	0	5.2	8.4	7.2	3.2	0
4.00	0	1.6	2.8	4.2	3.6	0	0	1.6	2.4	3.6	4.4	3.2
3.00	0	1.2	1.8	2.7	3.3	2.4	0	1.2	2.1	3.15	2.7	0
10.00	10.5	11.5	8.5	10.5	11.5	8.5	10.5	11.5	8.5	10.5	11.5	8.5
9.00	0	5.85	9.45	8.1	3.6	0	7.2	9.45	10.35	9	7.2	4.5
6.00	5.4	6.3	4.2	5.4	6.3	4.2	5.4	6.3	4.2	5.4	6.3	4.2
Kc pond.	0.93	0.87	0.90	0.97	0.87	0.71	0.92	0.88	0.90	0.97	0.88	0.70

7.2.3. *Evapotranspiración del cultivo*

La evapotranspiración del cultivo (ETc) es la cantidad total de agua que necesita un cultivo para desarrollarse adecuadamente, considerando tanto la evaporación del agua desde el suelo como la transpiración del agua a través de las plantas. Se calcula multiplicando la evapotranspiración de referencia (ETO), por el coeficiente de cultivo (Kc). (Allen et al., 2006)

$$ETc = ETo * Kc$$

Tabla 88

Evapotranspiración del Cultivo Calculada a partir del Kc Ponderado

Meses	(Kc) ponderado	(Eto) Hargreaves(mm/es)	(Etc) (mm/mes)	(Etc) (mm/dia)
Enero	0.93	129.230	120.076	3.87
Febrero	0.87	115.998	101.063	3.61
Marzo	0.90	95.362	85.706	2.76
Abril	0.97	61.070	59.390	1.98
Mayo	0.87	80.089	69.477	2.24
Junio	0.71	64.716	45.780	1.53
Julio	0.92	64.631	59.719	1.93
Agosto	0.88	78.187	68.903	2.22
Setiembre	0.90	91.836	82.537	2.75
Octubre	0.97	124.874	121.284	3.91
Noviembre	0.88	129.316	114.121	3.80
Diciembre	0.70	134.282	94.460	3.05

Nota. Elaboración propia.

7.2.4. *Requerimientos Hídricos*

El agua es un recurso esencial para el desarrollo de los cultivos especialmente en zonas donde las lluvias no son suficientes o regulares. Conocer cuánta agua necesitan las plantas y como suministrarla adecuadamente es clave para una agricultura eficiente.

7.2.4.1. Lámina neta

La lámina neta es la cantidad real de agua que necesita un cultivo y que debe quedar almacenada en el suelo para que la planta pueda aprovecharla. Esta cantidad varía según el tipo de cultivo, la etapa de crecimiento en la que se encuentra, el tipo de suelo y las condiciones climáticas. La lámina neta representa, por tanto, el volumen exacto de agua que el cultivo requiere para satisfacer su demanda sin considerar pérdidas.

Este dato se expresa generalmente en milímetros (mm) y equivale a los milímetros de agua por metro cuadrado de superficie. (J. Pérez, 2004)

$$\text{Lámina neta} = (CC - PM) * Z * p$$

Donde:

Ln: lámina neta de riego (mm)

CC: capacidad de campo % (fracción decimal)

PM: punto de marchitez % (fracción decimal)

Z: profundidad efectiva de la raíz (m)

P: porcentaje de aprovechamiento del agua disponible por el cultivo

- **Capacidad de campo**

Es el contenido de humedad que el suelo retiene después de que el exceso de agua ha drenado y la velocidad de drenaje ha disminuido. Se expresa como porcentaje de volumen, los valores típicos para CC se presentan a continuación:

Tabla 89

Valores de la Capacidad de campo con respecto a la textura del suelo

Textura	C.C. (%)
Arcilloso	48
Arcillo limoso	45
Franco arcilloso	41
Franco limoso	38
Limoso	36
Franco	31
Limo-arenoso	27
Arenoso limoso	18
Franco arenoso	16
Arenoso franco	14
Arenoso	12

Nota. Tomado de Valdez R. & Oblitas N. (tesis) Ampliación y mejoramiento del servicio de agua para riego tecnificado en el sector Estrellapampa de la comunidad campesina de Pomacanchi, distrito de Pomacanchi - Acomayo – Cusco

Según el Estudio Agrológico de la región Cusco realizado por el INIA, los suelos de la zona media de la provincia de Paucartambo presentan texturas predominantemente franco arcillosas, con buena capacidad de retención de agua y estructura granular. (INIA, 2015).

De acuerdo con observaciones en campo, el suelo del centro poblado de Parpacalla presenta características físicas compatibles con un suelo franco arcilloso, como buena retención de humedad, color oscuro, estructura friable, y buena respuesta al laboreo, lo cual ha sido corroborado por la experiencia de los agricultores de la zona. Por ende, se asumirá la capacidad de campo correspondiente a un suelo de textura franco arcilloso C.C = 41%.

- **Punto de marchitez**

Es el contenido de humedad en el suelo al cual las plantas no pueden extraer agua y se marchitan permanentemente. También se expresa como porcentaje.

Tabla 90

Valores del punto de marchitez con respecto a la textura del suelo

Textura	P.M. (%)
Arcilloso	19
Arcillo limoso	18
Franco arcilloso	17
Franco limoso	16
Limoso	16
Franco	13
Limo-arenoso	1
Arenoso limoso	8
Franco arenoso	7
Arenoso franco	6
Arenoso	5

Nota. Tomado de Valdez R. & Oblitas N. (tesis) Ampliación y mejoramiento del servicio de agua para riego tecnificado en el sector Estrellapampa de la comunidad campesina de Pomacanchi, distrito de Pomacanchi - Acomayo – Cusco

Para fines de este estudio, y considerando que el suelo predominante en Parpacalla presenta características de suelo franco arcilloso, se asume un valor referencial de PMP del 17%, conforme a los valores expresados en la tabla anterior y teniendo en cuenta la textura que presenta el suelo en el centro poblado de Parpacalla.

- **Profundidad efectiva de las raíces (Z):**

La profundidad efectiva de las raíces se refiere a la zona del perfil del suelo donde las raíces del cultivo se desarrollan activamente y extraen la mayor parte del agua y nutrientes necesarios para su crecimiento. Esta profundidad no es igual para todos los cultivos, ya que depende de factores como el tipo de planta, su etapa de desarrollo, el tipo de suelo y las condiciones climáticas.

En suelos fértiles y bien estructurados, los cultivos pueden desarrollar raíces más profundas. Sin embargo, en suelos compactados, poco aireados o con limitaciones físicas o

químicas, la profundidad efectiva puede ser mucho menor, limitando así la capacidad del suelo para almacenar y suministrar agua al cultivo.

Tabla 91

Profundidades efectivas de raíces por cultivo

Cultivo	Prof. Efectiva (m)
Papa	0.6
Haba	0.9
Oca	0.5
Alfalfa	0.7
Avena	0.9
Pasto (Trébol Rojo - Rye Gras)	0.6

Nota. Tomado de FAO (1990). *Guía de campo de los cultivos andinos*. <https://www.fao.org/4/ai185s/ai185s.pdf>.

- **Porcentaje de aprovechamiento del agua disponible (p)**

El porcentaje de aprovechamiento del agua disponible es el porcentaje del agua almacenada en el suelo que puede ser efectivamente utilizada por las raíces de las plantas. Este valor depende de varios factores como el tipo de suelo, la textura, la profundidad de las raíces y la fase de crecimiento del cultivo. (FAO, 1990)

El valor del porcentaje de aprovechamiento de agua disponible depende de la profundidad de las raíces y de la capacidad del suelo para retener agua. En general, los suelos con mayor capacidad de retención de agua y mejor desarrollo de raíces permiten un mayor porcentaje de aprovechamiento.

Tabla 92*Porcentaje de aprovechamiento del agua disponible para diferentes cultivos*

Cultivo	Aprov. del agua disp. (%)
Papa	60
Haba	60
Oca	60
Alfalfa	70
Avena	60
Pasto (Trébol Rojo - Rye Gras)	60

Nota. Tomado de FAO (1990). Guía de campo de los cultivos andinos.
<https://www.fao.org/4/ai185s/ai185s.pdf>.

7.2.4.2. Lámina bruta

La lámina bruta es la cantidad total de agua que se debe aplicar en el campo, teniendo en cuenta que parte de esa agua se pierde durante el riego, ya sea por escurrimiento, evaporación o infiltración profunda. Es decir, la lámina bruta incluye un “extra” de agua para compensar esas pérdidas y lograr que finalmente el cultivo reciba la lámina neta que necesita. (INIA, 2017)

Este valor depende del tipo de sistema de riego utilizado. En el riego por aspersión, que será el método aplicado en este proyecto, la eficiencia de aplicación es mayor que en otros métodos como el riego por surcos o gravedad, lo que significa que se pierde menos agua y, por lo tanto, se necesita aplicar una lámina bruta menor para cumplir con la demanda del cultivo.

La lámina bruta se calcula dividiendo la lámina neta entre la eficiencia del sistema de riego. Si se sabe que el sistema de riego tiene una eficiencia del 85%, se necesitará aplicar un poco más de agua que la estrictamente requerida para compensar las pérdidas.

$$\text{Lámina bruta} = \frac{\text{Lámina neta}}{\text{eficiencia del sistema de riego}}$$

A continuación, se presenta el cálculo de la lámina neta y la lámina bruta de riego, las cuales permiten estimar la cantidad de agua que requiere el cultivo y la cantidad total que debe aplicarse, considerando la eficiencia del sistema de riego.

7.2.4.3. Frecuencia de riego

La frecuencia de riego indica cada cuántos días se debe regar un cultivo para que siempre tenga la humedad que necesita para crecer bien. Esta decisión depende de varios aspectos como el tipo de suelo, qué tan profundas son las raíces del cultivo y cuánta agua puede retener el terreno.

7.2.4.4. Tiempo de operación diaria del sistema (T)

El tiempo de operación del sistema de riego hace referencia al número de horas durante las cuales el sistema funciona cada día para suministrar el agua necesaria a los cultivos. Este valor se determina en función de las necesidades hídricas, el caudal del sistema y la superficie a regar. Para el presente proyecto, se ha establecido un tiempo de operación de 12 horas diarias, lo cual se considera adecuado para cubrir eficientemente la demanda de agua de los cultivos seleccionados, aprovechando al máximo la capacidad del sistema de riego por aspersión y adaptándose a las condiciones locales del centro poblado de Parpacalla.

7.2.5. Cálculo de la capacidad de riego

Para evaluar la viabilidad del sistema de riego propuesto, es fundamental comparar el caudal de oferta con el caudal de demanda. Este análisis permite determinar si el recurso hídrico disponible es suficiente para cubrir los requerimientos del área a regar.

Tabla 93*Capacidad del sistema*

Cultivo	Área (m ²)	CC (cap. Campo)	PM	Prof. Efectiva (m)	Aprov. del agua disp. (%)	Ln (m)	Eficiencia riego (%)	Lb(m)	Frecuencia (días)	Tiempo (hrs/día)	Qs (m ³ /día)
Papa	80000	0.41	0.17	0.6	0.6	0.086	0.85	0.102	6	12	112.94
Haba	40000	0.38	0.17	0.9	0.6	0.113	0.85	0.133	6	12	74.12
Oca	30000	0.36	0.17	0.5	0.6	0.057	0.85	0.067	6	12	27.94
Alfalfa	100000	0.31	0.17	0.7	0.7	0.069	0.85	0.081	6	12	112.09
Avena	90000	0.27	0.17	0.9	0.6	0.054	0.85	0.064	6	12	79.41
Pasto (Trébol Rojo - Rye Gras)	60000	0.18	0.17	0.6	0.6	0.004	0.85	0.004	6	12	3.53
Total	400000										410.03 m³/dia

Nota. Elaboración propia. La tabla muestra el cálculo del caudal de demanda del sistema de riego para el centro poblado de Parpacalla, en un área total de 40 Ha.

7.2.6. Demanda de agua mensual

La demanda de agua mensual corresponde a la cantidad de agua que se necesita distribuir durante cada mes del año, con el fin de asegurar el riego adecuado de toda el área agrícola contemplada en el proyecto. Este cálculo permite conocer cómo varía el requerimiento hídrico a lo largo del tiempo, lo que resulta clave para planificar la disponibilidad del recurso, organizar los turnos de riego y garantizar el funcionamiento eficiente del sistema.

Para este análisis se ha determinado el caudal mensual requerido, tanto en sus valores máximos como mínimos, según las condiciones climáticas de la zona y la superficie a regar. Esta información permite prever en qué meses se necesitará una mayor dotación de agua y en cuáles será posible reducir el suministro sin afectar la producción.

El resultado de este análisis se presenta en la siguiente tabla, donde se detallan los valores mensuales de la demanda de agua expresados en volumen y caudal. Estos datos sirven de base para el diseño técnico del sistema de riego y para asegurar que el abastecimiento de agua sea oportuno y suficiente durante todo el año agrícola.

Tabla 94*Distribución mensual de la demanda de agua del sistema de riego*

CULTIVOS	%	ÁREA (ha)	VALORES DE Kc											
			MESES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Papa		8.00	0.80	1.05	1.15	1.00	0.80	0.50		0.65	1.05	0.90	0.40	
Haba		4.00		0.40	0.70	1.05	0.90			0.40	0.60	0.90	1.10	0.80
Oca		3.00		0.40	0.60	0.90	1.10	0.80		0.40	0.70	1.05	0.90	
Alfalfa		10.00	1.05	1.15	0.85	1.05	1.15	0.85	1.05	1.15	0.85	1.05	1.15	0.85
Avena		9.00		0.65	1.05	0.90	0.40		0.80	1.05	1.15	1.00	0.80	0.50
Pasto (Trébol Rojo)		6.00	0.90	1.05	0.70	0.90	1.05	0.70	0.90	1.05	0.70	0.90	1.05	0.70
AREA CULTIVADA		40.00	24.00	40.00	40.00	40.00	40.00	27.00	25.00	40.00	40.00	40.00	40.00	29.00
Kc pond.			0.93	0.87	0.90	0.97	0.87	0.71	0.92	0.88	0.90	0.97	0.88	0.70
Número de días del mes			30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00
Eto HARGREAVES (mm/mes)			129.23	116.00	95.36	61.07	80.09	64.72	64.63	78.19	91.84	124.87	129.32	134.28
Etc Uso consuntivo (mm/mes)			120.08	101.06	85.71	59.39	69.48	45.78	59.72	68.90	82.54	121.28	114.12	94.46
PE Pp Efectiva FAO - USDA Cropwat (mm/mes)	Ef. Apli=	0.40	118.30	122.10	100.10	52.00	55.60	21.30	35.20	56.30	72.10	112.30	112.60	96.40
(NRn) Necesidad de requerimiento Neto (mm/mes)	Ef. Distri=	0.95	1.78	-21.04	-14.39	7.39	13.88	24.48	24.52	12.60	10.44	8.98	1.52	-1.94
(Er) Eficiencia de riego	Ef. Cond=	0.98	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
(NRb) Necesidad de requerimiento Bruto (mm/mes)			4.77	-56.49	-38.65	19.85	37.26	65.74	65.84	33.84	28.03	24.12	4.08	-5.21
(NRb) Necesidad de requerimiento Bruto (m3/ha)			47.70	-564.89	-386.51	198.45	372.65	657.37	658.41	338.42	280.27	241.24	40.84	-52.09
Número de Horas de Riego			12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
(Mr) Módulo de riego (litros/seg/has.)			0.04	-0.42	-0.30	0.15	0.28	0.54	0.49	0.26	0.21	0.19	0.03	-0.04
(A) Area del proyecto (ha)			24.00	40.00	40.00	40.00	40.00	27.00	25.00	40.00	40.00	40.00	40.00	29.00
(D) Demanda de agua del Proyecto (litros/seg)			0.88		5.93	11.13	14.67	12.29	10.45	8.37	7.45	1.22		
Volumen Requerido por ha (m3/ha)			0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Lamina neta (mm/7dia)			0.16			0.64	1.20	2.35	2.12	1.13	0.90	0.80	0.13	

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO VIII. DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

8.1. Aspectos generales

El diseño de las estructuras de riego tiene como finalidad garantizar una captación, conducción, almacenamiento y distribución eficiente y sostenible del recurso hídrico, en función de las necesidades agrícolas del centro poblado de Parpacalla. Estas estructuras deben adaptarse a las condiciones topográficas, hidrológicas y climáticas del entorno, asegurando su operatividad durante el tiempo de vida útil del sistema de riego.

Las estructuras que conforman un sistema de riego deben diseñarse bajo criterios técnicos que consideren la protección de las fuentes de agua, la eficiencia en la conducción y la minimización de perdida y la facilidad de operación y mantenimiento. Así mismo, es importante que cada componente esté dimensionado en base al caudal de diseño, la demanda hídrica y las características físicas del terreno.

El sistema de riego propuesto está compuesto por una bocatoma tipo tirolesa para la captación de recurso hídrico, una cámara de captación que regula el ingreso del caudal, un desarenador para remover sedimentos, una línea de conducción mediante tuberías, un reservorio de almacenamiento y una red de distribución que permitirá el suministro controlado del agua hacia las parcelas agrícolas del centro poblado de Parpacalla.

8.2. Características de la quebrada Llulluchayoc

El diseño hidráulico de la estructura de captación se fundamenta en el análisis del comportamiento del agua, tanto en condiciones de flujo como en estado de reposo. Este diseño debe cumplir con ciertos criterios fundamentales, tales como:

- Garantizar la estabilidad del cauce durante el paso del caudal de diseño.
- Asegurar de forma continua el ingreso del caudal requerido a la captación.

- c) Minimizar la entrada de material sólido al sistema.
- d) Incorporar un sistema de compuertas que impida la acumulación de sedimentos y elementos flotantes frente a la captación

Características de la quebrada Llulluchayoc

Tabla 95

Características de la quebrada Llulluchayoc

Descripción	Dato
Coordenadas	8531105N, 221193E
Pendiente del cauce	5%
Cota del cauce	3350 msnm
Ancho medio del cauce	4.5
Caudal máximo de avenida (25 años)	4.05 m ³ /seg
Caudal de diseño	15.00 ltrs/seg

Nota. Elaboración propia.

8.3.Obra de Captación

Según la FAO (1992) las obras de captación son estructuras hidráulicas diseñadas para interceptar y derivar el agua desde una fuente natural, como un río, quebrada o manantial hacia un sistema de conducción o almacenamiento con fines agrícolas, poblacionales o industriales. Su función principal es permitir la toma de agua de forma segura, continua y controlada, minimizando la entrada de sólidos, sedimentos y caudales no deseados al sistema de riego.

8.3.1. Bocatoma:

La bocatoma es una estructura fundamental dentro de las obras de captación de un sistema de riego, ya que permite obtener el suministro necesario de agua de manera controlada desde una fuente superficial, como un río, canal o quebrada, con la finalidad de conducirla a las siguientes etapas del sistema. Su función principal es captar el caudal de diseño necesario, evitando el ingreso

de sedimentos gruesos, sólidos flotantes y caudales excesivos que podrían afectar el funcionamiento del sistema.

El diseño de una bocatoma debe responder a las características hidrológicas del cauce, el tipo de suelo, la pendiente del terreno y la disponibilidad de recursos para su construcción y mantenimiento. Además, debe prever posibles crecidas del río, sedimentación y problemas de erosión, garantizando su estabilidad estructural y operatividad durante todo el año agrícola.

Existen diversos tipos de bocatomas, entre las más utilizadas se encuentran:

- **Tirolesa o caucasiana**

Las tomas de tipo tirolesa o caucasianas tienen estructuras de captación dentro de la sección del azud, en un espacio que se encuentra dentro del azud, el cual está protegido usualmente por una rejilla que impide la entrada de materiales gruesos. No se recomienda en ríos con arrastre de sedimentos intensos, ya que podrían obstruir rápidamente las rejillas.

- **Directa**

La toma directa se realiza mediante una estructura sumergida que usualmente es un brazo fijo del río, permitiendo que fluya un caudal mayor al que se va captar. Su principal ventaja es que no requiere la construcción de un barraje o azud, que normalmente representa un costo adicional en las obras de riego. Sin embargo, su desventaja es que puede ser fácilmente obstruida durante las crecidas, además permite que los sedimentos ingresen al canal de derivación.

- **Mixta o convencional**

La toma mixta o convencional implica la captación del agua mediante el cierre del río con una estructura llamada azud o presa de derivación. Este azud puede ser fijo o móvil, dependiendo del material empleado. Si el azud es fijo, se emplea un material rígido, generalmente concreto, mientras que, si es móvil, se emplearán compuertas de acero o madera. La captación se realiza a

través de una ventana, la cual puede funcionar como un orificio o un vertedero, dependiendo del nivel de agua en el río.

- **Móvil**

La toma móvil se emplea para generar la carga hidráulica a través de un barraje móvil. Estas tomas son necesarias cuando existe una gran variación entre el nivel de agua en la época de estiaje y en la de avenidas, ya que requieren un barraje bajo, pero con compuertas que ajustan el nivel de agua necesario para captar el caudal deseado. Este tipo de barraje permite el paso de los materiales arrastrados por el agua. Su ventaja principal es que deja pasar los materiales de arrastre por encima de la cresta de barraje o azud.

❖ Criterio de selección de la bocatoma

La zona del proyecto se caracteriza por una quebrada con pendiente moderada, caudales que presentan un bajo arrastre de sedimentos, lo que permite emplear un sistema de captación sencillo y eficiente. Es en este contexto que se propone una bocatoma de tipo tirolesa, cuya estructura de captación se encuentra empotrada dentro del propio azud, protegida por rejillas que impiden el ingreso de materiales gruesos.

Dado que el arrastre de sedimentos es mínimo, se reduce significativamente el riesgo de obstrucción de las rejillas, lo cual hace viable esta alternativa. Además, esta solución evita la necesidad de construir canales abiertos u otras obras mayores, lo que se traduce en menores costos de ejecución, fácil mantenimiento y mínima alteración del cauce natural. Su diseño también favorece su implementación en entornos rurales.

Por tanto, este tipo de bocatoma se adapta adecuadamente a las condiciones hidráulicas, topográficas y operativas de la zona, lo cual garantiza una captación eficiente del recurso hídrico para el sistema de riego proyectado.

8.3.2. Componentes de la bocatoma

Diversos factores determinan el tipo de bocatoma a emplear, entre ellos se encuentra el régimen del río, los sólidos transportados, el caudal requerido para la captación, las condiciones del lecho y la sección transversal del río, las características del terreno para la cimentación, la disponibilidad de materiales de construcción y el presupuesto destinado para la realización del proyecto.

Los componentes principales de una bocatoma convencional son las siguientes:

- **Muros de encausamiento**

El muro de encauzamiento en una bocatoma cumple la función esencial de dirigir y controlar el flujo del agua hacia la estructura de captación, evitando que el caudal se disperse o genere erosiones laterales que puedan comprometer la estabilidad de la obra de captación

- **Presa derivadora**

También conocida como cortina, azud o barraje, se trata de una estructura construida de forma transversal al cauce del río, cuya finalidad es elevar el nivel del agua (tirante) para permitir su ingreso de manera eficiente a través de la ventana de captación. Este tipo de represa no busca almacenar agua sino, generar las condiciones necesarias para su derivación hacia el sistema de conducción. Además, está formada por las siguientes estructuras:

- **Barraje o azud**

Un barraje o azud es una estructura hidráulica construida transversalmente en el cauce de un río con el propósito de elevar el nivel del agua sin llegar a almacenarla de forma significativa. Su principal función es facilitar la derivación del caudal hacia una bocatoma o sistema de captación. Dependiendo de las condiciones del río y del proyecto, puede ser construido en concreto, mampostería y debe garantizar una adecuada resistencia hidráulica y estructural.

- ***Disipador de energía o colchón amortiguador***

El disipador de energía, también conocido como colchón amortiguador, es un elemento hidráulico diseñado para reducir la velocidad del agua una vez que esta ha pasado por la estructura de la bocatoma, como un barrage o vertedero. Su función principal es disipar la energía cinética del flujo para evitar fenómenos erosivos aguas abajo, protegiendo tanto la estructura como el cauce del río. Generalmente, se construye con una combinación de canaletas, bloques deflectores o superficies rugosas, y su diseño debe adaptarse al caudal, pendiente y características del terreno.

- **Toma o captación**

La toma o captación es el componente de la bocatoma encargado de recoger el agua del río o quebrada y conducirla hacia el sistema hidráulico, ya sea para riego, consumo humano u otros. Su diseño debe garantizar un ingreso eficiente del caudal requerido, evitando la entrada de sedimentos, residuos y organismos que puedan afectar la infraestructura o la calidad del agua. Para ello suele contar con estructuras como rejillas, compuertas y cámaras de sedimentación, adaptadas a las condiciones específicas del río y al propósito del sistema.

- ***Ventana de captación***

La ventana de captación es la abertura ubicada en la estructura de toma que permite el ingreso controlado del agua desde el río hacia el sistema de conducción. Su diseño debe asegurar un flujo estable y continuo, evitando la entrada de sólidos grandes, sedimentos en exceso o elementos flotantes. Generalmente está equipado con rejillas, compuertas u otros dispositivos de control que regulan el caudal captado, protegen la infraestructura y optimizan el funcionamiento del sistema hidráulico aguas abajo.

- ***Compartimiento de limpia***

El compartimiento de limpia es una sección dentro de la estructura de captación destinada a la evacuación de sedimentos, sólidos gruesos y flotantes que ingresan junto con el agua del río. Su objetivo es mantener la eficiencia del sistema evitando obstrucciones o desgaste prematuro en las estructuras aguas abajo. Generalmente se ubica en una zona lateral o inferior respecto a la ventana de captación y cuenta con compuertas o canales que permiten la descarga controlada de estos materiales hacia el cauce del río.

- ***Compuertas***

Las compuertas son dispositivos de control hidráulico instalados en las estructuras de captación con el fin de regular, interrumpir o permitir el paso del agua en diferentes puntos del sistema. Se utilizan para gestionar el caudal que ingresa por la ventana de captación, facilitar la limpieza de sedimentos en el comportamiento de limpia o manejar los excesos de agua a través de los aliviaderos.

8.3.3. *Diseño hidráulico*

8.3.3.1. Ancho de encausamiento (B)

El ancho de encauzamiento es la distancia que debe tener el cauce en un tramo específico para conducir de manera segura el caudal máximo esperado, especialmente en el diseño de bocatomas, canales o defensas ribereñas. El objetivo es evitar erosión en los márgenes, perdidas de terreno o desbordes durante eventos extremos (como avenidas de 25 o 50 años de periodo de retorno).

Debido a que los ríos y canales son sistemas naturales complejos, no existe una única fórmula exacta. Por eso, se emplean métodos empíricos, como los propuestos por Blench, Altunin y Petit. Tomándose el promedio de los tres para una mejor aproximación.

$$B = \frac{(Br_1 + Br_2 + Br_3)}{3}$$

❖ Ancho según Blench:

$$Br_1 = 1.81 * \sqrt{\left(Q_{av} * \frac{F_b}{F_s} \right)}$$

Donde:

Q_{av} : caudal máximo de avenida

F_b : factor de fondo

F_s : factor de orilla

Tabla 96

Factores de fondo para Blench

Material	Fs
Suelto, arenoso	0.8
Ligeramente cohesivo	1.2
Cohesivo	0.8

Nota. Tomado de Novoa, R. (1991). Ingeniería de ríos. Instituto panamericano de geografía e historia (IPGH).

Tabla 97

Factores de orilla para Blench.

Material	Fb
Fino	0.8
Grueso	1.2

Nota. Tomado de Novoa, R. (1991). Ingeniería de ríos. Instituto panamericano de geografía e historia (IPGH).

❖ Ancho según Altunin:

$$Br_2 = a * \frac{\sqrt{Q_{av}}}{\sqrt[5]{S}}$$

Donde:

Q_{av} : caudal máximo de avenida

S : pendiente promedio

a : parámetro que caracteriza al río

Tabla 98

Parámetros característicos para Altunin

Río	a
Rocosos	0.50
Formado con cantos rodados	0.75
Formado por grava, arena fina	0.80
Caudaloso	1.10
Poco Caudaloso	1.00

Nota. Tomado de Camacho, L. (2000). Diseño hidráulico de canales.

❖ **Ancho según Petit:**

$$Br_3 = 2.45 * \sqrt{Q_{av}}$$

Donde:

Q_{av} : caudal máximo de avenida

Para calcular el ancho más adecuado del cauce, se usaron tres métodos prácticos conocidos en ingeniería hidráulica: Blench, Altunin y Petit. Estos métodos consideran factores como el caudal del agua, la inclinación del terreno, y las características del lecho y las orillas del río, usando coeficientes específicos según el tipo de terreno.

Los resultados obtenidos con cada uno de estos métodos se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 99

Ancho de Encausamiento

Parámetro	Dato
Q_{av} : caudal máximo de avenida (m ³ /seg)	4.050

F_b : factor de fondo	0.800
F_b : factor de orilla	0.800
S : pendiente promedio	0.058
a : parámetro que caracteriza al río	0.500
Br1	3.643
Br2	1.778
Br3	4.931
B	3.450

Nota. Elaboración propia. Los valores considerados para los factores de fondo, orilla y el parámetro que caracteriza al río son considerados en base al estudio de suelos realizado en la zona de captación.

8.3.3.2. Barraje fijo (Azud)

Es fundamental diseñar la cresta de forma que se eviten las presiones negativas, ya que la presencia de estas puede generar cavitación, un fenómeno que, al producirse en el concreto, puede causar daños significativos a la estructura. La cavitación puede disminuir la durabilidad del concreto y afectar la estabilidad de la obra. Por lo tanto, es esencial aplicar diseños que minimicen este riesgo, utilizando criterios adecuados que aseguren un flujo de agua controlado y sin efectos destructivos.

En este sentido, tanto el U.S. Bureau of Reclamation como el U.S. Army Corps of Engineers han desarrollado una serie de perfiles estándar, ampliamente reconocidos y utilizados en la ingeniería hidráulica, con el fin de garantizar la seguridad y eficiencia de las estructuras. Estos perfiles están diseñados para optimizar el comportamiento hidráulico y evitar problemas como la cavitación. Para el presente caso en específico, se ha decidido adoptar el perfil Creager, el cual ha demostrado ser una opción confiable en situaciones similares. La fórmula que corresponde a este perfil es la siguiente:

$$Q_b = C_d * \sqrt{2g} L H_0^{3/2}$$

Donde:

Q_b : caudal máximo de avenida

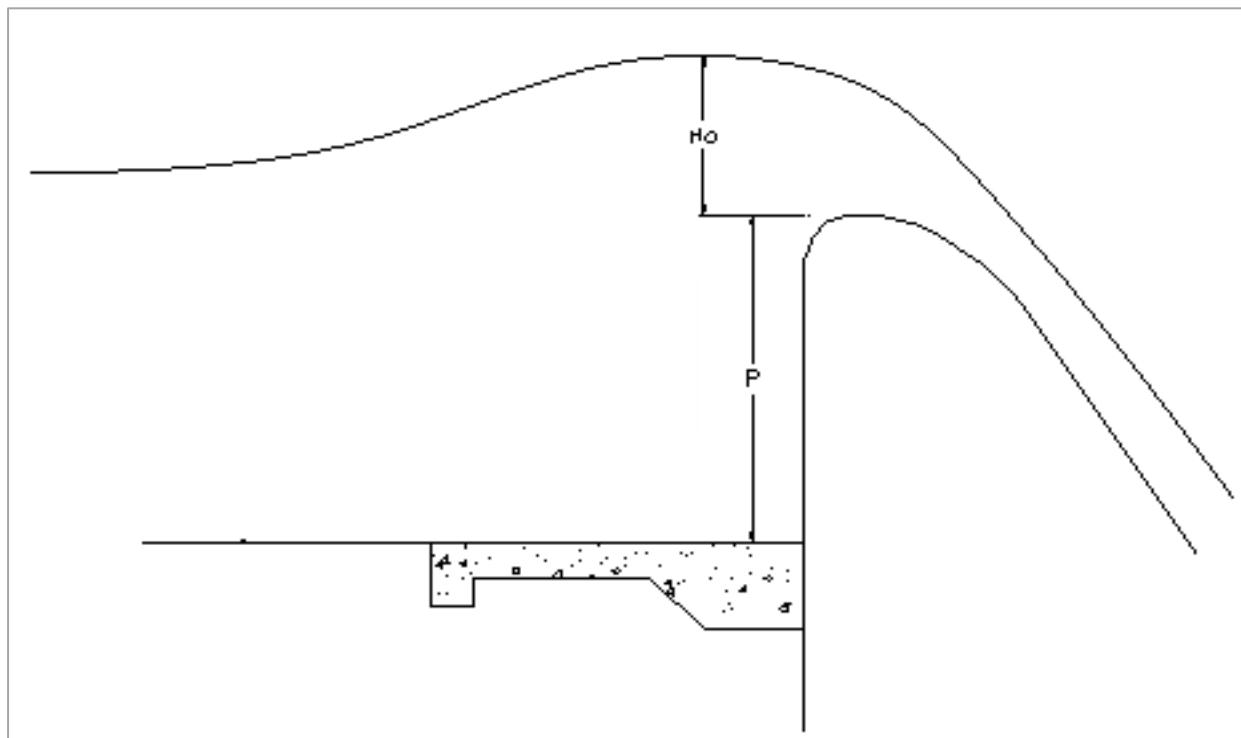
C_d : coeficiente de descarga, varía entre 0.61 - 0.75

L : longitud del barraje

H_0 : altura de carga sobre el barraje

Tabla 100

Perfil del barraje vertedero



Nota. Elaboración propia.

A continuación, se presentan los parámetros principales obtenidos para el diseño del vertedero tipo Creager, los cuales permiten garantizar un adecuado control del caudal en condiciones de avenida. La tabla resume los datos hidráulicos esenciales considerados para definir

el perfil de la cresta del barraje. Los cálculos detallados, así como el desarrollo del perfil en función de la carga de diseño, se encuentran consignados en el anexo del presente capítulo.

Tabla 101

Parámetros hidráulicos para el diseño del vertedero tipo Creager

Parámetro	Dato
Q_b : caudal máximo de avenida	4.05 m ³ /seg
C_d : coeficiente de descarga, varía entre 0.61 -0.75	0.75
L : longitud del barraje	2.000 m
H_0 : altura de carga sobre el barraje	0.942 m
p: altura de paramento	0.400 m
Altura de muros	1.50 m

Nota. elaboración propia. El diseño del barraje toma un periodo de retorno de 25 años. Lo mismo para el caudal máximo de avenida.

- **Perfil del barraje**

El perfil del barraje o cresta del vertedero tipo Creager es una estructura hidráulica que forma parte del vertedero, diseñada para permitir el paso eficiente del caudal de agua, minimizando pérdidas de energía y evitando fenómenos como el desprendimiento del chorro o cavitación. Su forma está optimizada aerodinámicamente para seguir la trayectoria natural de las líneas de corriente de un flujo libre.

Este tipo de vertedero es subcrítico aguas arriba y está diseñado para trabajar en condiciones de flujo crítico sobre la cresta, asegurando una descarga eficiente.

El perfil del vertedero tipo Creager se define mediante ecuaciones paramétricas o tablas adimensionales en función de la altura de carga total sobre la cresta (H_0). Las ecuaciones son las siguientes:

$$\frac{y}{H_0} = -k * \left(\frac{x}{H_0}\right)^n$$

Donde:

H_0 : altura de carga sobre el barraje

k y n :son parámetros obtenidos de ábacos en función de $\frac{h_0}{H_0}$

x, y : son las coordenadas del perfil del barraje

Los valores de los coeficientes k y n para el diseño del perfil del vertedero tipo Creager se determinan en función de la relación adimensional $\frac{h_0}{H_0}$, donde:

Tabla 102

Coeficientes k y n - vertedor tipo creager

ho/Ho	k	n
0.00	0.50	1.85
0.10	0.49	1.84
0.20	0.49	1.83
0.30	0.48	1.82
0.40	0.47	1.81
0.50	0.47	1.80
0.60	0.47	1.79
0.70	0.46	1.78

Nota. Tomado de Cruz, C. *Diseño e implementación de accesorios para experimentación de coeficientes de descarga en una compuerta plana vertical y orificios, en condiciones de descarga libre y sumergida* (tesis)

✓ Cálculo de altura de velocidad de aproximación (ho)

$$ho = 3\theta m + B.L.$$

Donde:

θm = Diametro medio de os sedimentos mas gruesos

$B.L.$ = Borde libre $\approx 0.10m$

$$ho=3*0.05+0.1= 0.25m$$

Se ha elaborado el perfil de la cresta del barraje utilizando los valores obtenidos previamente, basados en la altura de carga y las condiciones hidráulicas del vertedero. Estos parámetros permitieron definir la forma del perfil de acuerdo con el método propuesto por Creager. A continuación, se presenta la gráfica resultante que representa la geometría del barraje diseñada para asegurar un flujo eficiente.

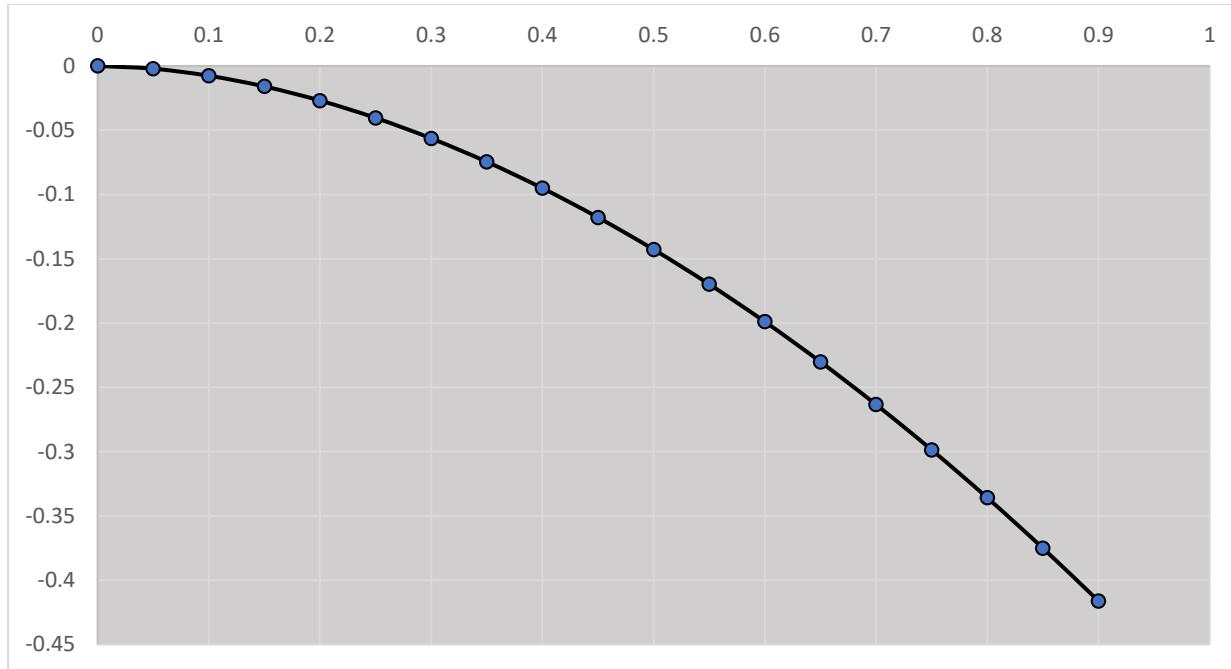
Tabla 103**Relación X y para la gráfica del perfil de Creager**

X	Y
0	0
0.05	-0.002160872
0.1	-0.007629631
0.15	-0.015958411
0.2	-0.026938794
0.25	-0.040434713
0.3	-0.056346149
0.35	-0.074594601
0.4	-0.095115816
0.45	-0.117855628
0.5	-0.14276737
0.55	-0.169810151
0.6	-0.198947657
0.65	-0.230147288
0.7	-0.26337951
0.75	-0.29861736
0.8	-0.335836062
0.85	-0.375012718
0.9	-0.416126065

Nota. Elaboración propia. El resultado proviene de la tabla 66 y 67.

Figura 62

Perfil de la cresta del barraje según el método de Creager



Nota. Elaboración propia. Representación del barraje, obtenido a partir de los parámetros hidráulicos calculados.

8.3.3.3. Sumidero de acero sobre vertedero

Cuando se diseña una rejilla que estará ubicada sobre el vertedero, el objetivo principal es controlar el flujo de agua, mientras se permiten ciertas condiciones operativas que eviten el paso de sólidos grandes. El cálculo de la rejilla se basa en determinar la capacidad de paso de agua sin que se vea comprometida la eficiencia de la estructura.

La fórmula a emplear corresponde a una adaptación del caudal a través de orificios o rejillas sobre láminas libres y es empleada frecuentemente para diseñar rejillas o compuertas en estructuras hidráulicas como vertederos o canales, cuando hay un flujo controlado (similar al flujo bajo compuerta flujo sobre rejilla).

$$Q = \frac{2}{3} * c * u * B * L * \sqrt{2gh_c}$$

Donde:

Q : caudal a ser captado

c: coeficiente que depende del tipo de rejilla y su material

u: coeficiente de descarga de la rejilla

L: ancho toma tirolesa

B: longitud de la toma tirolesa

g: aceleración de la gravedad (9.81m/s²)

h_c: profundidad del agua en el borde superior de la rejilla

✓ **Coeficiente de la rejilla:**

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

Donde:

a: abertura entre barras adyacentes

b: espacio entre los ejes de cada barra

β:angulo de inclinación de la rejilla

Tabla 104

Cálculo del coeficiente de la rejilla

e	1/2" = 1.27
a	1
b	2.27
β (°)	12
c	0.204892627

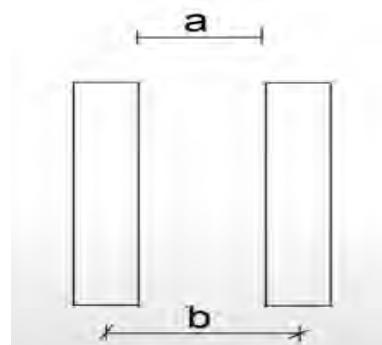
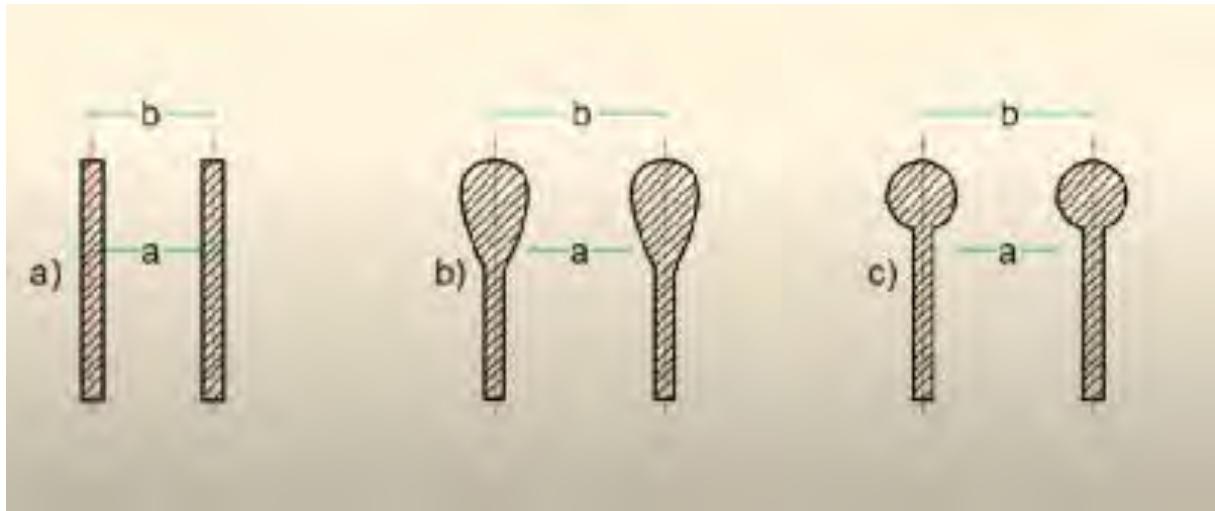


Figura 63

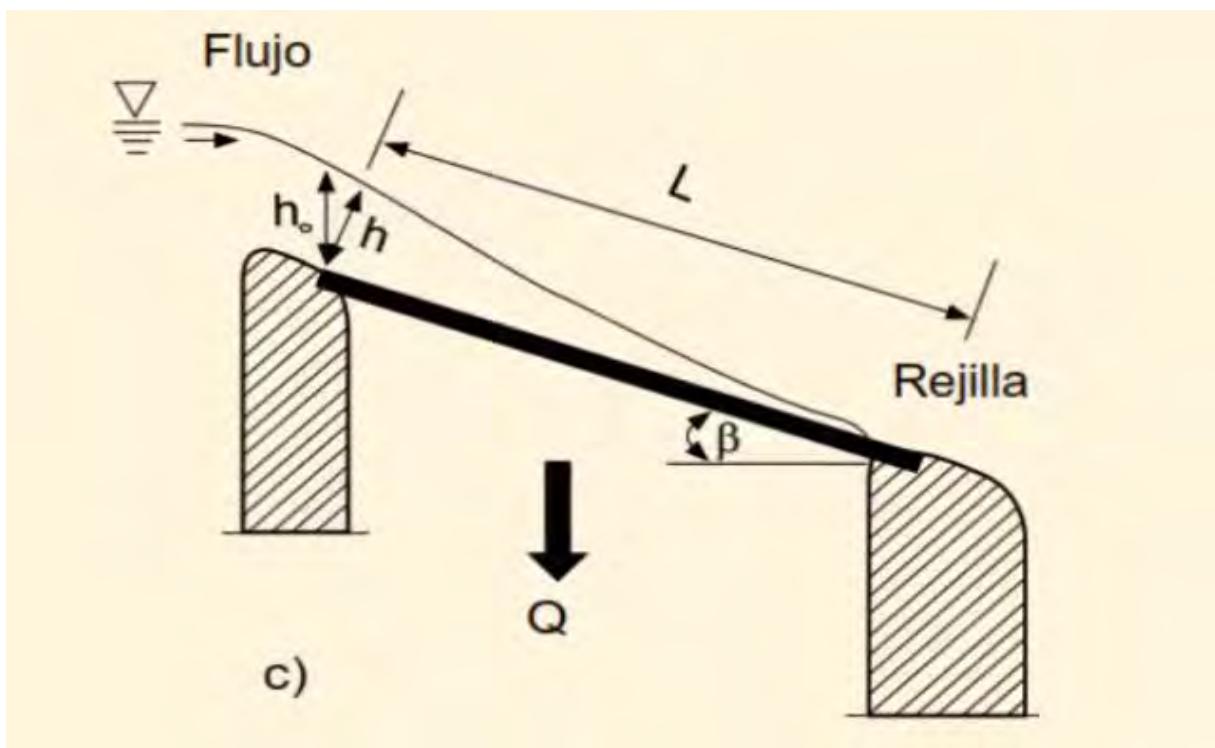
Abertura entre barras adyacentes y ejes de barra para diseño de rejilla



Nota. Tomado de Alarcón, J. *diseño de toma tirolesa (Obras Hidráulicas)*.
<https://www.youtube.com/watch?v=y39JCFs6NaE&t=1090s>

Figura 64

Parámetros de diseño hidráulico de la rejilla



Nota. Tomado de Alarcón, J. *diseño de toma tirolesa (Obras Hidráulicas)*.
<https://www.youtube.com/watch?v=y39JCFs6NaE&t=1090s>

- ✓ profundidad del agua en el borde superior de la rejilla

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g * B}}$$

Además, dado que se debe garantizar que la altura efectiva de la rejilla (E) sea adecuada para permitir el paso libre del agua y evitar la obstrucción de la misma, se establece la siguiente condición:

$$E = \frac{3}{2} * h_c \quad E \leq 10 \text{ cm}$$

Esto implica que la altura efectiva de la rejilla debe ser máximo 1.5 veces la altura de carga crítica para que la estructura funcione correctamente. Si el cálculo de E resulta ser mayor que 10 cm, se debe ajustar el valor del largo L para cumplir con esta condición.

para B	B	hc	E	
1	1	0.0266417	0.039962532	
2	1.5	0.0232737	0.034910487	cumple
3	2	0.0211455	0.031718283	

por lo tanto

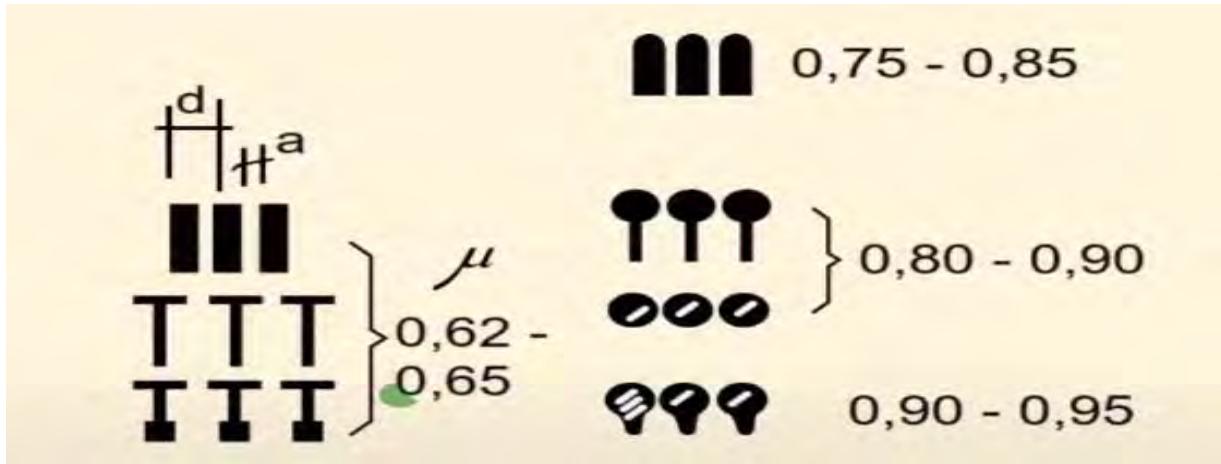
B= 1.5m

✓ Coeficiente de descarga

Este coeficiente dependerá de la forma de las barras de la rejilla y varia desde 0.62 para barras rectangulares rectas, hasta 0.95 para barra ovaladas.

Figura 65

Coeficiente de descarga u para barras rectas y ovaladas



Nota. Tomado de Alarcón, J. *diseño de toma tirolesa (Obras Hidráulicas)*.
<https://www.youtube.com/watch?v=y39JCFs6NaE&t=1090s>

✓ Profundidad del agua en el borde superior de la rejilla

$$h = K_c * h_c$$

K_c : factor de reducción o corrección

$$K_c = 0.88 * \cos(\beta)$$

✓ Cálculo de la longitud de la rejilla L

la longitud de la rejilla es la dimensión menor sujeta a inclinación, como se muestra en la figura 65 y se calculará de la siguiente forma:

sabemos:

$$Q = \frac{2}{3} * c * u * B * L * \sqrt{2gh_c}$$

De aquí despejamos L:

$$L = \frac{3 * Q}{2 * c * u * B * \sqrt{2 * g * h}}$$

Tabla 105

Parámetros determinados para el diseño de rejilla

Parámetro	Dato
Q	0.015 m ³ /seg
c	0.2049
u	0.9000 m/seg
B	1.5000 m
g	9.8100 m/seg ²
h	0.0173m
L	0.2745m =30cm

Canal recolector	
Profundidad inicial	0.300 m
pendiente	5%
Profundidad final	0.225m

Nota. Elaboración propia.

8.3.3.4. Colchón disipador

El colchón disipador es un elemento de disipación de energía basado en la fricción y la turbulencia que se genera cuando el agua entra en contacto con una superficie rugosa o escalonada. Puede estar compuesto por concreto, piedras, gaviones o materiales similares.

Los objetivos son:

- Disminuir la velocidad del flujo.
- Controlar la erosión en el lecho del canal o río.
- Evitar el socavamiento aguas abajo de la estructura hidráulica.
- Permitir una transición segura del flujo hacia el cauce natural.

Tabla 106*Calculo hidráulico de la estructura de disipación*

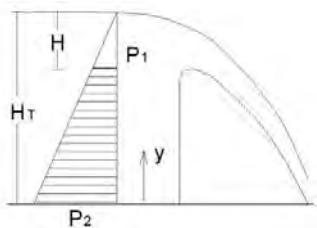
Tirante normal del río:	cantidad	unidad	Cantidad	un
Rugosidad:	n = 0.017		R = 0.012	m
Ancho del río:	b = 4.5	m	V = 0.70	m/seg
Pendiente:	S = 5.0%		Q = 0.039	m ³ /seg
Tirante Normal	y = 0.0123	m	F = 2.0	
	A = 0.055	m ²		
	P = 4.52	m		
Sección de control en régimen crítico:		cantidad	unidad	
Ancho del azud: b	b azud = 2.00	m		
Caudal en régimen crítico:	Q (cri) = 0.039	m ³ /seg		
Caudal por metro de ancho:	q = 0.019	m ² /seg		
Tirante crítico:	dc = 0.034	m		
Velocidad crítica:	vc = 0.57	m/seg		
Altura de velocidad crítica:	hvc = 0.017	m		
Elevación del azud:	alt azud = 0.4	m		
Energía total en la sección crítica:	E = 0.450	m		
Cálculo del tirante al pie del azud:		cantidad	unidad	
Profundidad en el azud:		0.05	m	
Tirante al pie del azud:	d1= 0.226	m	(Se iteran valores hasta que la	
Ancho del azud (zona de captación):	b = 1.70	m	energía total sea igual en la sección	
Velocidad	v1= 0.101	m/seg	de control y al pie del azud)	
Altura de velocidad	hv1= 0.001	m	$\frac{d_2}{d_1} = 0.5 * \left(\sqrt{8 * F_1^2 + 1} - 1 \right)$	
Número de Froude	F1= 0.07			
Energía total al pie del azud:	E = 0.177	m		
Tirante conjugado:	d2= 0.002	m		

.: No se produce salto hidráulico, por lo que no es necesaria una estructura de disipación.

Diseño estructural del Azud (Vertedero tipo Creager)

1. Fuerzas que actuan en el Azud

1.1. Empuje Hidrostático



$$E_a = \frac{(P_1 + P_2)}{2} * (H_T - H)$$

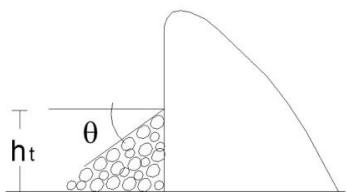
$$y = \frac{H_T - H}{3} * \left(\frac{2 * P_1 + P_2}{P_1 + P_2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

siendo:

$$P_1 = \gamma * H$$

$$P_2 = \gamma * H_T$$

1.2. Empuje de Tierras



$$E_t = \frac{1}{2} * \gamma' * h_t^2 * \left(\frac{1 - \sin\theta}{1 + \sin\theta} \right)$$

$$\gamma' = \gamma - \omega * (1 - k)$$

siendo:

γ : peso específico del material fuera del agua

γ' : peso específico del material sumergido

k : porcentaje de vacíos del material

θ : ángulo de fricción del material sumergido

h_t : espesor de sedimentos

1.3. Consideraciones de sismo

la fuerza sismica se determinará como: $F_s = Y * k * C * W_d$

siendo:

F_s : fuerza sismica en kilogramos, ademas este valor minimamente es el 4% del peso

Y : depende de la probabilidad sismica de la región

k : coeficiente representativo de la rigidez de la estructura

W_d : altura total de la estructura

teniendo en cuenta que la altura del azud es pequeña, entonces la fuerza sismica se determinara de la siguiente manera:

$$F_s = 0.04 * W$$

1.4. Subpresión

la subpresión se puede calcular como: $S_x = (H_x - \frac{L_x}{L} * H) * W_a$

siendo:

S_x : subpresión a una longitud x .

H : altura de carga

L : recorrido de infiltración

según Lane :

$$L = \frac{1}{3} L_h + L_v$$

Carga compensada:

$$C = L / H$$

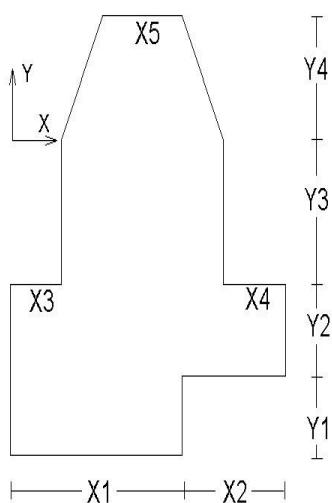
(debe ser menor que C_n)

Carga necesaria para que se produzca tubificación: (C_n)

∴ Se obtiene de tablas en función del material.

2. CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD DEL AZUD

La representación geométrica del azud sera la siguiente:



x1 =	0.70	m
x2 =	0.40	m
x3 =	0.10	m
x4 =	0.10	m
x5 =	0.40	m
y1 =	0.20	m
y2 =	0.20	m
y3 =	0.20	m
y4 =	0.15	m
Area =	0.6375	m^2
*W =	1530.0	Kg
Yc =	0.37	m
Xc =	0.51	m
ancho azud	0.90	m

* W: peso por metro de ancho

2.1. Calculo del empuje hidrostático

Máxima carga que no produce ahogamiento:

Altura del agua sobre la cresta del vertedor:

Carga hidráulica en la corona del azud:

Carga hidráulica en la base del azud:

Empuje hidráulico por metro de ancho:

Punto de aplicación c/r al punto O:

H _T =	0.25	m
H =	0.10	m
P ₁ =	100	Kg/m ²
P ₂ =	250	Kg/m ²
Eh =	26.3	Kg
y =	0.06	m

2.2. Calculo del empuje de tierras

Porcentaje de vacíos del material:

Peso específico del material:

Peso específico sumergido:

Altura de sedimentación:

Fricción sumergida para gravas y arenas:

Empuje de tierras por metro de ancho:

Punto de aplicación c/r al punto O:

k	0.30	
γ	2600	Kg/m ³
γ'	1900	Kg/m ³
ht	0.15	m
θ	34	°
Et	6.0	Kg
y	0.05	m

2.3. Consideraciones de sismo

Fuerza sísmica por metro de ancho:

$$Es = 61.2 \text{ Kg}$$

Punto de aplicación c/r al punto O:

$$y = 0.37 \text{ m}$$

2.4. Cálculo de la subpresión

Emplear: $S_x = (h + h' - \frac{h}{L} * x) * \gamma * b * c'$

h' = altura a la que se quiere calcular la subpresión:

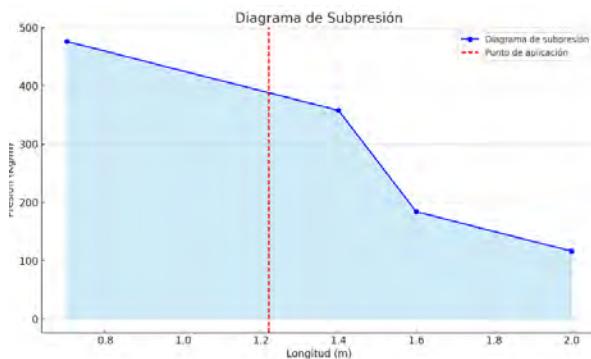
Carga para la subpresión:

h =	0.25	m
L =	1.03	m
Cc =	4.13	
C =	3.00	
c' =	0.70	

(c' : Depende de la porosidad del material)

Calculo de valores para el diagrama de subpresión:

h'	Lx	Sx
0.60	0.70	476.45 Kg/m
0.60	1.40	357.90 Kg/m
0.40	1.60	184.03 Kg/m
0.40	2.00	116.29 Kg/m



del diagrama:

*Fuerza total

F1	292.02419
F2	54.193548
F3	60.064516
Ftotal	406.28226

$$F_i = \frac{S_x + S_{x+1}}{2} * (L_{x+1} - L_x)$$

*Punto de aplicación

Lx_aplic	1.20
----------	------

$$x_{res} = \frac{\sum F_i * x_i}{\sum F_i}$$

2.5. Verificación de la estabilidad del azud

Fuerzas Horizontales:	F	L	M
Empuje Hidrostático:	26.3	0.66	17.44
Empuje de tierras:	6.0	0.65	3.93
Sismo:	61.2	0.37	22.40
	93.5		43.8
Fuerzas Verticales:			
Peso de la estructura	1530.0	0.51	774.30
Fuerza de subpresión resultante:	-406.3	0.25	-101.57
	1123.7		672.7

Posición de la resultante en X: 0.638 m

ahora:

$$\frac{\sum M_{FV}}{\sum M_{FH}} > 1.5 \quad \sum Fy > \frac{FS * \sum Fx}{\mu}$$

Condiciones de estabilidad

» Estabilidad al volteamiento:

SM _{FV} / SM _{FH} =	15.4	ok
---------------------------------------	------	----

» Estabilidad al deslizamiento:

SFV =	1530.0	
1.5 * S _{FH} / m =	280.5	ok

» Esfuerzos sobre el terreno::

Exentr. Admisible =	0.18	
Excentricidad =	0.132	ok

e < L / 6

4. Cálculo del acero horizontal y vertical en muro de encauzamiento

4.1. Datos Iniciales

Parámetro	Valor
Espesor del muro (b)	30 cm (0.3 m)
Altura libre del muro (p)	0.40 m
Longitud del muro (L)	2.00 m
Tipo de exposición	Normal (sin sulfatos)
Tipo de acero	f _y = 4200 kg/cm ²
Tipo de concreto	f _c = 210 kg/cm ²

4.2. Área mínima de acero requerido (NORMA E0.60)

La norma exige un área mínima de acero horizontal y vertical para garantizar ductilidad y evitar agrietamientos.

Cuantia mínima de acero

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{1.8 * f_y} \quad A_{s min} = \rho_{min} * b * d$$

Espesor del muro (b)	30 cm
Altura libre del muro (p)	40 cm
Longitud del muro (L)	200 cm
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	4200 kg/cm^2
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	210 Kg/cm^2
d	100 cm
ρ_{min}	0.001916849
As	2.300218531 cm^2
As	11.50109266 cm^2

Barra	Diam. (cm)	Área (cm^2)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribución Vertical

As	11.501093 cm^2	n	8.9155757 und	9 und	23 cm
----	-------------------------	---	---------------	-------	-------

 1/2"	@	20 cm
--	---	-------

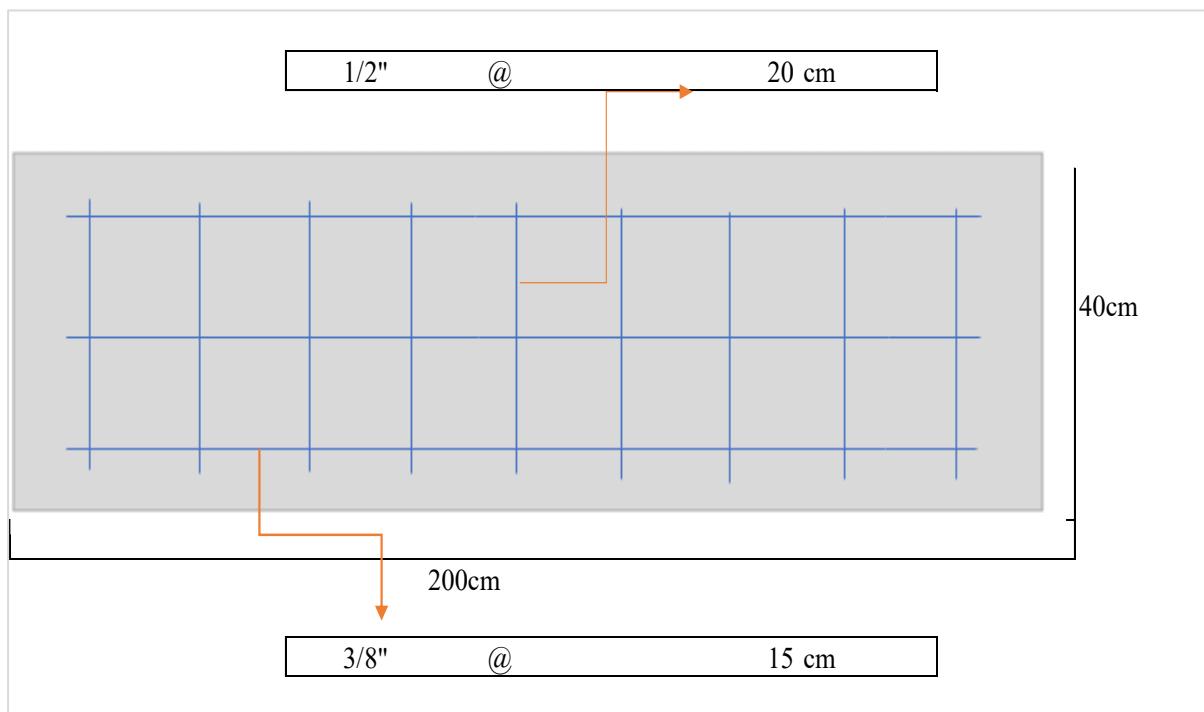
Distribución Horizontal

As	2.3002185 cm^2	n	3.2397444 und	3 und	18 cm
----	-------------------------	---	---------------	-------	-------

 3/8"	@	15 cm
--	---	-------

Figura 66

Representación gráfica de la distribución de acero del muro



Diseño estructural de la Rejilla

1. Esfuerzo resistente de la barra de rejilla.

Asumimos cada barra como una viga simplemente apoyada.

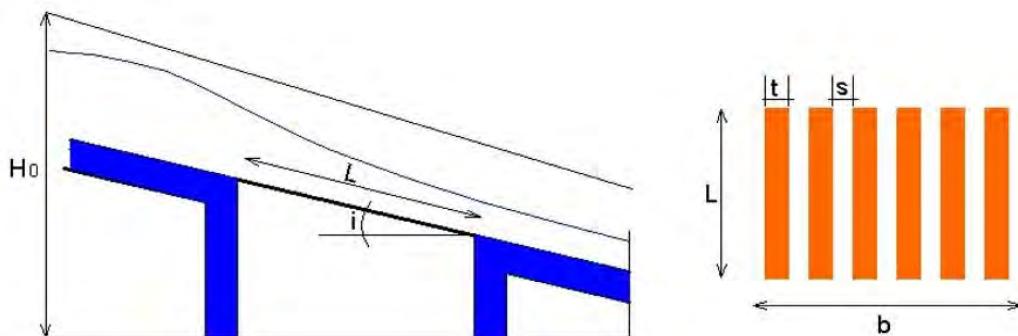
Esfuerzo resistente de la barra = 1200 Kg/cm^2

Diseño para soportar un peso de una roca de 20 cm de diámetro con un peso específico de 2600 Kg/m^3

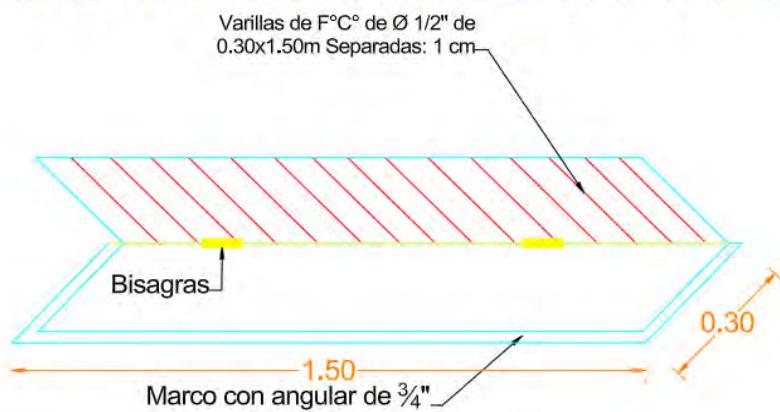
La roca se apoyará en el peor de los casos en dos barrotes y en la mitad de la rejilla.

Longitud de Toma (L):	0.30	m
Peso específico de la roca:	2600	Kg/m^3
Diámetro de la roca:	0.40	m
Volumen de la roca:	0.03351	m^3
Peso de la roca:	87.13	Kg
Longitud de empotramiento del barrote:	0.025	m
Carga puntual sobre el barrote:	43.56	Kg
Momento flector máximo:	3.81	Kg - m
Espesor de barrote:	1.25	cm
Ancho del barrote:	1.27	cm
Área transversal del barrote:	1.59	cm^2
Momento de Inercia:	0.2067	cm^4
Esfuerzo máximo producido por flexión:	1153	Kg/cm^2

ok



SUMIDERO VERTEDOR DE CAPTACIÓN



Diseño Hidráulico del Muro de Encausamiento

1. Factor de Seguridad por deslizamiento

Ancho de corona	c	0.3 m
Ancho de base de pantalla	c'	0.3 m
Longitud del Talon delantero	b	1.35 m

Altura de la pantalla	H	1.5 m
Altura total del muro	Ht	2.3 m
Longitud de la base del muro	B	5 m
Longitud del talon posterior	bp	1.35 m
altura de la zapata del muro	Hz	0.8 m

Ángulo de fricción	39.33 °
Coeficiente de fricción	2.23 kN/m ²
Capacidad portante admisible	4.43 Tn/m ²
Peso volumétrico del concreto	24 kN/m ³

1.1. Fuerza de fricción

El factor de seguridad por deslizamiento se calcula utilizando la fuerza de fricción generada por el muro en su base en relación con la fuerza de deslizamiento generada por el empuje del suelo.

Fuerza de fricción (R): $R = \mu * N$

siendo:

μ coeficiente de fricción
N fuerza normal

ahora: $N =$ kN

entonces $R =$ kN

1.2. Fuerza de deslizamiento (Ea)

La fuerza de deslizamiento está dada por el empuje del suelo, que es la fuerza horizontal sobre el muro debido a la presión del suelo.

Fuerza de empuje $E_a = \frac{1}{2} * K_a * \gamma * H^2$

siendo:

Ka: coeficiente de presión activa del suelo $K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$
 γ : peso volumétrico del suelo

H: altura del muro

Ka	0.255	
Ea	6.6	kN

1.3. Factor de seguridad por deslizamiento

Factor de seguridad:

$$FS_{deslizamiento} = \frac{R}{Ea}$$

FS=	18.25	ok
-----	-------	----

∴ El muro es seguro contra el deslizamiento

2. Factor de Seguridad por volteo

2.1. Momento de volteo

El momento de volteo es el momento generado por el empuje horizontal del suelo, que tiende a voltear el muro. Este empuje está distribuido de manera triangular en la altura del muro, y su valor máximo se genera en la base del muro.

Momento de volteo:

$$M_{volteo} = \frac{1}{2} * Ea * H$$

siendo:

Ea: empuje del suelo

H: altura del muro

Ea	6.6 kN
H	1.5 m
Mvolteo	4.95 kN/m

2.2. Momento estabilizador

El momento estabilizador es el momento generado por el peso del muro, el cual tiende a evitar que el muro voltee. Este momento se calcula respecto al punto de rotación, que es el borde de la base del muro.

Momento estabilizador :

$$M_{estabilizador} = N * (\frac{B}{2})$$

siendo:

N: peso del muro

B: longitud de la base del muro

N	54 kN
B	5 m
Mestabilizador	135 kN/m

2.3. Factor de seguridad por volteo

El factor de seguridad por volteo se calcula dividiendo el momento estabilizador entre el momento de volteo:

Factor de volteo

$$FS_{volteo} = \frac{M_{est}}{M_{volteo}}$$

Mvolteo	4.95	kN/m
Mestabilizador	135	kN/m
Fsvolteo	27.27	ok

∴ El muro es seguro contra el volteo

3. Verificación de la presión del suelo

3.1. Presión maxima

La presión máxima sobre el suelo debajo del muro es calculada por la fórmula de presión debido al peso del muro:

Carga maxima:

$$q_{max} = \frac{N}{B}$$

siendo:

N: fuerza normal (peso total del muro y carga adicional)

B: base del muro

N	54	kN
B	5	m
qmax	10.8	kN/m ² ok

Este valor de 10.8 kN/m² es mucho menor que la capacidad portante admisible del suelo de 43.43 kN/m² (4.43 Tn/m²), por lo que el muro no genera una sobrecarga en el terreno y cumple con las condiciones de presión del suelo.

∴ El muro es seguro y se garantiza que el suelo no sufrira deformaciones o fallas

Diseño Estructural del Muro de Encauzamiento

4. Cálculo del acero horizontal y vertical en muro de encauzamiento

4.1. Datos Iniciales

Parámetro	Valor
Espesor del muro (b)	30 cm (0.3 m)
Altura libre del muro (h)	1.50 m
Longitud del muro (L)	5.00 m
Tipo de exposición	Normal (sin sulfatos)
Tipo de acero	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Tipo de concreto	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

4.2. Área mínima de acero requerido (NORMA E0.60)

La norma exige un área mínima de acero horizontal y vertical para garantizar ductilidad y evitar agrietamientos.

Cuantía mínima de acero

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{1.8 * f_y} \quad A_{s\ min} = \rho_{min} * b * d$$

Espesor del muro (b)	30 cm
Altura libre del muro (h)	150 cm
Longitud del muro (L)	500 cm
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	4200 kg/cm^2
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	210 Kg/cm^2
d	100 cm
ρ_{min}	0.001916849
As	8.625819492 cm ²
As	28.75273164 cm ²

Barra	Diam. (cm)	Área (cm ²)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribucion Vertical

As	28.75273164 cm ²		
n	22.28893926 und	23 und	22 cm

 1/2" @ 20 cm

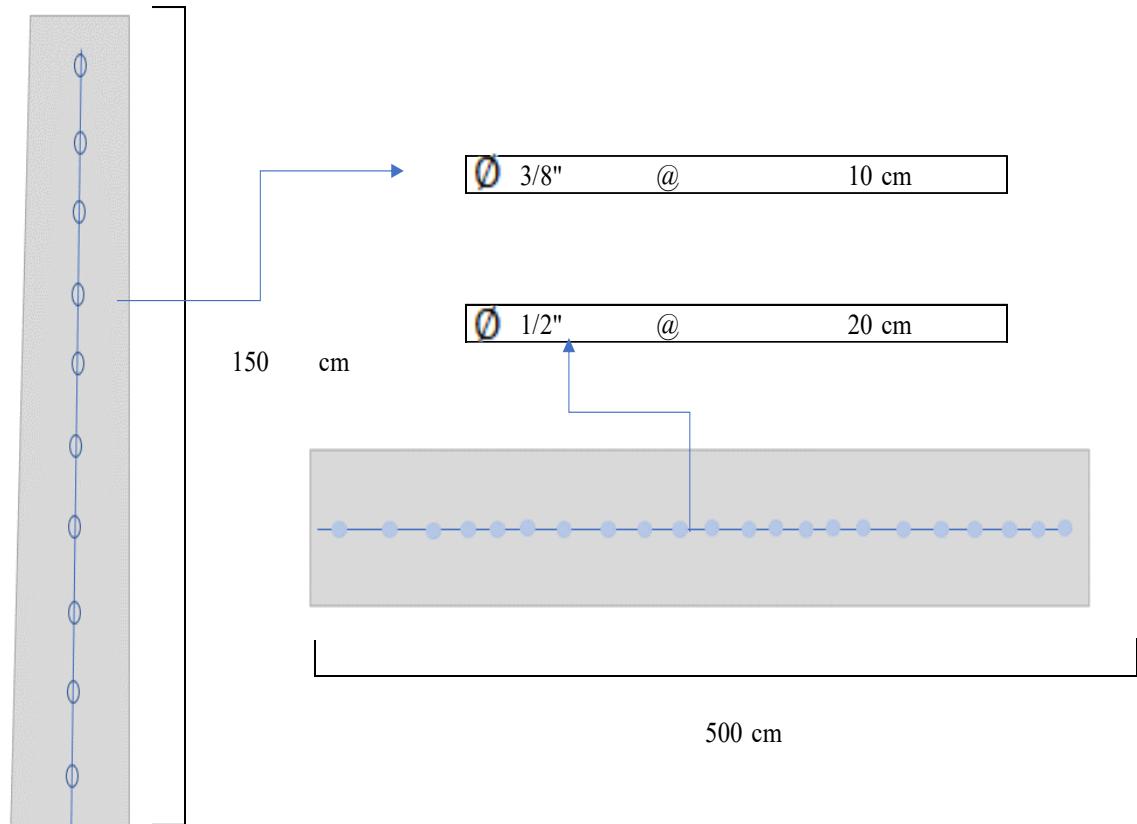
Distribucion Horizontal

As	8.625819492 cm ²		
n	12.14904154 und	10 und	16 cm

 3/8" @ 13 cm

Figura 67

Representación gráfica de la distribución de acero en perfil y planta del muro de encauzamiento



5. Cálculo del acero horizontal y vertical en Aleros del muro de encauzamiento

5.1. Datos Iniciales

Parámetro	Valor
Espesor del muro (b)	30 cm (0.3 m)
Altura libre del muro (h)	1.50 m
Longitud del muro (L)	1.35 m
Tipo de exposición	Normal (sin sulfatos)
Tipo de acero	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Tipo de concreto	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

5.2. Área minima de acero requerido (NORMA E0.60)

La norma exige un área mínima de acero horizontal y vertical para garantizar ductilidad y evitar agrietamientos.

Cuantía mínima de acero

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{1.8 * f_y} \quad A_{s\ min} = \rho_{min} * b * d$$

Espesor del muro (b)	30 cm
Altura libre del muro (h)	150 cm
Longitud del muro (L)	135 cm
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	4200 kg/cm^2
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	210 Kg/cm^2
d	100 cm
ρ_{min}	0.001916849
As	8.625819492 cm ²
As	7.763237543 cm ²

Barra	Diam. (cm)	Área (cm ²)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribucion Vertical

As	7.763237543 cm ²		
n	6.018013599 und	7 und	22 cm

Ø	1/2"	@	20 cm
---	------	---	-------

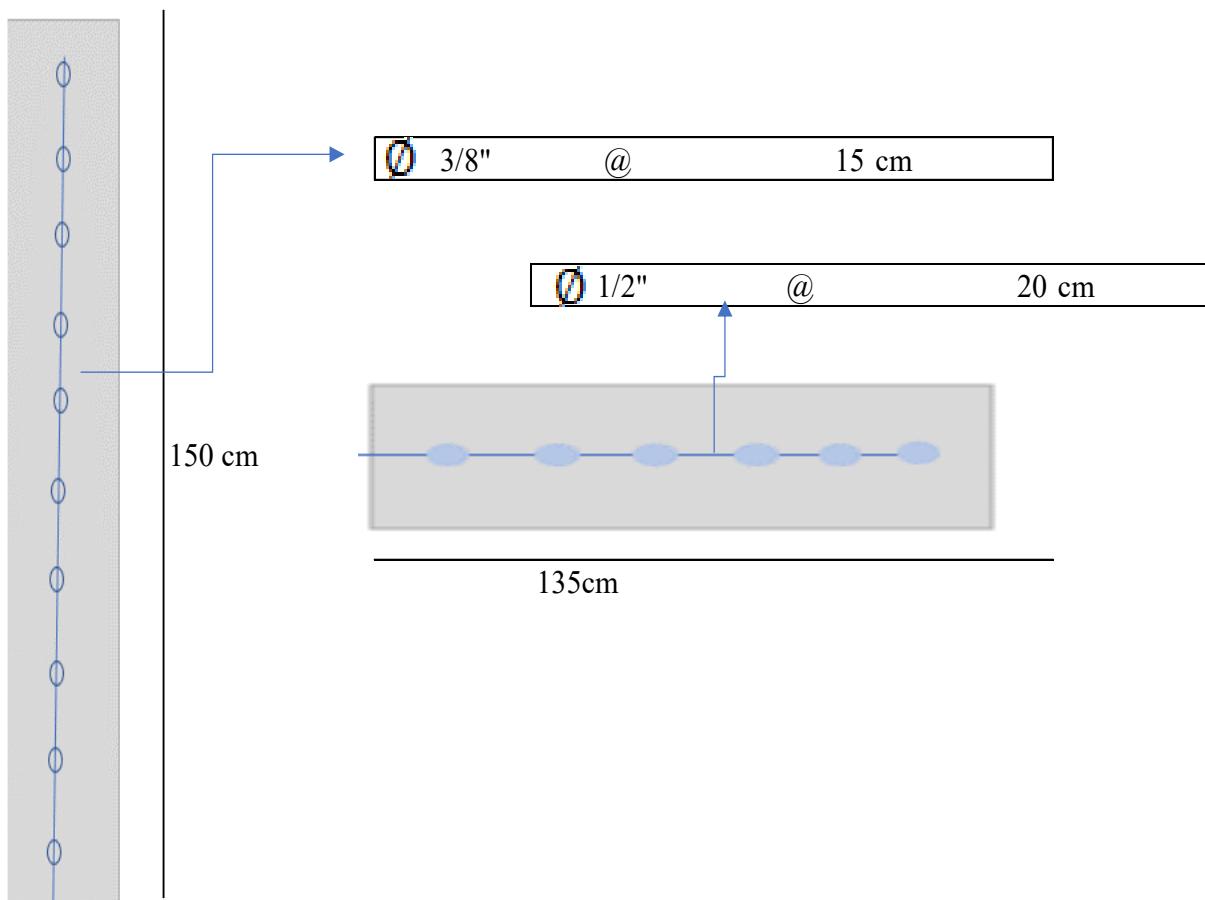
Distribucion Horizontal

As	8.625819492 cm ²		
n	12.14904154 und	10 und	15 cm

Ø	3/8"	@	15 cm
---	------	---	-------

Figura 68

Representación gráfica de la distribución de acero de aleros del muro de encausamiento



6. Cálculo del acero horizontal y vertical en Compartimiento de limpia

6.1. Datos Iniciales

Parámetro	Valor
Espesor del muro (b)	40 cm (0.4 m)
Altura libre del muro (h)	1.50 m
Longitud del muro (Ltotal)	583cm
Longitud del muro (L1)	130cm
Longitud del muro (L2)	246cm
Longitud del muro (L3)	207cm
Tipo de exposición	Normal (sin sulfatos)
Tipo de acero	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Tipo de concreto	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

6.2. Área mínima de acero requerido (NORMA E0.60)

La norma exige un área mínima de acero horizontal y vertical para garantizar ductilidad y evitar agrietamientos.

Cuantía mínima de acero

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{1.8 * f_y} \quad A_{s min} = \rho_{min} * b * d$$

Espesor del muro (b)	30 cm
Altura libre del muro (h)	150 cm
Longitud del muro (L1)	130 cm
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	4200 kg/cm^2
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	210 Kg/cm^2
d	100 cm
ρ_{min}	0.001916849
As	8.625819492 cm ²
As	7.475710226 cm ²

Barra	Diam. (cm)	Área (cm ²)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribucion Vertical

As	7.475710226 cm ²		
n	5.795124206 und	5 und	30 cm

1/2" @ 30 cm

Distribucion Horizontal

As	8.625819492 cm ²		
n	12.14904154 und	10 und	15 cm

3/8" @ 15 cm

Cuantia minima de acero

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{1.8 * f_y}$$

$$A_{s\ min} = \rho_{min} * b * d$$

Espesor del muro (b)	30 cm
Altura libre del muro (h)	150 cm
Longitud del muro (L2)	216 cm
f _y = 4200 kg/cm ²	4200 kg/cm ²
f _c = 210 kg/cm ²	210 Kg/cm ²
d	100 cm
ρ_{min}	0.001916849
As	8.625819492 cm ²
As	12.42118007 cm ²

Barra	Diam. (cm)	Área (cm ²)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribucion Vertical

As	12.42118007 cm ²		
n	9.628821758 und	9 und	26 cm

(Ø) 1/2" @ 25 cm

Distribucion Horizontal

As	8.625819492 cm ²		
n	12.14904154 und	10 und	15 cm

(Ø) 3/8" @ 15 cm

Cuantia minima de acero

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{1.8 * f_y}$$

$$A_{s\ min} = \rho_{min} * b * d$$

Espesor del muro (b)	30 cm
Altura libre del muro (h)	150 cm
Longitud del muro (L3)	207 cm
f _y = 4200 kg/cm ²	4200 kg/cm ²
f _c = 210 kg/cm ²	210 Kg/cm ²
d	100 cm
ρ_{min}	0.001916849
As	8.625819492 cm ²
As	11.9036309 cm ²

Barra	Diam. (cm)	Área (cm ²)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribucion Vertical

As	11.9036309 cm ²		
n	9.227620852 und	10 und	22 cm

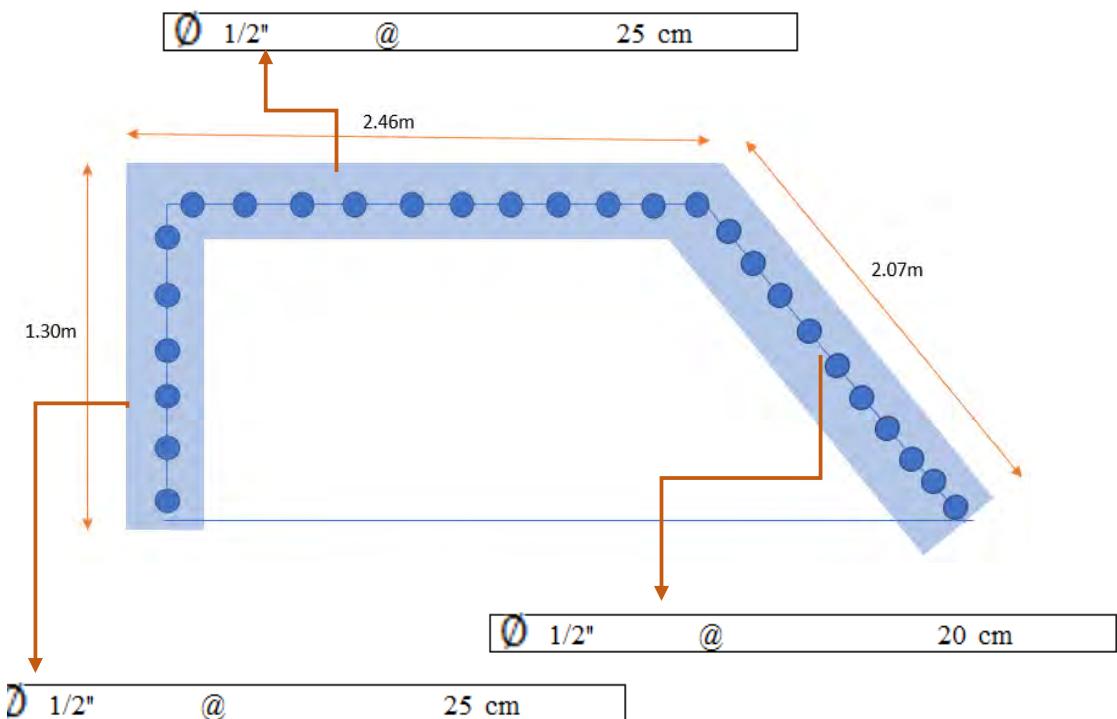
1/2" @ 20 cm

Distribucion Horizontal

As	8.625819492 cm ²		
n	12.14904154 und	10 und	15 cm

3/8" @ 15 cm

Resumen de la distribución de acero



8.3.4. Desarenador

Según el MIDAGRI (2014), el desarenador es una estructura hidráulica diseñada para separar y remover partículas sedimentables, principalmente arenas y gravas finas, del agua captada en una obra de derivación o sistema de riego. Su funcionamiento se basa en el principio de sedimentación gravitacional, permitiendo que las partículas más pesadas se depositen antes de que el agua continúe su trayecto hacia otras unidades de tratamiento o distribución. El desarenador es una estructura hidráulica diseñada para separar y remover partículas sedimentables, principalmente arenas y gravas finas, del agua captada en una obra de derivación o sistema de riego. Su funcionamiento se basa en el principio de sedimentación gravitacional, permitiendo que las partículas más pesadas se depositen antes de que el agua continúe su trayecto hacia otras unidades de tratamiento o distribución.

El objetivo del diseño del desarenador es garantizar la eficiencia en la remoción de partículas de al menos 0.20 mm de diámetro (equivalente a arena fina), asegurando la protección de las estructuras y la continuidad del sistema de conducción sin obstrucciones ni desgaste prematuro.

✓ Canal de salida y entrada

Son las secciones por donde ingresa y egresa el flujo hacia y desde el desarenador. Sus dimensiones (ancho y profundidad) afectan la velocidad de ingreso del flujo y su régimen.

✓ Velocidad del flujo en el desarenador (V)

Es la velocidad horizontal del agua dentro del canal del desarenador. Debe mantenerse lo suficientemente baja para permitir la sedimentación de partículas.

$$V = \frac{Q}{B * h}$$

Donde:

Q: caudal de diseño

B: ancho del canal

h: profundidad efectiva

✓ **Wo (velocidad inducida por turbulencia)**

Representa el efecto vertical de la turbulencia que puede interferir con la sedimentación.

Se determina con:

$$Wo = a * V$$

Donde

$$s = \frac{0.132}{h}$$

✓ **U (velocidad de caída del sedimento)**

Depende del tamaño de la partícula y del tipo de sedimento. Es un valor tomado de tablas.

Para arcilla de 0.20 mm, se usa:

$$U = 2.16 \text{ mm/s}$$

✓ **Longitud del desarenador (L)**

Es la distancia necesaria para que las partículas sedimenten completamente. Se calcula con:

$$L_1 = \frac{B - b}{2 * \tan(\theta)}$$

Donde

(θ):es el ángulo de transición

A continuación, se presenta las dimensiones resultantes del diseño.

DISEÑO HIDRAULICO DEL DESARENADOR

1. DESARENADOR

Datos

Caudal :	0.0150 m ³ /seg	
del canal de	entrada	salida
b=	0.30 m.	0.40 m.
d=	0.250 m.	0.32 m.
h=	0.40 m.	0.50 m.
<u>Determinando perdida de carga</u>		
coeficiente de contraccion lateral	u=	0.75
$Q = u * b * d * (2 * g * h)^{0.5}$	h _l =	0.00
Tipo de sedimento :	Arcilla	
Diámetro partícula :	(0.2-0.6 mm)	

Cálculos :

Asumiendo profund. decantador	0.80	m.	0.824	$z=$	0.90
altura efectiva del agua	d ₂ =	1.05	m.	d ₂ =	1.05
Asumiendo Ancho desarenador	B=	1.00	m.	B=	1.00
Velocidad en el decantador	V = Q/(B*h)			v=	0.001 m/seg

Cálculo de Wo de ser afectado por la turbulencia.

donde :

$$\begin{aligned} Wo &= a * V \\ a &= 0.132 \sqrt{\frac{d_2}{d}} = 0.129 \\ Wo &= 0.000167 \end{aligned}$$

Cálculo de la longitud

$$\begin{aligned} \text{coeficiente de tablas} \quad U &= 2.16 & \text{para } d=0.20 \\ L = h * V / (U - Wo) \quad U &= 1.14 & 1.14 \\ L_1 = \frac{(B - b)}{2 \tan(12^\circ 30')} \quad L_1 &= 0.78 & L_1 = 0.80 \\ H &= 1.20 & H = 1.20 \end{aligned}$$

Tabla 107

Dimensiones del desarenador

Elemento	Símbolo	Valor obtenido	Unidad
Longitud útil del desarenador	L	1.20	m
Longitud de transición	L ₁	0.80	m
Ancho del canal de entrada/salida	B	1.00	m
Ancho efectivo de paso	b	0.30	m
Profundidad útil	h	0.80	m
Velocidad horizontal del flujo	V	0.0017	m/s
Coef. turbulencia vertical (a)	a	0.165	-
Velocidad inducida por turbulencia	Wo	0.000167	m/s

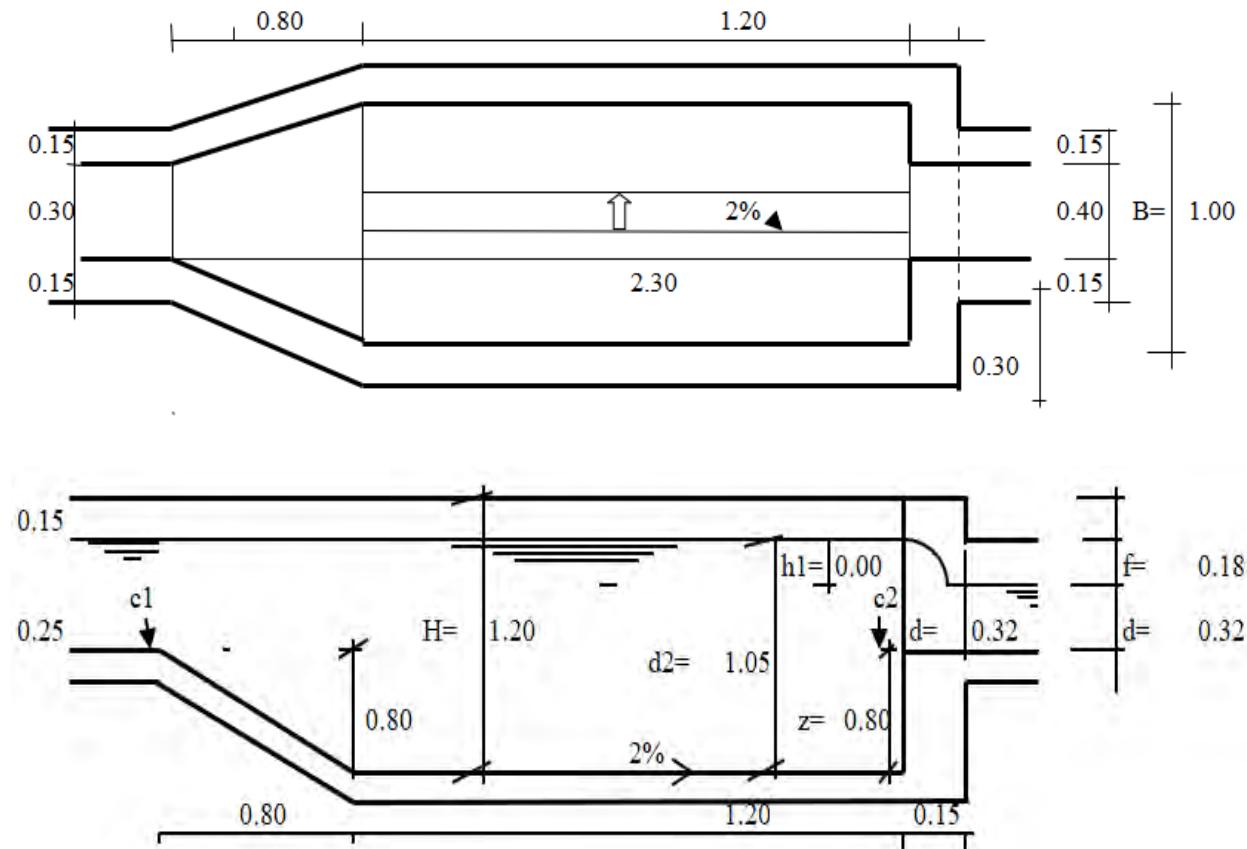
Nota. Elaboración propia

- **Criterios adoptados**

- ✓ El diseño se realizó para condiciones de flujo tranquilo y uniforme.
- ✓ Se garantizó que la velocidad horizontal del flujo no supere la velocidad de sedimentación, de modo que las partículas sedimentables puedan asentarse completamente.
- ✓ Se incluyó una longitud de transición suficiente a la entrada y salida del desarenador, para evitar turbulencias que dificulten la sedimentación.
- ✓ Se consideró un coeficiente de turbulencia vertical, de acuerdo con lo propuesto en el método FAO (1992), para ajustar el rendimiento real del sistema.

Figura 69

Diseño hidráulico del desarenador



Nota. Elaboración propia.

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL DESARENADOR

Parametros generales

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Peso específico del concreto	24	kN/m ³	Concreto armado
Peso específico del agua (γ_w)	9.81	kN/m ³	
Coeficiente de fricción (μ)	2.23	—	Suministrado
Ángulo de fricción interna (ϕ)	39.33	°	
Capacidad portante del suelo	4.43	Tn/m ²	= 43.47 kN/m²

Volumen y peso del concreto

Elemento	Dimension (m)	Volumen (m ³)	Peso (kN)
Losa inferior	2.60 × 1.30 × 0.15	0.507	12.17
Muros laterales (2)	2 × 2.60 × 1.00 × 0.15	0.78	18.72
Muros frontales (2)	2 × 1.30 × 1.00 × 0.15	0.39	9.36
Losa superior (tapa)	2.60 × 1.30 × 0.15	0.507	12.17
Total estructura	—	2.184	52.42 kN

Factor de Empuje

Concepto	Fórmula	Valor	Unidad
Área base (A)	2.60 × 1.30	3.38	m ²
Volumen desplazado	A × altura sumergida	3.38 × 1.30 = 4.394	m ³
Empuje hidrostático (E_f)	V × γ_w	4.394 × 9.81 = 43.07	kN
FS - empuje	Peso / Empuje	52.42 / 43.07 = 1.64	si cumple (>1.5)

Verificación al deslizamiento

Concepto	Fórmula	Valor	Unidad
Altura del muro (H)	1.3	m	
Empuje lateral (suelo saturado)	0.5 × γ × H ² × K _a	0.5 × 8.19 × 1.30 ² = 6.1 kN	
Resistencia por fricción	μ × W	2.23 × 52.42 = 117.9	kN
FS - Deslizamiento	Fricción / Empuje	117.9 / 6.92 = 17.04	si Cumple (>1.5)

Verificación por capacidad portante

Concepto	Fórmula	Valor	Unidad
Área de apoyo	2.60 × 1.30	3.38	m ²
Carga actuante (peso total)	52.42	kN	
$q_{act} = W / A$	52.42 / 3.38 = 15.51	kN/m ²	
q_{adm} (del suelo)	43.47	kN/m ²	
FS - Capacidad portante	q_{adm} / q_{act}	43.47 / 15.51 = 2.80	si Cumple (>2)

1. Cálculo del acero horizontal y vertical en muro de Desarenador

1.1. Datos Iniciales

Parámetro	Valor
Espesor del muro (b)	15 cm (0.15 m)
Altura libre del muro (h)	1.00 m
Longitud del muro (L)	1.20 m
Tipo de exposición	Normal (sin sulfatos)
Tipo de acero	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Tipo de concreto	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

1.2. Área mínima de acero requerido (NORMA E0.60)

La norma exige un área mínima de acero horizontal y vertical para garantizar ductilidad y evitar agrietamientos.

Cuantía mínima de acero en las paredes

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{1.8 * f_y} \quad A_{s\ min} = \rho_{min} * b * d$$

Espesor del muro (b)	15	cm
Altura libre del muro (h)	100	cm
Longitud del muro (L)	120	cm
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	4200	kg/cm^2
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	210	Kg/cm^2
d	100	cm
ρ_{min}	0.001916849	
As	2.875273164	cm^2
As	3.450327797	cm^2

Barra	Diam. (cm)	Área (cm ²)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribucion Vertical

As	3.4503278	cm ²				
n	4.8596166	und	5	und	29	cm

Ø	3/8"	@	25	cm
---	------	---	----	----

Distribucion Horizontal

As	2.8752732	cm ²				
n	4.0496805	und	3	und	48	cm

Ø	3/8"	@	45	cm
---	------	---	----	----

Cuantia minima de acero en la base del desarenado

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{1.8 * f_y}$$

$$A_{s\ min} = \rho_{min} * b * d$$

Ancho de la base (b)	100	cm
Altura libre del muro (h)	15	cm
Longitud del muro (L)	120	cm
f _y = 4200 kg/cm ²	4200	kg/cm ²
f _c = 210 kg/cm ²	210	Kg/cm ²
d	100	cm
ρ_{min}	0.001916849	
As	2.875273164	cm ²
As	3.450327797	cm ²

Barra	Diam. (cm)	Área (cm ²)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribucion Vertical

As	3.4503278	cm ²				
n	4.8596166	und	5	und	28	cm

Ø	3/8"	@	25	cm
---	------	---	----	----

Distribucion Horizontal

As	2.8752732	cm ²				
n	4.0496805	und	5	und	23	cm

Ø	3/8"	@	25	cm
---	------	---	----	----

8.3.5. Cámara de carga

La cámara de carga es una estructura clave en los sistemas de captación y conducción de agua para riego. Su función principal es recibir el caudal captado desde el vertedero o estructura de ingreso, regular su ingreso, y conducirlo de forma estable hacia el sistema de transporte (como una tubería o canal cerrado). Esta estructura permite estabilizar el flujo, reducir la velocidad del agua, y actuar como punto de control antes del ingreso al sistema de conducción.

En el presente diseño, se ha considerado un ingreso por vertedero de pared ancha, lo cual permite una medición precisa del caudal captado, y se garantiza que el agua ingrese libremente a la cámara bajo condiciones controladas. Asimismo, se han considerado condiciones geométricas apropiadas para facilitar la operación de limpieza, el ingreso eficiente y la conexión con el sistema de conducción aguas abajo.

✓ Fundamento técnico del diseño

Para calcular el ancho del vertedero necesario para permitir el paso del caudal de diseño, se emplea la siguiente expresión para vertederos de pared ancha:

$$Q = C * L * H^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q: caudal de diseño

C: coeficiente de descarga

L: longitud útil del vertedero

H: altura de carga sobre la cresta del vertedero

El coeficiente de descarga C depende del tipo de vertedero, las condiciones de flujo, y ha sido determinado a partir de diagramas y recomendaciones técnicas especializadas. En este caso

se ha tomado un valor de $C=2.13$, adecuado para un vertedero de pared ancha bajo condiciones de ingreso libre.

También se ha determinado la altura de carga en la entrada de la tubería de conducción usando la fórmula:

$$h_1 = \frac{0.0826 * Q^2}{C^2 * D^2}$$

Donde:

h_1 : perdida de carga en la entrada

Q: caudal

C: coeficiente de descarga

D: diámetro de la tubería de salida

Este cálculo permite establecer la carga necesaria para que el flujo continúe de manera estable hacia la línea de conducción, asegurando además un diseño compatible con las condiciones hidráulicas del sistema.

- **Consideraciones del diseño**

- ✓ La velocidad del flujo sobre el vertedero y en la cámara ha sido evaluada para evitar fenómenos de erosión o turbulencias indeseadas.
- ✓ Se considera un ingreso libre con una altura de carga estimada de 0.146 m.
- ✓ El canal de llegada posee un ancho de 0.30 m y un tirante de 0.127 m, dimensiones que garantizan la transición adecuada hacia la cámara.
- ✓ La cámara se conecta a una tubería de 4" (0.10 m de diámetro), diseñada para conducir el agua sin generar pérdidas mayores a las permitidas.
- ✓ Se verifica también que la altura total de carga generada sea suficiente para vencer la pérdida localizada en la entrada a la tubería.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el diseño hidráulico de la cámara de carga, considerando los parámetros establecidos para el caudal de ingreso, las características del vertedero de pared ancha, y la geometría del canal de llegada. Este diseño tiene como finalidad asegurar una transición eficiente y controlada del flujo hacia el sistema de conducción, garantizando la operatividad y seguridad hidráulica de la estructura.

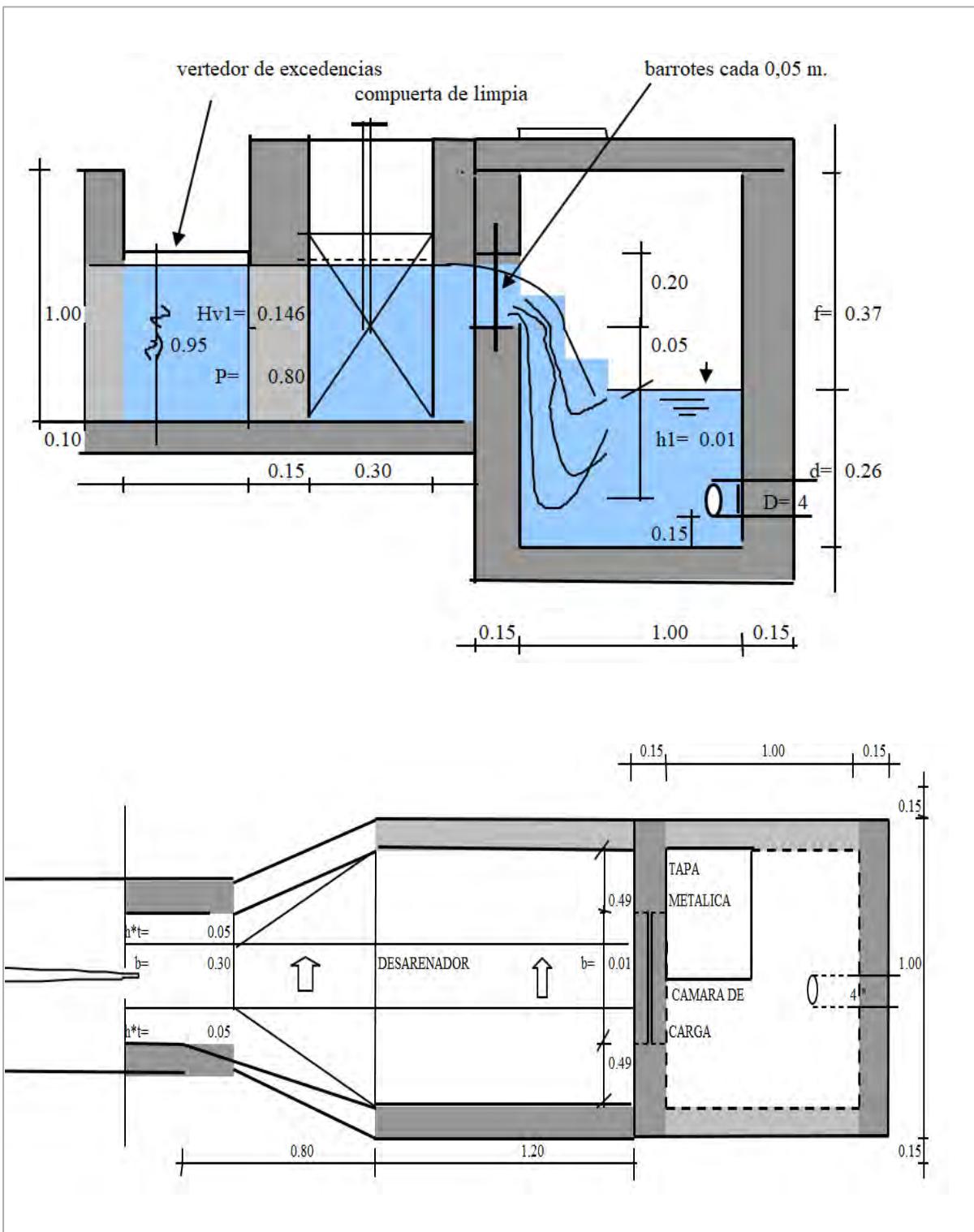
Es importante señalar que los cálculos realizados para la determinación de las dimensiones y parámetros hidráulicos se detallan en el Anexo 8, donde se puede verificar el procedimiento aplicado, así como las fórmulas y criterios técnicos empleados.

Tabla 108

Dimensiones y parámetros hidráulicos de la cámara de carga

Elemento	Símbolo	Valor obtenido	Unidad
Caudal de diseño	Q	0.015	m ³ /s
Altura total del vertedero	P	0.80	m
Altura de carga sobre la cresta	H	0.146	m
Coeficiente de descarga	C	2.130	-
Longitud útil del vertedero	L	0.01	m
Velocidad sobre el vertedero	V1	0.81	m/s
Velocidad de ingreso a la cámara	V2	1.76	m/s
Diámetro de la tubería de conducción	D	0.10	m
Altura de carga en la entrada (pérdida)	h1	0.0056	m
Altura total de carga	H1	0.63	m
Ancho del canal de llegada	b	0.30	m
Tirante del canal	d	0.127	m
Altura libre sobre el flujo	f	0.07	m

Nota. Elaboración propia.

Figura 70*Diseño hidráulico del desarenador*

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CAMARA DE CARGA

Parámetros generales

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Densidad del agua	1000	kg/m ³	
Peso específico del agua (γ_w)	9.81	kN/m ³	
Peso específico del concreto	24	kN/m ³	
Coeficiente de fricción (μ)	2.23	-	
Ángulo de fricción interna (ϕ)	39.33	°	
Capacidad portante del suelo	4.43	Tn/m ²	= 43.47 kN/m ²
Área de base (1.30 × 1.30)	1.69	m ²	Cámara de carga

Volumen y peso del concreto

Elemento	Dimensiones (m)	Volumen (m ³)	Peso (kN)
Losa inferior	1.30 × 1.30 × 0.15	0.254	6.10 (0.254 × 24)
Muros laterales (2)	2 × 1.00 × 1.00 × 0.15	0.3	7.2
Muros frontales (2)	2 × 1.00 × 1.00 × 0.15	0.3	7.2
Losa superior	1.30 × 1.30 × 0.15	0.254	6.1
Total	—	1.108 m³	26.6 kN

Factor de Empuje

Concepto	Fórmula	Valor	Unidad
Volumen desplazado	Área × Altura	1.69 × 1.30 = 2.197	m ³
Empuje de flotación (E_f)	V × γ_w	2.197 × 9.81 = 21.55	kN
FS - empuje	Peso / Empuje	26.6 / 21.55 = 1.71	si cumple (>1.5)

Verificación al deslizamiento

Concepto	Fórmula	Valor	Unidad
Empuje lateral del suelo (E)	0.5 × γ × H ² × K _a	0.5 × 8.19 × 1.3 ² = 6.	kN
Resistencia por fricción	μ × W	2.23 × 9.55 = 21.28	kN
FS - Deslizamiento	Fricción / Empuje	21.28 / 6.92 = 3.07	si Cumple (>1.5)

Verificación por capacidad portante

Concepto	Fórmula	Valor	Unidad
$q_{act} = W / A$	26.6 / 1.69	15.73	kN/m ²
Capacidad portante admisible	4.43 Tn/m ² = 43.47	43.47	kN/m ²
FS - Capacidad portante	q_{adm} / q_{act}	43.47 / 15.73 = 2.76	si Cumple (>2)

1. Cálculo del acero horizontal y vertical en muro de Desarenador

1.1. Datos Iniciales

Parámetro	Valor
Espesor del muro (b)	15 cm (0.15 m)
Altura libre del muro (h)	1.00 m
Longitud del muro (L)	1.00 m
Tipo de exposición	Normal (sin sulfatos)
Tipo de acero	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Tipo de concreto	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

1.2. Área mínima de acero requerido (NORMA E0.60)

La norma exige un área mínima de acero horizontal y vertical para garantizar ductilidad y evitar agrietamientos.

Cuantía mínima de acero en las paredes

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{1.8 * f_y} \quad A_{s min} = \rho_{min} * b * d$$

Espesor del muro (b)	15	cm
Altura libre del muro (h)	100	cm
Longitud del muro (L)	100	cm
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	4200	kg/cm^2
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	210	Kg/cm^2
d	100	cm
ρ_{min}	0.001916849	
A_s	2.875273164	cm^2
A_s	2.875273164	cm^2

Barra	Diam. (cm)	Área (cm ²)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribucion Vertical

As	2.8752732	cm ²				
n	4.0496805	und	5	und	24	cm

Ø	3/8"	@	20	cm
---	------	---	----	----

Distribucion Horizontal

As	2.8752732	cm ²				
n	4.0496805	und	3	und	48	cm

Ø	3/8"	@	45	cm
---	------	---	----	----

Cuantia minima de acero en la base de la camara de carga

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{1.8 * f_y}$$

$$A_{s\ min} = \rho_{min} * b * d$$

Ancho de la base (b)	100	cm
Altura libre del muro (h)	15	cm
Longitud del muro (L)	100	cm
f _y = 4200 kg/cm ²	4200	kg/cm ²
f' _c = 210 kg/cm ²	210	Kg/cm ²
d	100	cm
ρ_{min}	0.001916849	
As	2.875273164	cm ²
As	2.875273164	cm ²

Barra	Diam. (cm)	Área (cm ²)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribucion Vertical

As	2.8752732	cm ²				
n	4.0496805	und	5	und	23	cm

Ø	3/8"	@	20	cm
---	------	---	----	----

Distribucion Horizontal

As	2.8752732	cm ²				
n	4.0496805	und	5	und	23	cm

Ø	3/8"	@	25	cm
---	------	---	----	----

8.4. Reservorio

Como parte del proyecto para la implementación del sistema de riego en el centro poblado de Parpacalla, se ha considerado la construcción de un reservorio abierto que permita almacenar agua para su uso y satisfacer las necesidades hídricas de manera continua. El reservorio se plantea como una solución práctica y adaptable a las condiciones del terreno y clima de la zona.

Característica clave:

- Ubicación: la construcción del reservorio generalmente se realiza en terrenos con pendiente adecuada, de preferencia en un lugar amplio y llano.
- Forma y dimensiones: pueden ser de forma trapezoidal invertido con taludes inclinados para evitar deslizamientos o de forma rectangular.
- Materiales: el material empleado para su construcción puede ser concreto, revestido con geomembrana, compactado con arcilla para evitar filtraciones.
- Componentes: entre los componentes del reservorio se encuentra, entrada de agua, sistema de desagüe o aliviadero, obras de protección como el cercado.

8.4.1. *Diseño hidráulico*

El diseño hidráulico del reservorio realizado para el sistema de riego del centro poblado de Parpacalla responde a criterios técnico y normativos que garantizan su funcionalidad y eficiencia. Para su dimensionamiento se adoptó una sección trapezoidal, que comúnmente es empleada en reservorios de tierra y concreto, debido a su estabilidad estructural y facilidad de ejecución.

8.4.1.1. Criterios hidráulicos y volumen de diseño

El volumen útil del reservorio se definió en base al caudal de captación que aporta la quebrada Llulluchayoc, el cual aporta 15 ltrs/seg equivalente a 54 m³/h, empleando la formula básica de almacenamiento se tiene:

$$V = Q * t$$

Donde:

V: volumen (m³)

Q: caudal (m³/h)

T: tiempo de llenado (horas)

Se obtiene un volumen de llenado de:

$$V = Q * t = 54m^3/h * 8h = 432m^3$$

El tiempo de llenado del reservorio se ha estipulado en un total de 8 horas, teniendo en cuenta el periodo de riego asignado para los cultivos que es de cada 6 días. También se tuvo en cuenta que el volumen necesario para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos es de 410 m³ aproximadamente.

Este volumen de diseño incluye un tirante libre o de resguardo de 0.15m, necesario para evitar el desborde por oleaje o lluvias intensas. Así, el volumen útil es de 415m³ y el volumen total con resguardo es de 446m³

8.4.1.2. Geometría del reservorio

El reservorio está diseñado con un talud de inclinación 2:1 (H:V), con un ángulo de 63.43°, con base rectangular de dimensiones mayores y menores para definir el volumen del tronco de pirámide. El cálculo del volumen de excavación se realizó aplicando la formula del volumen de un prisma trapezoidal:

$$V_R = \frac{h}{3} * (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2})$$

Donde:

h: altura del reservorio

A1: área mayor

A2: área menor

En el caso del reservorio planteado:

$$V_R = \frac{h}{3} * (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2})$$

$$V_R = \frac{2.65}{3} * (230 + 158.83 + \sqrt{230 * 158.83}) = 512.29 \text{ m}^3$$

Este volumen garantiza la capacidad hidráulica del reservorio, considerando las dimensiones reales de la excavación.

8.4.1.3. Diseño constructivo y materiales

Se incorporaron elementos estructurales de concreto simple en losa de fondo, muros, viga solera y corona. La resistencia del talud natural estará complementada con un revestimiento impermeabilizante para evitar pérdidas por infiltración, siguiendo los criterios técnicos de sostenibilidad y eficiencia hidráulica.

El diseño del reservorio forma parte esencial del sistema de riego planteado para el centro poblado de Parpacalla, ya que permitirá almacenar y distribuir el recurso hídrico de manera eficiente.

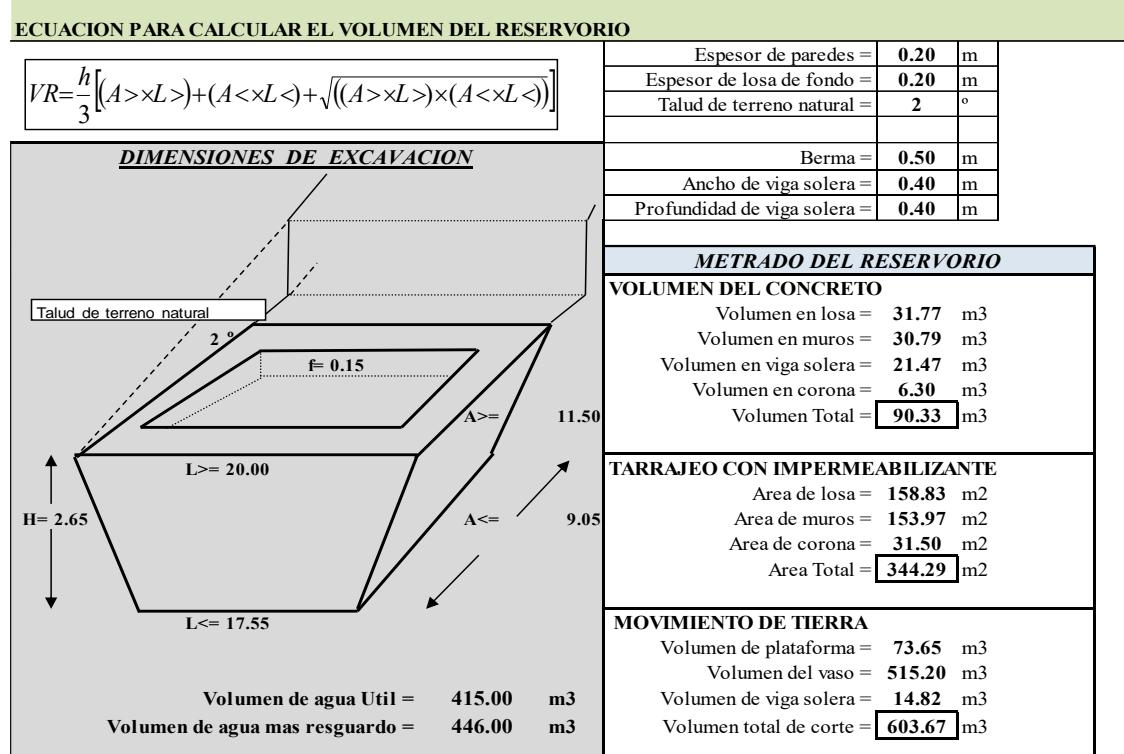
DISEÑO HIDRAULICO DE RESERVOARIO

SECCION TRAPEZOIDAL

PROYECTO: IMLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024

Nº	NOMBRE DE RIACHUELO	CAUDAL	CAUDAL
		l/s	m³/h
1	Llulluchayoc	15.00	54.00
2		15.00	54.00
3	Tiempo de llenado	Jr =	8.00
4	Volumen de llenado	V =	432.00

DIMENSIONES DEL RESERVOARIO			
		<i>sin C°</i>	<i>con C°</i>
Volumen teórico (m³)	Vt	= 432.00	
Tirante sin resguardo (m)	h	= 2.50	2.30
Largo mayor (m)	L>	= 20.00	19.60
Ancho mayor (m)	A>	= 11.50	11.10
Talud:			
Vert.	=	2.00	
Horiz.	=	1.00	
Angulo de inclinacion del talud	a	= 63.43	
Bordo libre (resguardo) (m)	f	= 0.15	
Altura total de excavacion (m)	H	= 2.65	2.45
Hipotenusa del talud (m)	ht	= 2.96	2.74
Corona (m)	C	= 0.50	
Largo menor (m)	L<	= 17.55	17.15
Ancho menor (m)	A<	= 9.05	8.65
Area mayor (m²)	Area>	= 230.00	217.56
Area menor (m²)	Area<	= 158.83	148.35
Cateto del talud (m)	b	= 1.33	1.23
Base del muro (m)	B	= 3.15	
Volumen de excavacion (m³)	VR	= 512.29	
Volumen total (con concreto)(n)	VU	=	445.54
Volumen agua util(con concreto)(m³)		=	



A continuación, se presenta una tabla resumen con las principales características técnicas del reservorio.

Tabla 109*Características técnicas del reservorio*

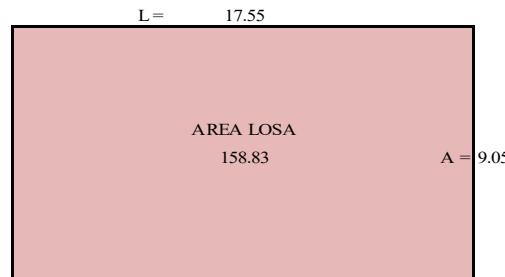
Parámetro	Valor
Caudal de diseño	15.00 l/s
Volumen útil	415.00 m ³
Volumen total con resguardo	446.00 m ³
Tiempo de llenado	8 horas
Altura total de excavación	2.65 m
Volumen de excavación	512.29 m ³
Movimiento de tierras total	603.67 m ³

Nota. elaboración propia.

DISEÑO ESTRUCTURAL DE RESERVORIO DE RIEGO SECCION TRAPEZOIDAL

DATOS:

L =	17.55 m	Largo menor (según calculo hidraulico)
A =	9.05 m	Ancho menor (según calculo hidraulico)
H =	2.30 m	Altura del reservorio (según calculo hidraulico)
V =	445.54 m ³	Volumen total del reservorio (según calculo hidraulico)
f'c =	21.00 Kg/cm ²	Resistencia a la compresion del Cº propuesto
f _y =	4,200.00 Kg/cm ²	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
g C' =	2,400.00 Kg/m ³	Peso especifico del Concreto
g L =	1,000.00 Kg/m ³	Peso especifico del Liquido (agua)
g S =	1,800.000 Kg/m ³	Peso especifico del Suelo
q =	0.70 Kg/cm ²	Capacidad Portante del Suelo (según laboratorio)
r =	0.05 m	Recubrimiento

DIMENSIONAMIENTO DE LA LOSA DE FONDO**PESO DEL RESERVORIO**

P. agua =	0.28 Kg/cm ²
P. losa =	0.048 Kg/cm ²
Peso Reserv. =	0.33 Kg/cm ²
FS =	1.50
Peso Total =	0.49 Kg/cm ²
q > P	
0.70 > 0.49	OK

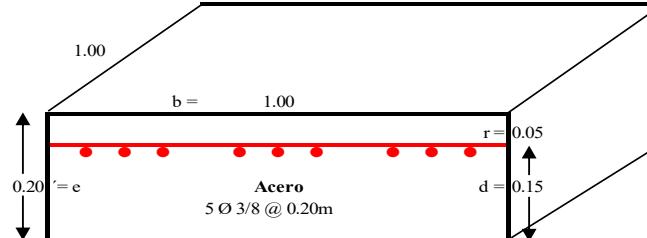
ESPESOR DE LOSA e = L max/24

Longitud del paño de Losa	3.00 m
Recubrimiento	0.05 m
Espesor de la losa e = L max/24	0.20 m

DISEÑO DE REFUERZO POR FLEXION

$$As(\min) = \frac{0.7 \sqrt{f'c b d}}{f_y}$$

As (min) =	3.62 cm ²	Acero minimo
Ø =	0.71 cm ²	3/8 (diametro de acero asumido)
Nº =	5.10 Varrotes	Cantidad de acero para 1 m
S =	0.20 m	espaciamento entre varrotes

CALCULO DE LOSA PARA 1 m²**PROPIEDADES DEL ACERO**

Ø Pulgada	Ø mm	PESO Kg/m	AREA cm ²
1/4	6.4	0.248	0.32
3/8	9.5	0.559	0.71
1/2	12.7	0.993	1.27
5/8	15.9	1.552	1.98
3/4	19.0	2.235	2.85
1	25.4	3.973	5.07

8.5. Diseño hidráulico para el sistema de conducción y distribución

El diseño hidráulico de un sistema de riego comprende la determinación del caudal requerido, el dimensionamiento de tuberías y la verificación de presiones para garantizar una distribución eficiente del recurso hídrico desde la fuente hasta las parcelas.

Se analizarán principalmente en esta sección:

- Línea de conducción (línea de tubería que une la captación y reservorio)
- Red de distribución (del reservorio a las parcelas, las cuales se dividen en 3 sectores Parpacalla 1, 2 y 3)

8.5.1. Diseño hidráulico de la línea de conducción

El cálculo hidráulico para la línea de conducción constituye el diseño del sistema de tuberías y accesorios que garanticen el transporte eficiente y seguro del agua desde el punto de captación hasta la zona de distribución. El proceso de diseño está de acuerdo a los principios de la hidráulica de flujo a presión en donde se considerará las características topográficas del terreno así también los requerimientos del caudal de diseño.

Como objetivo principal de esta etapa está en asegurar que el sistema funcione dentro de los parámetros adecuados de velocidad presión y perdida de carga, evitando fenómenos como el golpe de ariete, cavitación o sedimentación. Además, se emplearon formulas como la ecuación de continuidad, la fórmula de Hazen y Williams para el cálculo de perdidas por fricción en tuberías de PVC y los criterios técnicos establecidos por el ministerio de agricultura y riego (MIDAGRI)

8.5.1.1. Criterios técnicos de diseño

El diseño se sustenta en parámetros clave los cuales definen el comportamiento del sistema frente a condiciones reales de operación, los cuales se resumen a continuación:

Tabla 110

Parámetros de diseño hidráulico - Línea de conducción

Parámetro	Descripción
Caudal de diseño (Q)	Máximo caudal requerido para satisfacer la demanda hídrica.
Longitud de conducción	Medida lineal del trayecto entre la captación y el inicio de la red.
Material de tubería	Seleccionado en función de presión, clima, durabilidad y costos.
Diámetro nominal (DN)	Define el área de paso del agua, afecta velocidad y pérdida de energía.
Pendiente del terreno	Incide directamente en la presión interna y velocidad de transporte.
Pérdidas por fricción	Energía disipada por roce del agua con las paredes internas de la tubería.
Accesorios hidráulicos	Elementos complementarios que controlan presión, aire y sobrecargas.

Nota. elaboración propia.

8.5.1.2. Características del diseño

Una vez establecidos los parámetros fundamentales, se define las características técnicas concretas de diseño. En este paso se selecciona materiales, dimensiones que garanticen el transporte del caudal requerido teniendo en cuenta las condiciones del terreno, se realiza, además, un análisis de pérdidas de carga, se verifica la velocidad del agua y se define la instalación de puntos de control.

Las siguientes tablas resumen las decisiones adoptadas para el diseño de la línea de conducción.

Tabla 111

Diseño del tramo Captación - Cámara rompe presión 1

Parámetro	Valor
Longitud horizontal	698.15 m
Longitud inclinada	700.01 m
Cota inicial	3386.00 m
Cota final	3335.00 m
Caudal máximo	93.29 L/s
Diámetro nominal	6"
Diámetro interior	168.00 mm
Clase de tubería	C-10
Velocidad	0.68 m/s

Parámetro	Valor
Pendiente	0.0025
Pérdida de carga (Hf)	1.73m
Presión final	49.27 mca

Nota. elaboración propia.

- La velocidad está dentro del rango aceptable para PVC (< 2.5 m/s).
- El diámetro elegido asegura una pérdida de carga moderada y presión adecuada al final del tramo.

Tabla 112

Diseño del tramo Cámara rompe presión 1- Reservorio

Parámetro	Valor
Longitud horizontal	3272.85 m
Longitud inclinada	3273.71 m
Cota inicial	3335.00 m
Cota final	3260.00 m
Caudal máximo	49.88 L/s
Diámetro nominal	6"
Diámetro interior	168 mm
Clase de tubería	C-10
Velocidad	0.68 m/s
Pendiente	0.0025
Pérdida de carga (Hf)	8.11 m
Presión final	66.89 mca

Nota. Elaboración propia

- La pérdida de carga es significativa por la gran longitud del tramo, pero es compensada por una buena pendiente.
- La presión al final del tramo es suficiente para garantizar distribución por gravedad a los sectores de riego.

Tabla 113

Diseño línea de conducción

Tramo	Longitud	Q máx (L/s)	Ø int. (mm)	Clase V (m/s)	Hf (m)	Presión final (mca)
CAP – CRP	698.15	93.29	168.00	C-10 0.68	1.73	49.27
CRP – RES	3272.85	49.88	168.00	C-10 0.68	8.11	66.89
Total	3984.94	-	-	-	9.84	-

Nota. elaboración propia.

- Se ha seleccionado un diámetro nominal de 6 pulgadas, clase C-10, conforme al caudal conducido y la pendiente del terreno.
- Las velocidades son hidráulicamente eficientes, evitando sedimentaciones o erosión.
- Las pérdidas de carga acumuladas están dentro de un rango adecuado para mantener presiones operativas correctas.

8.5.2. Diseño hidráulico de la red de distribución

La red de distribución cumple el papel esencial de transportar el agua almacenado en el reservorio hasta los puntos de uso, ya sea en parcelas agrícolas o puntos de entrega para el riego. Para su diseño se ha considerado criterios técnicos de eficiencia, presión mínima, velocidad de flujo y el uso del material. Para ello, se aplicaron principios de hidráulica empleando el método de Hardy Cross para redes ramificadas y las fórmulas de perdida de carga (Darcy – Weisbach y Hazen – Williams) según corresponda.

El cálculo realizado para el diseño de los 3 sectores considerados para el área de riego se muestra a continuación.

8.5.2.1. Definición del sistema de distribución

El sistema de red de distribución de los sectores Parpacalla 1, 2 y 3 está conformado por una red ramificada (tipo árbol) diseñada para operar por gravedad. Se distribuye desde un punto de entrega (cámara rompe presión) hacia ramales secundarios y terciarios que abastecen parcelas agrícolas. El caudal de diseño ha sido determinado a partir de la demanda de riego total, considerando el coeficiente de simultaneidad.

8.5.2.2. Determinación de diámetros y longitud de tuberías

Para el dimensionamiento de los diámetros de las tuberías se ha empleado la fórmula de Hazen-Williams para flujo a presión, bajo la condición de que la velocidad no exceda los 2.5 m/s y que la pérdida de carga no supere los 10 m cada 100 m de tubería.

Se seleccionaron considerando la disponibilidad comercial (tuberías PVC), las velocidades adecuadas para evitar sedimentación o golpe de ariete, y las pérdidas de carga admisibles para garantizar presión mínima.

8.5.2.3. Evaluación de presiones mínimas y máximas

Se evaluó la presión en cada punto del sistema mediante el principio de Bernoulli, tomando en cuenta la pérdida de carga en el tramo y la cota topográfica. La presión mínima debe superar 10 m.c.a. en todos los puntos, y no debe superar 70 m.c.a. para evitar daños estructurales en las tuberías.

Todas las presiones se mantienen dentro del rango admisible. Se garantizará la instalación de válvulas de aire y válvulas rompe presión en los tramos con mayor carga estática.

DISEÑO HIDRAULICO
SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION

PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO Poblado de PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO – AÑO 2024

$$Q = 0,2785 * C^* D^* 2,63^* S^* 0,54$$

REGION: CUSCO CUSCO
PROVINCIA: PAUCARTAMBO
DISTRITO: PAUCARTAMBO

$$H_f = (\{ V / 0,355 * C^* D^* 0,63 \} ^{1,852}) * L$$

CARACTERISTICAS DE LAS TUBERIAS

TUBERIA PVC NORMA NTP 399.002	DIAMETRO EXTERIOR	Diámetro nominal	Pulg.	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6	8	10	12
		Diámetro real	mm	21	26.5	33	48	60	73	88.5	114	168	219	273	323
		Clase-5					60.00	73.00	88.50	114.00	168.00	219.00	273.00	307.20	
		Clase-7.5					44.4	60.00	73.00	88.50	114.00	168.00	219.00	273.00	299.60
		Clase-10	17.4	22.9	29.4	43.4	60.00	73.00	88.50	114.00	168.00	219.00	273.00	292.20	
		Clase-15	17.9	22.9	28.4	41.4	60.00	73.00	88.50	114.00	168.00	219.00	273.00	278.00	

CALCULO HIDRAULICO DE LA LINEA DE CONDUCCION

TRAMO	LONG.HORI Z	LONG. INCL.	COTA TRAMO	CAUDAL	Q. MAX. QUE	DIÁM. TUB.	Ø TUB. CALC.	TUB. CLASE	DN	VELOCIDAD	COTA PIEZOMETRICA	PENDIENTE	PÉRD. CARGA (m)	DN Acum.	PRESION							
	(m)	(m)	INICIA L	FINAL	ASUMIDO (L/s)	CONDUCE (L/s)	Nom.(Pulg)	Int. (mm)	Int. (mm)	(m)	(m/s)	(m/s)	INICIO	FINAL	(%)	S (m/m)	Hf (m)	(m)	(mca)	(mca)		
CAP	C.INSPI	698.15	700.01	3386.00	3335.00	15.00	93.29	6	168.00	83.98	C-10.0	51.00	0.68	OK	3386.00	3384.27	7.31	0.0025	1.73	51.00	49.27	OK
C.INSPI	RESERVORIO	3272.85	3273.71	3335.00	3260.00	15.00	49.88	6	168.00	106.53	C-10.0	75.00	0.68	OK	3335.00	3326.89	2.29	0.0025	8.11	126.00	66.89	OK
	TOTAL =	3971.00	3973.72																			

CANTIDAD TOTAL DE TUBERIAS

Ø	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6	8	10	12	TOTAL (m)
C-5					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
C-7.5					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
C-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3973.72	0.00	0.00	0.00	
C-15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL	0	3974	0	0	0	3973.72							

ASPERSOR VYR - 60

Rango de caudal	min	max	promedio
	800	3270	2035
	0.222	0.908	0.565

Lt/h
Lt/s

Presion Nominal	min	max	promedio	1 bar = 10.2 mca
	1.75	5	3.375	BAR
	17.85	51	34.425	mca

CALCULO HIDRAULICO DE LA RED DE DISTRIBUCION - SECTOR Parpacalla 1

TRAMO	LONG.HORI Z.	LONG. INCL.	COTA TRAMO		CAUDAL ASUMIDO (L/s)	Q. MAX. QUE (L/s)	DIÁM. TUB.		Ø TUB. CALC.	TUB. CLASE	DN		VELOCIDAD		COTA PIEZOMETRICA		PÉRD. CARGA (m)	DN Acum.		PRESION	
			INICIA L	FINAL			Nom.(Pulg)	Int. (mm)			(m)	(m/s)	(m/s)	INICIO	FINAL	(%)	S (m/m)	Hf (m)	(m)	(mca)	(mca)
RES.	A	73.59	74.02	3290.00	3282.00	15.00	115.26	6	168.00	77.49	C-5.0	8.00	0.68	OK	3290.00	3289.82	10.87	0.00	0.18	8.00	7.82
A	B	86.94	101.30	3282.00	3230.00	15.00	267.35	6	168.00	56.29	C-5.0	52.00	0.68	OK	3289.82	3289.57	59.81	0.00	0.25	60.00	59.57
B	H-01	52.64	54.47	3230.00	3216.00	0.91	1.88	1	29.40	22.35	C-10.0	14.00	1.34	OK	3289.57	3286.36	26.60	0.06	3.21	74.00	70.36
B	VC-01	0.50	5.52	3230.00	3224.50	14.00	382.40	6	168.00	47.86	C-7.5	5.50	0.63	OK	3289.57	3289.55	1100.00	0.00	0.01	65.50	65.05
VC-01	CRP-01	0.50	0.71	3224.50	3224.00	14.00	317.84	6	168.00	51.34	C-7.5	5.50	0.63	OK	3289.55	3289.55	100.00	0.00	0.00	66.00	65.55
CRP-01	C	52.50	54.88	3224.00	3208.00	1.82	13.13	2	60.00	28.34	C-5.0	16.00	0.64	OK	3289.55	3289.18	30.48	0.01	0.37	82.00	15.63
C	H-02	36.97	37.45	3208.00	3202.00	0.91	1.46	1	29.40	24.63	C-10.0	6.00	1.34	OK	3289.18	3286.98	16.23	0.06	2.21	88.00	19.42
C	H-03	26.61	30.07	3208.00	3194.00	0.91	2.59	1	29.40	19.78	C-10.0	14.00	1.34	OK	3289.18	3287.41	52.61	0.06	1.77	96.00	27.86
CRP-01	D	72.50	83.79	3224.00	3182.00	14.00	95.20	4	114.00	55.10	C-5.0	42.00	1.37	OK	3289.55	3288.35	57.93	0.01	1.21	108.00	40.79
D	H-04	50.00	50.04	3182.00	3180.00	1.82	0.69	1	29.40	42.61	C-10.0	2.00	2.68	OK	3288.35	3278.39	4.00	0.20	9.95	110.00	32.84
H-04	H-05	165.16	167.52	3180.00	3152.00	0.91	1.49	1	29.40	24.41	C-10.0	28.00	1.34	OK	3278.39	3268.52	16.95	0.06	9.87	138.00	50.97
D	VC-02	62.73	70.42	3182.00	3150.00	14.00	90.28	4	114.00	56.22	C-5.0	32.00	1.37	OK	3182.00	3180.99	51.01	0.01	1.01	140.00	30.99
VC-02	CRP-02	0.50	0.71	3150.00	3149.50	14.00	114.63	4	114.00	51.34	C-5.0	0.50	1.37	OK	3180.99	3180.98	100.00	0.01	0.01	140.50	31.48
CRP-02	E	75.30	77.78	3149.50	3130.00	14.00	65.48	4	114.00	63.51	C-5.0	19.50	1.37	OK	3180.98	3179.86	25.90	0.01	1.12	160.00	18.38
E	H-08	67.41	68.47	3130.00	3118.00	3.63	9.98	2	60.00	40.94	C-5.0	12.00	1.29	OK	3179.86	3178.31	17.80	0.02	1.55	172.00	28.83
H-08	H-09	125.38	125.38	3118.00	3117.50	2.73	1.29	2	60.00	79.77	C-5.0	0.50	0.96	OK	3178.31	3176.60	0.40	0.01	1.71	172.50	27.62
H-09	H-10	70.86	71.04	3117.50	3112.50	1.82	6.10	2	60.00	37.94	C-5.0	5.00	0.64	OK	3176.60	3176.12	7.06	0.01	0.48	177.50	32.15
H-10	H-11	103.75	108.01	3112.50	3082.45	0.91	1.96	1	29.40	21.99	C-10.0	30.05	1.34	OK	3176.12	3169.76	28.96	0.06	6.37	207.55	55.83
E	H-7	27.00	31.38	3130.00	3114.00	1.82	2.72	1	29.40	25.27	C-10.0	16.00	2.68	OK	3179.86	3173.61	59.26	0.20	6.24	176.00	28.14
H-7	H-6	90.54	90.63	3114.00	3110.00	0.91	0.73	1	29.40	32.08	C-10.0	4.00	1.34	OK	3173.61	3168.27	4.42	0.06	5.34	180.00	26.80
E	F	96.86	108.10	3130.00	3082.00	14.00	89.16	4	114.00	56.48	C-7.5	48.00	1.37	OK	3179.86	3178.30	49.56	0.01	1.56	208.00	64.82
F	H-12	30.78	31.04	3082.00	3078.00	0.94	1.29	1	29.40	26.09	C-10.0	4.00	1.38	OK	3178.30	3176.36	13.00	0.06	1.94	212.00	66.88
F	CRP-3	30.50	34.44	3082.00	3066.00	16.35	91.36	4	114.00	59.36	C-10.0	16.00	1.60	OK	3178.30	3177.64	52.46	0.02	0.66	224.00	80.16
CRP-3	H	35.34	39.66	3066.00	3048.00	16.35	90.22	4	114.00	59.65	C-5.0	18.00	1.60	OK	3177.64	3176.88	50.93	0.02	0.76	242.00	17.24
H	H-13	45.82	46.36	3048.00	3040.93	5.45	9.26	2	60.00	49.14	C-5.0	7.07	1.93	OK	3176.88	3174.74	15.43	0.05	2.13	249.07	22.18
H-13	G	82.59	82.60	3040.93	3040.00	4.54	2.27	2	60.00	78.27	C-5.0	0.93	1.61	OK	3174.74	3171.98	1.13	0.03	2.76	250.00	20.35
G	H-14	24.29	26.27	3040.00	3030.00	1.82	2.32	1	29.40	26.83	C-10.0	10.00	2.68	OK	3171.98	3166.76	41.17	0.20	5.22	260.00	25.12
H-14	H-15	70.00	84.88	3030.00	2982.00	0.91	2.88	1	29.40	19.01	C-10.0	48.00	1.34	OK	3166.76	3161.76	68.57	0.06	5.00	308.00	68.12
G	H-16	97.92	97.97	3040.00	3037.00	2.73	3.89	2	60.00	52.50	C-5.0	3.00	0.96	OK	3171.98	3170.65	3.06	0.01	1.34	253.00	22.01
H-16	H-17	49.17	53.47	3037.00	3016.00	1.82	2.36	1	29.40	26.66	C-10.0	21.00	2.68	OK	3170.65	3160.02	42.71	0.20	10.63	274.00	32.38
H-17	H-18	90.27	98.41	3016.00	2976.80	0.91	2.38	1	29.40	20.43	C-10.0	39.20	1.34	OK	3160.02	3154.22	43.43	0.06	5.80	313.20	65.78
H	H-19	64.40	65.51	3048.00	3036.00	2.73	10.22	2	60.00	36.37	C-5.0	12.00	0.96	OK	3176.88	3175.98	18.63	0.01	0.89	254.00	28.35
H-19	H-20	84.93	86.61	3036.00	3019.00	1.82	1.62	1	29.40	30.74	C-10.0	17.00	2.68	OK	3175.98	3158.76	20.02	0.20	17.23	271.00	28.12
H-20	H-21	58.85	59.53	3019.00	3010.00	0.91	1.41	1	29.40	24.92	C-10.0	9.00	1.34	OK	3158.76	3155.25	15.29	0.06	3.51	280.00	33.61
H	I	98.36	104.74	3048.00	3012.00	8.18	39.89	3	88.50	48.53	C-7.5	36.00	1.33	OK	3176.88	3174.96	36.60	0.02	1.91	278.00	51.33
I	H-22	88.90	91.83	3012.00	2989.00	6.36	33.63	3	88.50	47.06	C-7.5	23.00	1.03	OK	3174.96	3173.91	25.87	0.01	1.05	301.00	73.27
I	H-23	92.17	98.24	3012.00	2978.00	1.82	2.21	1	29.40	27.36	C-10.0	34.00	2.68	OK	3174.96	3155.43	36.89	0.20	19.54	312.00	65.79
H-23	H-24	76.71	81.66	2978.00	2950.00	0.91	2.20	1	29.40	21.07	C-10.0	28.00	1.34	OK	3155.43	3150.61	36.50	0.06	4.81	340.00	88.98
H-22	CRP-4	52.90	55.27	2989.00	2973.00	5.45	36.36	3	88.50	43.09	C-10.0	16.00	0.89	OK	3173.91	3173.44	30.25	0.01	0.48	317.00	88.80
CRP-4	TEE-8	51.23	56.16	2973.00	2950.00	5.45	43.86	3	88.50	40.13	C-10.0	23.00	0.89	OK	3173.44	3172.95	44.90	0.01	0.48	340.00	22.52
TEE-8	H-25	47.12	48.62	2950.00	2938.00	0.91	1.84	1	29.40	22.54	C-10.0	12.00	1.34	OK	3172.95	3170.09	25.47	0.06	2.87	352.00	31.65
TEE-8	H-26	42.28	43.37	2950.00	2940.35	0.91	1.74	1	29.40	23.02	C-10.0	9.65	1.34	OK	3172.95	3170.40	22.82	0.06	2.56	349.65	29.61
TEE-8	TEE-9	112.86	126.89	2950.00	2892.00	3.63	16.74	2	60.00	33.63	C-10.0	58.00	1.29	OK	3172.95	3170.09	51.39	0.02	2.87	398.00	77.65
TEE-9	H-27	38.33	38.37	2892.00	2890.28	1.82	0.73	1	29.40	41.62	C-10.0	1.72	2.68	OK	3170.09	3162.46	4.49	0.20	7.63	399.72	71.74
H-27	H-28	44.01	45.57	2890.28	2878.46	0.91	1.89	1	29.40	22.31	C-10.0	11.82	1.34	OK	3162.46	3159.77	26.86	0.06	2.69	411.54	80.87
TEE-9	H-29	74.00	74.58	2892.00	2882.72	0.94	1.27	1	29.40	26.28	C-10.0	9.28	1.38	OK	3170.09	3165.42	12.54	0.06	4.67	407.28	82.26
H-29	H-30	75.00	75.01	2882.72	2881.45	0.94	0.43	1	29.40	39.57	C-10.0	1.27	1.38	OK	3165.42	3160.72	1.69	0.06	4.70	408.55	78.84
TEE-9	VP-01	78.92	81.11	2892.00	2873.27	0.00	11.58	2	60.00</td												

CALCULO HIDRAULICO DE LA RED DE DISTRIBUCION - SECTOR Parpacalla 2

TRAMO	Z.	LONG. INCL.	COTA TRAMO		CAUDAL	QUE	DIÁM. TUB.		CALC.	TUB. CLASE	DN	VELOCIDAD		PIEZOMETRICA		PENDIENTE	PÉRD. CARGA (m)		DN Acum.	PRESION		
	(m)	(m)	INICIA L	FINAL	ASUMIDO(L/s)	CONDUCE (L/s)	Nom.(Pulg)	Int. (mm)	Int. (mm)		(m)	(m/s)	(m/s)	INICIO	FINAL	(%)	S (m/m)	Hf (m)	(m)	(mca)	(mca)	
A	TEE	47.43	47.43	3282.00	3281.46	33.61	34.19	6	168.00	167.09	C-5.0	0.54	1.52	OK	3289.82	3289.29	1.14	0.01	0.52	8.54	7.83	
TEE	H-31	33.45	36.85	3281.46	3266.00	0.91	2.45	1	29.40	20.21	C-10.0	15.46	1.34	OK	3289.29	3287.12	46.22	0.06	2.17	24.00	21.12	OK
TEE	H-32	138.50	139.36	3281.46	3266.00	32.70	116.90	6	168.00	103.64	C-5.0	15.46	1.48	OK	3289.29	3287.83	11.16	0.01	1.46	24.00	21.83	OK
H-32	H-33	110.10	110.32	3266.00	3259.00	31.79	86.46	6	168.00	114.99	C-5.0	7.00	1.43	OK	3287.83	3286.73	6.36	0.01	1.10	31.00	27.73	OK
H-33	T-10	98.31	98.32	3259.00	3258.00	31.79	32.17	6	168.00	167.42	C-5.0	1.00	1.43	OK	3286.73	3285.76	1.02	0.01	0.98	32.00	27.76	OK
T-10	T-11	42.75	48.08	3258.00	3236.00	9.99	90.62	4	114.00	49.38	C-7.5	22.00	0.98	OK	3285.76	3285.39	51.46	0.01	0.37	54.00	49.39	OK
T-11	T-12	87.52	97.08	3236.00	3194.00	9.08	87.92	4	114.00	48.18	C-10.0	42.00	0.89	OK	3285.39	3284.76	47.99	0.01	0.63	96.00	90.76	OK
T-11	H-34	53.14	54.36	3236.00	3224.57	0.91	1.69	1	29.40	23.29	C-10.0	11.43	1.34	OK	3285.39	3282.18	21.51	0.06	3.20	65.43	57.61	OK
T-12	H-35	156.86	157.08	3194.00	3185.73	1.82	0.80	1	29.40	40.27	C-10.0	8.27	2.68	OK	3284.76	3253.52	5.27	0.20	31.24	104.27	67.79	OK
H-35	H-36	63.24	68.66	3185.73	3159.00	0.91	2.35	1	29.40	20.52	C-10.0	26.73	1.34	OK	3253.52	3249.47	42.27	0.06	4.05	131.00	90.47	OK
T-12	CRP-6	13.91	16.05	3194.00	3186.00	7.27	94.92	4	114.00	42.99	C-5.0	8.00	0.71	OK	3284.76	3284.69	57.51	0.00	0.07	104.00	98.69	OK
CRP-6	T-13	37.91	39.76	3186.00	3174.00	7.27	37.19	3	88.50	47.66	C-10.0	12.00	1.18	OK	3284.69	3284.11	31.65	0.01	0.58	116.00	114.2	
T-13	H-37	25.75	29.80	3174.00	3159.00	1.82	2.70	1	29.40	25.34	C-10.0	15.00	2.68	OK	3284.11	3278.18	58.25	0.20	5.93	131.00	20.49	OK
H-37	H-38	111.76	114.10	3159.00	3136.00	0.91	1.65	1	29.40	23.49	C-10.0	23.00	1.34	OK	3278.18	3271.45	20.58	0.06	6.73	154.00	36.76	OK
T-13	H-40	124.57	134.23	3174.00	3124.00	5.45	41.67	3	88.50	40.92	C-10.0	50.00	0.89	OK	3284.11	3282.95	40.14	0.01	1.16	166.00	60.26	OK
H-40	H-41	73.00	73.44	3124.00	3116.00	1.82	1.18	1	29.40	34.69	C-10.0	8.00	2.68	OK	3282.95	3268.35	10.96	0.20	14.60	174.00	53.66	OK
H-41	H-42	62.83	75.58	3116.00	3074.00	0.91	2.85	1	29.40	19.08	C-10.0	42.00	1.34	OK	3268.35	3263.89	66.85	0.06	4.45	216.00	91.20	OK
H-40	H-39	40.81	41.25	3124.00	3118.00	0.91	1.26	1	28.40	25.12	C-10	6.00	1.43	OK	3282.95	3280.08	14.70	0.07	2.87	172.00	63.39	OK
H-40	CRP-7	21.05	25.28	3124.00	3110.00	1.82	18.57	2	60.00	24.85	C-5.0	14.00	0.64	OK	3282.95	3282.78	66.51	0.01	0.17	180.00	74.09	OK
CRP-7	T-14	27.10	30.50	3110.00	3096.00	1.82	16.78	2	60.00	25.82	C-5.0	14.00	0.64	OK	3282.78	3282.58	51.66	0.01	0.20	194.00	13.80	
T-14	T-15	85.32	85.90	3096.00	3086.00	1.82	1.23	1	29.40	34.22	C-10.0	10.00	2.68	OK	3282.58	3265.49	11.72	0.20	17.08	204.00	6.71	
T-15	H-44	51.30	57.51	3086.00	3060.00	1.82	2.55	1	29.40	25.90	C-10.0	26.00	2.68	OK	3265.49	3254.05	50.68	0.20	11.44	230.00	21.27	OK
T-15	H-43	70.21	72.01	3086.00	3070.00	0.91	1.74	1	29.40	23.03	C-10.0	16.00	1.34	OK	3265.49	3261.25	22.79	0.06	4.24	220.00	18.47	OK
T-14	VP-2	10.00	11.66	3096.00	3090.00	0.00	17.85	2	60.00	0.00	C-5.0	6.00			3282.58	3282.58	60.00	0.00	0.00	200.00	19.80	OK
TOTAL =		1586.82	1664.60																			

CANTIDAD TOTAL DE TUBERIAS

Ø	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6	8	10	12	TOTAL (m)
C-5					68.00	0.00	0.00	17.00	396.00				
C-7.5					0.00	0.00	0.00	0.00	49.00	0.00			
C-10	0.00	0.00	867.00	0.00	0.00	0.00	174.00	98.00	0.00				
C-15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
TOTAL	0	0	867	0	68	0	174	164	396	0	0	0	1669.00

CALCULO HIDRAULICO DE LA RED DE DISTRIBUCION - SECTOR Parpacalla 3

TRAMO	Z	LONG. INCL.	COTA TRAMO		CAUDAL	QUE	DIÁM. TUB.		CALC.	TUB. CLASE	DN	VELOCIDAD		PIEZOMETRICA		PENDIENTE	PÉRD. CARGA (m)		DN Acum.	PRESION		
	(m)	(m)	INICIA L	FINAL	ASUMIDO(L/s)	CONDUCE(L/s)	Nom.(Pulg)	Int. (mm)	Int. (mm)		(m)	(m/s)	(m/s)	INICIO	FINAL	(%)	S (m/m)	Hf (m)	(m)	(mca)	(mca)	
T-10	H-45	20.23	20.62	3258.00	3254.00	26.34	57.01	4	114.00	85.12	C-5.0	4.00	2.58	OK	3258.00	3257.04	19.77	0.05	0.96	36.00	30.80	OK
H-45	H-46	55.70	55.70	3254.00	3253.61	25.43	9.48	4	114.00	166.06	C-5.0	0.39	2.49	OK	3254.00	3251.58	0.70	0.04	2.42	36.39	28.77	OK
H-46	H-47	114.20	114.26	3253.61	3250.00	24.53	21.40	4	114.00	120.22	C-5.0	3.61	2.40	OK	3251.58	3246.93	3.16	0.04	4.65	40.00	27.73	OK
H-47	T-16	81.01	81.02	3250.00	3248.49	23.62	16.09	4	114.00	132.07	C-5.0	1.51	2.31	OK	3246.93	3243.86	1.86	0.04	3.07	41.51	26.17	OK
T-16	H-48	16.70	18.99	3248.49	3239.44	0.91	2.62	1	29.40	19.69	C-10.0	9.05	1.34	OK	3243.86	3242.74	54.19	0.06	1.12	50.56	34.10	OK
T-16	T-17	105.75	106.09	3248.49	3240.00	22.71	35.34	4	114.00	96.48	C-7.5	8.49	2.22	OK	3248.49	3244.75	8.03	0.04	3.74	50.00	30.91	OK
T-17	H-49	41.90	46.56	3240.00	3219.69	1.82	2.50	1	29.40	26.09	C-10.0	20.31	2.68	OK	3244.75	3235.49	48.47	0.20	9.26	70.31	41.96	OK
H-49	H-50	68.40	68.96	3219.69	3210.90	0.91	1.29	1	29.40	25.81	C-10.0	8.79	1.34	OK	3219.69	3215.62	12.85	0.06	4.07	79.10	46.69	OK
T-17	T-18	126.70	131.72	3240.00	3204.00	20.89	68.61	4	114.00	72.65	C-7.5	36.00	2.05	OK	3244.75	3240.77	28.41	0.03	3.98	86.00	62.93	
T-18	H-51	42.70	42.71	3204.00	3203.00	0.91	0.52	1	29.40	36.54	C-10.0	1.00	1.34	OK	3240.77	3238.25	2.34	0.06	2.52	87.00	61.41	OK
T-18	H-52	93.00	98.35	3204.00	3172.00	0.91	2.13	1	29.40	21.29	C-10.0	32.00	1.34	OK	3240.77	3234.97	34.41	0.06	5.80	118.00	89.13	OK
T-18	CRP-9	39.56	46.27	3204.00	3180.00	19.08	96.97	4	114.00	61.54	C-10.0	24.00	1.87	OK	3240.77	3239.59	60.67	0.03	1.18	110.00	85.75	OK
CRP-9	T-19	40.60	46.18	3180.00	3158.00	19.08	92.62	4	114.00	62.62	C-5.0	22.00	1.87	OK	3239.59	3238.41	54.19	0.03	1.18	132.00	20.82	
T-19	H-54	37.70	38.03	3158.00	3153.00	1.82	1.31	1	29.40	33.37	C-10.0	5.00	2.68	OK	3238.41	3230.84	13.26	0.20	7.56	137.00	18.26	OK
H-54	H-55	130.85	131.09	3153.00	3145.00	0.91	0.86	1	29.40	30.02	C-10.0	8.00	1.34	OK	3230.84	3223.12	6.11	0.06	7.73	145.00	18.53	OK
T-19	H-53	109.75	114.32	3158.00	3126.00	0.91	1.97	1	29.40	21.96	C-10.0	32.00	1.34	OK	3158.00	3151.26	29.16	0.06	6.74	164.00	46.08	OK
T-19	CRP-10	52.25	59.28	3158.00	3130.00	16.35	92.19	4	114.00	59.16	C-7.5	28.00	1.60	OK	3238.41	3237.27	53.59	0.02	1.14	160.00	47.68	OK
CRP-10	T-20	74.10	81.53	3130.00	3096.00	16.35	86.19	4	114.00	60.69	C-7.5	34.00	1.60	OK	3237.27	3235.70	45.88	0.02	1.57	194.00	32.43	
T-20	H-59	102.07	107.58	3096.00	3062.00	1.82	2.10	1	29.40	27.88	C-10.0	34.00	2.68	OK	3235.70	3214.31	33.31	0.20	21.40	228.00	45.04	OK
H-59	H-60	71.65	72.34	3062.00	3052.00	0.91	1.34	1	29.40	25.38	C-10.0	10.00	1.34	OK	3214.31	3210.04	13.96	0.06	4.26	238.00	50.78	OK
T-20	H-56	27.23	27.52	3096.00	3092.00	2.73	9.02	2	60.00	38.14	C-5.0	4.00	0.96	OK	3235.70	3235.33	14.69	0.01	0.38	198.00	36.06	OK
H-56	H-57	123.43	123.83	3092.00	3082.00	1.82	1.01	1	29.40	36.88	C-10.0	10.00	2.68	OK	3235.33	3210.70	8.10	0.20	24.63	208.00	21.43	OK
H-57	H-58	56.22	63.26	3082.00	3053.00	0.91	2.57	1	29.40	19.85	C-10.0	29.00	1.34	OK	3210.70	3206.97	51.58	0.06	3.73	237.00	46.70	OK
T-20	CRP-11	54.55	65.36	3096.00	3060.00	10.90	100.17	4	114.00	49.14	C-7.5	36.00	1.07	OK	3235.70	3235.11	65.99	0.01	0.59	230.00	67.84	OK
CRP-11	T-21	27.88	34.31	3060.00	3040.00	10.90	103.27	4	114.00	48.57	C-7.5	20.00	1.07	OK	3235.11	3234.80	71.74	0.01	0.31	250.00	19.69	
T-21	H-61	105.10	108.27	3040.00	3014.00	3.63	11.83	2	60.00	38.38	C-5.0	26.00	1.29	OK	3234.80	3232.35	24.74	0.02	2.44	276.00	43.24	
H-61	H-62	80.07	80.29	3014.00	3008.00	2.73	6.30	2	60.00	43.72	C-5.0	6.00	0.96	OK	3232.35	3231.26	7.49	0.01	1.09	282.00	48.15	OK
H-62	H-63	79.82	86.76	3008.00	2974.00	0.91	2.36	1	29.40	20.50	C-10.0	34.00	1.34	OK	3231.26	3226.15	42.60	0.06	5.11	316.00	77.04	OK
H-62	H-64	118.84	119.11	3008.00	3000.00	0.91	0.91	1	29.40	29.43	C-10.0	8.00	1.34	OK	3231.26	3224.24	6.73	0.06	7.02	290.00	49.13	OK
T-21	T-22	64.80	81.85	3040.00	2990.00	8.18	105.92	4	114.00	43.12	C-7.5	50.00	0.80	OK	3234.80	3234.36	77.16	0.01	0.44	300.00	69.25	OK
T-22	H-65	45.10	50.63	2990.00	2967.00	0.91	2.56	1	29.40	19.88	C-10.0	23.00	1.34	OK	3234.36	3231.38	51.00	0.06	2.98	323.00	89.27	OK
T-22	CRP-12	30.34	39.12	2990.00	2965.30	7.27	107.83	4	114.00	40.96	C-7.5	24.70	0.71	OK	3234.36	3234.20	81.41	0.00	0.17	324.70	93.79	
CRP-12	T-23	104.54	123.26	2965.30	2900.00	7.27	50.40	3	88.50	42.46	C-10.0	65.30	1.18	OK	3234.20	3232.39	62.46	0.01	1.81	390.00	63.49	OK
T-23	H-66	22.38	22.73	2900.00	2896.00	3.63	10.00	2	60.00	40.91	C-10.0	4.00	1.29	OK	3232.39	3231.88	17.87	0.02	0.51	394.00	66.98	OK
H-66	H-67	142.60	142.73	2896.00	2890.00	2.73	4.62	2	60.00	49.19	C-7.5	6.00	0.96	OK	3231.88	3229.93	4.21	0.01	1.95	400.00	71.03	OK
H-67	H-68	87.42	87.59	2890.00	2884.50	1.82	0.88	1	29.40	38.84	C-10.0	5.50	2.68	OK	3229.93	3212.51	6.29	0.20	17.42	405.50	59.11	OK
H-68	H-69	138.30	138.30	2884.50	2884.00	0.91	0.19	1	29.40	53.61	C-10.0	0.50	1.34	OK	3212.51	3204.36	0.36	0.06	8.15	406.00	51.46	OK
T-23	H-70	115.27	115.29	2900.00	2898.00	1.82	0.44	1	29.40	50.57	C-10.0	2.00	2.68	OK	3232.39	3209.46	1.74	0.20	22.93	392.00	42.56	OK
H-70	H-71	51.96	54.99	2898.00	2880.00	0.91	2.14	1	29.40	21.27	C-10.0	18.00	1.34	OK	3209.46	3206.22	34.64	0.06	3.24	410.00	57.32	OK
T-23	T-24	60.56	65.52	2900.00	2875.00	1.82	15.19	2	60.00	26.82	C-10.0	25.00	0.64	OK	3232.39	3231.95	41.28	0.01	0.44	415.00	88.05	OK
T-24	H-72	33.94	34.00	2875.00	2873.00	0.91	0.85	1	29.40	30.25	C-10.0	2.00	1.34	OK	3231.95	3229.95	5.89	0.06	2.00	417.00	88.05	OK
T-24	H-73	73.88	73.99	2875.00	2871.00	0.91	0.81	1	29.40	30.77	C-10.0	4.00	1.34	OK	3231.95	3227.59	5.41	0.06	4.36	419.00	87.69	OK
T-24	VP-3	66.11	66.18	2875.00	2872.00	0.94	4.81	2	60.00	32.33	C-10.0	3.00			3231.95	3231.81	4.54	0.00	0.14	418.00	90.91	OK

TOTAL = 3135.16 3286.51

CANTIDAD TOTAL DE TUBERIAS

Ø	1/2	3/4	1	1 1/2	2 1/2	3	4	6	8	10	12	TOTAL (m)
C-5					217.00	0.00	0.00	318.00	0.00			
C-7.5					0.00	143.00	0.00	600.00	0.00			
C-10	0.00	0.00	1687.00	0.00	155.00	0.00	124.0					

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CAMARA ROMPE PRESIÓN DE 2"

Datos

Caudal que ingresa	1.36 ltrs/seg
Diametro nominal de la tubería	2 pulg
Diametro nominal de la tubería	63 mm
Acceleración de la gravedad	9.81 m/seg ²
Coeficiente de descarga de un orificio (Cd)	0.8

1. Dimensionamiento de la camara rompe presión

Velocidad de salida	v	0.436	m/seg	
Altura de la carga de agua	ha	0.400	m	asumido
	ha1	0.015	m	
	ha2	0.018	m	
	ha3	0.600	m	minimo
Altura del fondo al eje de la tuberia de salida	h1	0.250	m	asumido
Borde libre	h2	0.350	m	0.3m minimo
Altura total de la CRP	H	1.150	m	
	H1	1.032	m	
	H2	0.750	m	
Longitud de la CRP	L	1.500	m	
	L1	0.051	m	
	L2	1.333	m	
Ancho de la CRP	B	1.000	m	
Volumen de carga		0.600	m ³	

2. Tiempo de vaciado de la CRP

área de la CR	BxL	1.50	m ²	
área de la tubería de salida		0.00	m ²	
coeficiente de salida de un orificio de descarga		0.16		
tiempo de vaciado de la CRP		882.35	s	
caudal que sale por la tubería del sistema		1.36	ltrs/seg	ok

3. Determinacion del volumen constante de agua en la CRP

Volumen de agua que ingresa a la C.R.P	Qi x Tvaciado	1.44	m ³	
Volumen de agua que sale de la C.R.P	Qs x Tvaciado	1.20	m ³	
Volumen de agua constante en la C.R.P para Tvacido	Vi - Vs	0.24	m ³	
Altura generada por el exceso de volumen de agua	Vcte / (B x L)	0.16	m	ok verif. Del vol cte. ok verif. Del vol en exceso

4. Dimensionamiento de la pantalla

longitud de ubicación de la pantalla	L/4	0.375	m	
Altura de pantalla	HP1	0.25	m	
Altura de pantalla	HP2	0.35	m	

5.Dimensionamiento de la canastilla

Diámetro de la canastilla	2 D	3	pulg.
Diámetro de la canastilla	2 D	90.00	mm
Longitud de la canastilla		0.25	m
	3 Dc	0.23	m
	6 Dc	0.45	m
Ancho de la ranura u orificios de la canastilla		1.00	mm
Largo de la ranura u orificios de la canastilla		11.00	mm
Area de las ranuras u orificios de la canastilla		5.52	cm ²
Area de la tubería de salida	$\pi (D_i / 2)^2$	31.17	cm ²
Area total de las ranuras u orificios de la canastilla	Asumimos <	62.34	cm ²
	2 Ac	62.34	cm ²
	0.50 Dc Lc	112.50	cm ²
Número de ranuras u orificios de la canastilla	At / Ar	11.29	ranuras

6 Dimensionamiento de la tubería de rebose y limpia

Altura de la tubería de rebose	hrebose	0.65 m
Coefficiente de rugosidad de Hazen-Williams	C	150.00
Pérdida de carga unitaria	J	0.010 m/m
Diámetro interior de la tubería de rebose y limpieza Dr		85.60 mm
Diámetro nominal de la tubería de rebose y limpieza Dnr		3.00 pulg.
Cono de rebose	DdxDnr	3" x 3" pulg.

RESUMEN

COMPONENTE	Cantidad	Unidad
Camara rompe presión		
Altura de la carga de agua	ha	0.40 m
Altura del fondo al eje de la tubería de salida	hl	0.25 m
Altura total de la CRP	H	1.15 m
Longitud de la CRP	L	1.50 m
Ancho de la CRP	B	1.00 m
Pantalla o tabique		
longitud de ubicación de la pantalla	L/4	0.38 m
Altura de pantalla	HP1	0.25 m
Altura de pantalla	HP2	0.35 m
Canastilla		
Diámetro de la canastilla	2 D	3.00 pulg.
Longitud de la canastilla		0.25 m
Número de ranuras u orificios de la canastilla	At / Ar	11.29 ranuras
Tubería de rebose		
Altura de la tubería de rebose	hrebose	0.652 m
Diámetro nominal de la tubería de rebose y limpieza	Dnr	3.000 pulg.
Cono de rebose	DdxDnr	3" x 3" pulg.

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CAMARA ROMPE PRESIÓN 2"

1. Factor de Seguridad por deslizamiento

Ancho de caja superior	c	0.15 m
Ancho de inferior	c'	0.15 m
Altura interior de caja	H	1.00 m
Altura total de caja	Ht	1.15 m
Longitud de la caja	L	1.50 m
Ancho de la caja	B	1.10 m
Ángulo de fricción		39.31 ° Tomando en cuenta el estudio de suelos de reservori
Coeficiente de fricción		2.23 kN/m ²
Peso volumetrico del concreto		24.00 kN/m ³

1.1. Fuerza de fricción

El factor de seguridad por deslizamiento se calcula utilizando la fuerza de fricción generada por la cja en su base en relación con la fuerza de deslizamiento generada por el empuje del suelo.

$$\text{Fuerza de fricción (R): } R = \mu * N$$

siendo:

μ coeficiente de fricción

N fuerza normal

ahora: $N = \boxed{5.4} \text{ kN}$

entonces $R = \boxed{12.042} \text{ kN}$

1.2. Fuerza de deslizamiento (Ea)

La fuerza de deslizamiento está dada por el empuje del suelo, que es la fuerza horizontal sobre la caja debido a la presión del suelo.

$$\text{Fuerza de empuje } E_a = \frac{1}{2} * K_a * \gamma * H^2$$

siendo:

K_a : coeficiente de presión activa del suelo $K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$

γ : peso volumétrico del suelo

H: altura de la caja

K_a	0.255
E_a	6.6 kN

1.3. Factor de seguridad por deslizamiento

$$\text{Factor de seguridad: } FS_{deslizamiento} = \frac{R}{E_a}$$

$FS = \boxed{1.82} \text{ ok}$

∴ Es seguro contra el deslizamiento

2. Factor de Seguridad por volteo

2.1. Momento de volteo

El momento de volteo es el momento generado por el empuje horizontal del suelo, que tiende a voltear la caja. Este empuje está distribuido de manera triangular en la altura de la caja, y su valor máximo se genera en la base de la caja.

$$\text{Momento de volteo: } M_{\text{volteo}} = \frac{1}{2} * E_a * H$$

siendo:

Ea: empuje del suelo

H: altura de la caja

Ea	6.6	kN
H	1	m
M _{volteo}	3.3	kN/m

2.2. Momento estabilizador

El momento estabilizador es el momento generado por el peso de la caja, el cual tiende a evitar que la caja voltee. Este momento se calcula respecto al punto de rotación, que es el borde de la base de la caja.

$$\text{Momento estabilizador: } M_{\text{estabilizador}} = N * (\frac{B}{2})$$

siendo:

N: peso de la caja

B: Ancho de la caja

N	5.4	kN
B	1.5	m
M _{estabilizador}	4.05	kN/m

2.3. Factor de seguridad por volteo

El factor de seguridad por volteo se calcula dividiendo el momento estabilizador entre el momento de volteo:

$$\text{Factor de volteo: } FS_{\text{volteo}} = \frac{M_{\text{est}}}{M_{\text{volteo}}}$$

M _{volteo}	3.3	kN/m
M _{estabilizador}	4.05	kN/m
FS _{volteo}	1.23	

∴ Es seguro contra el volteo

3. Cálculo del acero horizontal y vertical

3.1. Datos Iniciales

Parámetro	Valor
Espesor del muro (b)	015 cm (0.15 m)
Altura de la caja (H)	1.15 m
Longitud mayor (L)	1.5 m
Tipo de exposición	Normal (sin sulfatos)
Tipo de acero	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Tipo de concreto	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

3.2. Área mínima de acero requerido (NORMA E0.60)

La norma exige un área mínima de acero horizontal y vertical para garantizar ductilidad y evitar agrietamientos.

Cuantia mínima de acero

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{1.8 * f_y} \quad A_{s\ min} = \rho_{min} * b * d$$

Espesor del muro (b)	15 cm
Altura libre del muro (h)	115 cm
Longitud del muro (L)	150 cm
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	4200 kg/cm^2
$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	175 Kg/cm^2
d	100 cm
ρ_{min}	0.0017498
As	3.9829927 cm ²
As	3.9371299 cm ²

Barra	Diam. (cm)	Área (cm ²)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribución Vertical

As	3.9371299 cm ²	n	5.5452534 und	33 cm
----	---------------------------	---	---------------	-------

 3/8" @ 30 cm

Distribución Horizontal

As	3.9829927 cm ²	n	5.6098489 und	31 cm
----	---------------------------	---	---------------	-------

 3/8" @ 30 cm

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CAMARA ROMPE PRESIÓN DE 3"

Datos

Caudal que ingresa	1.36 ltrs/seg
Diametro nominal de la tubería	3 pulg
Diametro nominal de la tubería	90 mm
Aceleración de la gravedad	9.81 m/seg ²
Coeficiente de descarga de un orificio (Cd)	0.8

1. Dimensionamiento de la camara rompe presión

Velocidad de salida	v	0.214	m/seg	
Altura de la carga de agua	ha	0.400	m	asumido
	ha1	0.004	m	
	ha2	0.004	m	
	ha3	0.600	m	minimo
Altura del fondo al eje de la tuberia de salida	h1	0.250	m	asumido
Borde libre	h2	0.350	m	0.3m minimo
Altura total de la CRP	H	1.150	m	
	H1	1.045	m	
	H2	0.750	m	
Longitud de la CRP	L	1.500	m	
	L1	0.012	m	
	L2	1.333	m	
Ancho de la CRP	B	1.000	m	
Volumen de carga		0.600	m ³	

2. Tiempo de vaciado de la CRP

área de la CR	BxL	1.500	m ²	
área de la tubería de salida		0.006	m ²	
coeficiente de salida de un orificio de descarga		0.076		
tiempo de vaciado de la CRP		882.353	s	
caudal que sale por la tubería del sistema		1.360	ltrs/seg	ok

3. Determinacion del volumen constante de agua en la CRP

Volumen de agua que ingresa a la C.R.P	Qi x Tvací: 1.440	m ³		
Volumen de agua que sale de la C.R.P	Qs x Tvací: 1.200	m ³		
Volumen de agua constante en la C.R.P para Tvací:	Vi - Vs = 0.240	m ³		
Altura generada por el exceso de volumen de agua	Vcte / (B x 0.160)	m	ok	verif. Del vol cte.
			ok	verif. Del vol en exceso

4. Dimensionamiento de la pantalla

longitud de ubicación de la pantalla	L/4	0.375	m	
Altura de pantalla	HP1	0.250	m	
Altura de pantalla	HP2	0.350	m	

5.Dimensionamiento de la canastilla

Diámetro de la canastilla	2 D	4.000	pulg.
Diámetro de la canastilla	2 D	110.000	mm
Longitud de la canastilla		0.250	m asumido
	3 Dc	0.300	m
	6 Dc	0.600	m
Ancho de la ranura u orificios de la canastilla		1.000	mm
Largo de la ranura u orificios de la canastilla		11.000	mm
Area de las ranuras u orificios de la canastilla		3.970	cm ²
Area de la tubería de salida	$p (Di / 2)^2$	63.617	cm ²
Area total de las ranuras u orificios de la canastilla	Asumimos < 127.235		cm ²
	2 Ac	127.235	cm ²
	0.50 Dc Lc	137.500	cm ²
Número de ranuras u orificios de la canastilla	At / Ar	16.024	ranuras

6 Dimensionamiento de la tubería de rebose y limpia

Altura de la tubería de rebose	hrebose	0.655	m
Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams	C	150.000	
Pérdida de carga unitaria	J	0.010	m/m
Diámetro interior de la tubería de rebose y limpieza Dr		85.600	mm
Diámetro nominal de la tubería de rebose y limpieza Dnr		3.000	pulg.
Cono de rebose	DdxDnr	3" x 3"	pulg.

RESUMEN

COMPONENTE		Cantidad	Unidad
Camara rompe presión			
Altura de la carga de agua	ha	0.40	m
Altura del fondo al eje de la tubería de salida	h1	0.25	m
Altura total de la CRP	H	1.15	m
Longitud de la CRP	L	1.50	m
Ancho de la CRP	B	1.00	m
Pantalla o tabique			
longitud de ubicación de la pantalla	L/4	0.38	m
Altura de pantalla	HP1	0.25	m
Altura de pantalla	HP2	0.35	m
Canastilla			
Diámetro de la canastilla	2 D	4.00	pulg.
Longitud de la canastilla		0.25	m
Número de ranuras u orificios de la canastilla	At / Ar	16.02	ranuras
Tubería de rebose			
Altura de la tubería de rebose	hrebose	0.655	m
Diámetro nominal de la tubería de rebose y limpieza Dnr		3.000	pulg.
Cono de rebose	DdxDnr	3" x 3"	pulg.

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CAMARA ROMPE PRESIÓN 3"

1. Factor de Seguridad por deslizamiento

Ancho de caja superior	c	0.15 m
Ancho de inferior	c'	0.15 m
Altura interior de caja	H	1.00 m
Altura total de caja	Ht	1.15 m
Longitud de la caja	L	1.50 m
Ancho de la caja	B	1.10 m
Ángulo de fricción		39.31 °
Coeficiente de fricción		2.23 kN/m ²
Peso volumetrico del concreto		24.00 kN/m ³

1.1. Fuerza de fricción

El factor de seguridad por deslizamiento se calcula utilizando la fuerza de fricción generada por la caja en su base en relación con la fuerza de deslizamiento generada por el empuje del suelo.

$$\text{Fuerza de fricción (R): } R = \mu * N$$

siendo:

$$\begin{array}{ll} \mu & \text{coeficiente de fricción} \\ N & \text{fuerza normal} \end{array}$$

ahora: kN

entonces kN

1.2. Fuerza de deslizamiento (Ea)

La fuerza de deslizamiento está dada por el empuje del suelo, que es la fuerza horizontal sobre la caja debido a la presión del

$$\text{Fuerza de empuje } E_a = \frac{1}{2} * K_a * \gamma * H^2$$

siendo:

$$K_a: \text{coeficiente de presión activa del suelo } K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

γ : peso volumétrico del suelo

H: altura de la caja

Ka	0.255
Ea	6.6 kN

1.3. Factor de seguridad por deslizamiento

$$\text{Factor de seguridad: } FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{R}{Ea}$$

ok

∴ Es seguro contra el deslizamiento

2. Factor de Seguridad por volteo

2.1. Momento de volteo

El momento de volteo es el momento generado por el empuje horizontal del suelo, que tiende a voltear la caja. Este empuje está distribuido de manera triangular en la altura de la caja, y su valor máximo se genera en la base de la caja.

$$\text{Momento de volteo: } M_{\text{volteo}} = \frac{1}{2} * E_a * H$$

siendo:

Ea: empuje del suelo

H: altura de la caja

Ea	6.6	kN
H	1	m
M _{volteo}	3.3	kN/m

2.2. Momento estabilizador

El momento estabilizador es el momento generado por el peso de la caja, el cual tiende a evitar que la caja voltee. Este momento se calcula respecto al punto de rotación, que es el borde de la base de la caja.

$$\text{Momento estabilizador: } M_{\text{estabilizador}} = N * \left(\frac{B}{2}\right)$$

siendo:

N: peso de la caja

B: Ancho de la caja

N	5.4	kN
B	1.5	m
M _{estabilizador}	4.05	kN/m

2.3. Factor de seguridad por volteo

El factor de seguridad por volteo se calcula dividiendo el momento estabilizador entre el momento de volteo:

$$\text{Factor de volteo} \quad FS_{\text{volteo}} = \frac{M_{\text{est}}}{M_{\text{volteo}}}$$

M _{volteo}	3.3	kN/m
M _{estabilizador}	4.05	kN/m
F _s _{volteo}	1.23	

∴ Es seguro contra el volteo

3. Cálculo del acero horizontal y vertical

3.1. Datos Iniciales

Parámetro	Valor
Espesor del muro (b)	015 cm (0.15 m)
Altura de la caja (H)	1.15 m
Longitud mayor (L)	1.5 m
Tipo de exposición	Normal (sin sulfatos)
Tipo de acero	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Tipo de concreto	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

3.2. Área mínima de acero requerido (NORMA E0.60)

La norma exige un área mínima de acero horizontal y vertical para garantizar ductilidad y evitar agrietamientos.

Cuantia mínima de acero

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{1.8 * f_y} \quad A_{s,min} = \rho_{min} * b * d$$

Espesor del muro (b)	15 cm
Altura libre del muro (h)	115 cm
Longitud del muro (L)	150 cm
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	4200 kg/cm^2
$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	175 Kg/cm^2
d	100 cm
ρ_{min}	0.0017498
As	3.9829927 cm ²
As	3.9371299 cm ²

Barra	Diam. (cm)	Área (cm ²)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribución Vertical

As	3.9371299 cm ²		
n	5.5452534 und	5 und	33 cm

Ø	3/8"	@	30 cm
---	------	---	-------

Distribución Horizontal

As	3.9829927 cm ²		
n	5.6098489 und	5 und	31 cm

Ø	3/8"	@	30 cm
---	------	---	-------

DISEÑO HIDRAULICO DE LA CAMARA ROMPE PRESIÓN DE 4"

Datos

Caudal que ingresa	1.36 ltrs/seg
Diametro nominal de la tubería	4 pulg
Diametro nominal de la tubería	110 mm
Acceleración de la gravedad	9.81 m/seg ²
Coeficiente de descarga de un orificio (Cd)	0.8

1. Dimensionamiento de la camara rompe presión

Velocidad de salida	v	0.143	m/seg	
Altura de la carga de agua	ha	0.400	m	asumido
	ha1	0.002	m	
	ha2	0.002	m	
	ha3	0.600	m	minimo
Altura del fondo al eje de la tuberia de salida	h1	0.250	m	asumido
Borde libre	h2	0.350	m	0.3m minimo
Altura total de la CRP	H	1.150	m	
	H1	1.055	m	
	H2	0.750	m	
Longitud de la CRP	L	1.500	m	
	L1	0.005	m	
	L2	1.333	m	
Ancho de la CRP	B	1.000	m	
Volumen de carga		0.600	m ³	

2. Tiempo de vaciado de la CRP

área de la CR	BxL	1.50	m ²	
área de la tubería de salida		0.01	m ²	
coeficiente de salida de un orificio de descarga		0.05		
tiempo de vaciado de la CRP		882.35	s	
caudal que sale por la tubería del sistema		1.36	ltrs/seg	ok

3. Determinacion del volumen constante de agua en la CRP

Volumen de agua que ingresa a la C.R.P	Qi x Tvaciado	1.44	m ³	
Volumen de agua que sale de la C.R.P	Qs x Tvaciado	1.20	m ³	
Volumen de agua constante en la C.R.P para Tvacido	Vi - Vs	0.24	m ³	
Altura generada por el exceso de volumen de agua	Vcte / (B x L)	0.16	m	ok verif. Del vol cte. ok verif. Del vol en exceso

4. Dimensionamiento de la pantalla

longitud de ubicación de la pantalla	L/4	0.375	m	
Altura de pantalla	HP1	0.25	m	
Altura de pantalla	HP2	0.35	m	

5.Dimensionamiento de la canastilla

Diámetro de la canastilla	2 D	6	pulg.
Diámetro de la canastilla	2 D	140.00	mm
Longitud de la canastilla		0.25	m
	3 Dc	0.45	m
	6 Dc	0.90	m
Ancho de la ranura u orificios de la canastilla		1.00	mm
Largo de la ranura u orificios de la canastilla		11.00	mm
Area de las ranuras u orificios de la canastilla		5.52	cm ²
Area de la tubería de salida	$\pi (D_i / 2)^2$	95.03	cm ²
Area total de las ranuras u orificios de la canastilla	Asumimos <	175.00	cm ²
	2 Ac	190.07	cm ²
	0.50 Dc Lc	175.00	cm ²
Número de ranuras u orificios de la canastilla	At / Ar	31.69	ranuras

6 Dimensionamiento de la tubería de rebose y limpia

Altura de la tubería de rebose	hrebose	0.68 m
Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams	C	150.00
Pérdida de carga unitaria	J	0.010 m/m
Diámetro interior de la tubería de rebose y limpia Dr		85.60 mm
Diámetro nominal de la tubería de rebose y limpia Dnr		3.00 pulg.
Cono de rebose	DdxDnr	3" x 3" pulg.

RESUMEN

COMPONENTE	Cantidad	Unidad
Camara rompe presión		
Altura de la carga de agua	ha	0.40
Altura del fondo al eje de la tubería de salida	hl	0.25
Altura total de la CRP	H	1.15
Longitud de la CRP	L	1.50
Ancho de la CRP	B	1.00
Pantalla o tabique		
longitud de ubicación de la pantalla	L/4	0.38
Altura de pantalla	HP1	0.25
Altura de pantalla	HP2	0.35
Canastilla		
Diámetro de la canastilla	2 D	6.00
Longitud de la canastilla		0.25
Número de ranuras u orificios de la canastilla	At / Ar	31.69
Tubería de rebose		
Altura de la tubería de rebose	hrebose	0.675
Diámetro nominal de la tubería de rebose y limpia	Dnr	3.000
Cono de rebose	DdxDnr	3" x 3" pulg.

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CAMARA ROMPE PRESIÓN 4"

1. Factor de Seguridad por deslizamiento

Ancho de caja superior	c	0.15 m
Ancho de inferior	c'	0.15 m
Altura interior de caja	H	1.00 m
Altura total de caja	Ht	1.15 m
Longitud de la caja	L	1.50 m
Ancho de la caja	B	1.10 m
Ángulo de fricción		39.31 °
Coeficiente de fricción		2.23 kN/m ²
Peso volumétrico del concreto		24.00 kN/m ³

1.1. Fuerza de fricción

El factor de seguridad por deslizamiento se calcula utilizando la fuerza de fricción generada por la cja en su base en relación con la fuerza de deslizamiento generada por el empuje del suelo.

$$\text{Fuerza de fricción (R): } R = \mu * N$$

siendo:

μ coeficiente de fricción

N fuerza normal

ahora: $N = \boxed{5.4} \text{ kN}$

entonces $R = \boxed{12.042} \text{ kN}$

1.2. Fuerza de deslizamiento (Ea)

La fuerza de deslizamiento está dada por el empuje del suelo, que es la fuerza horizontal sobre la caja debido a la presión del suelo.

$$\text{Fuerza de empuje} \quad E_a = \frac{1}{2} * K_a * \gamma * H^2$$

siendo:

Ka: coeficiente de presión activa del suelo $K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$

γ : peso volumétrico del suelo

H: altura de la caja

Ka	0.255
Ea	6.6 kN

1.3. Factor de seguridad por deslizamiento

$$\text{Factor de seguridad: } FS_{deslizamiento} = \frac{R}{Ea}$$

$FS = \boxed{1.82} \text{ ok}$

∴ Es seguro contra el deslizamiento

2. Factor de Seguridad por volteo

2.1. Momento de volteo

El momento de volteo es el momento generado por el empuje horizontal del suelo, que tiende a voltear la caja. Este empuje está distribuido de manera triangular en la altura de la caja, y su valor máximo se genera en la base de la caja.

$$\text{Momento de volteo: } M_{\text{volteo}} = \frac{1}{2} * E_a * H$$

siendo:

Ea: empuje del suelo

H: altura de la caja

Ea	6.6 kN
H	1 m
Mvolteo	3.3 kN/m

2.2. Momento estabilizador

El momento estabilizador es el momento generado por el peso de la caja, el cual tiende a evitar que la caja voltee. Este momento se calcula respecto al punto de rotación, que es el borde de la base de la caja.

$$\text{Momento estabilizador: } M_{\text{estabilizador}} = N * \left(\frac{B}{2}\right)$$

siendo:

N: peso de la caja

B: Ancho de la caja

N	5.4 kN
B	1.5 m
Mestabilizador	4.05 kN/m

2.3. Factor de seguridad por volteo

El factor de seguridad por volteo se calcula dividiendo el momento estabilizador entre el momento de volteo:

$$\text{Factor de volteo} \quad FS_{\text{volteo}} = \frac{M_{\text{est}}}{M_{\text{volteo}}}$$

Mvolteo	3.3 kN/m
Mestabilizador	4.05 kN/m
Fsvolteo	1.23

∴ Es seguro contra el volteo

3. Cálculo del acero horizontal y vertical

3.1. Datos Iniciales

Parámetro	Valor
Espesor del muro (b)	015 cm (0.15 m)
Altura de la caja (H)	1.15 m
Longitud mayor (L)	1.5 m
Tipo de exposición	Normal (sin sulfatos)
Tipo de acero	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Tipo de concreto	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

3.2. Área mínima de acero requerido (NORMA E0.60)

La norma exige un área mínima de acero horizontal y vertical para garantizar ductilidad y evitar agrietamientos.

Cuantia mínima de acero

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{1.8 * f_y} \quad A_{s\ min} = \rho_{min} * b * d$$

Espesor del muro (b)	15 cm
Altura libre del muro (h)	115 cm
Longitud del muro (L)	150 cm
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	4200 kg/cm^2
$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	175 Kg/cm^2
d	100 cm
ρ_{min}	0.0017498
As	3.9829927 cm ²
As	3.9371299 cm ²

Barra	Diam. (cm)	Área (cm ²)	P (kgf/m)
3/8"	0.95	0.71	0.56
1/2"	1.27	1.29	0.99
5/8"	1.59	1.99	1.55
3/4"	1.91	2.84	2.24
1"	2.54	5.1	3.98

Distribución Vertical

As	3.9371299 cm ²	n	5.5452534 und	33 cm
----	---------------------------	---	---------------	-------

 3/8" @ 30 cm

Distribución Horizontal

As	3.9829927 cm ²	n	5.6098489 und	31 cm
----	---------------------------	---	---------------	-------

 3/8" @ 30 cm

8.5.3. Selección del aspersor

La elección de un aspersor adecuado requiere evaluar varios parámetros técnicos que aseguren que el riego sea eficiente, uniforme y se adapte a las condiciones del terreno y del cultivo, es importante considerar los siguientes criterios de selección:

- Rango del caudal: debe coincidir con el caudal disponible del sistema de riego
- Presión de operación: la presión requerida para un funcionamiento eficiente debe coincidir con la capacidad del sistema y además debe ser compatible con sistemas que trabajen por gravedad con presión regulada.
- Uniformidad de distribución: el aspersor debe estar diseñado para garantizar una buena distribución del agua, lo que ayudara a evitar zonas de sobre o sub riego, permitiendo mejorar la eficiencia del uso del recurso hídrico.
- Alcance del chorro: se selecciona considerando el espaciamiento entre aspersores.

Teniendo en cuenta los criterios antes mencionados se ha seleccionado el aspersor VYR-60 el cual se adapta a las características necesarias para el sistema de riego.

Figura 71

Aspersor agrícola seleccionado



Nota. Tomado de Vyrsa. Aspersores medio caudal.

Tabla 114

Parámetros del aspersor seleccionado VYR-60

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio
Caudal (l/h)	800	3270	2035
Caudal (l/s)	0.22	0.91	0.57
Presión (bar)	1.75	5.00	3.38
Presión (m.c.a)	17.85	51.00	34.43

Nota. se consideró la conversión de presión de bar a metros columna de agua (1 bar=10.2 m.c.a.)

CAPITULO IX. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

9.1. Aspectos generales

El presupuesto de un proyecto constituye una herramienta esencial para organizar los recursos de manera eficiente. Su elaboración considera los requerimientos indispensables de la obra, las condiciones previstas para su desarrollo y los factores que puedan influir en sus costos. Además, se busca proporcionar una base sólida para la toma de decisiones financieras y asegurar la viabilidad del proyecto dentro de los plazos y objetivos establecidos.

9.2. Metrados

Los metrados constituyen una parte fundamental del desarrollo del proyecto, ya que permiten cuantificar con precisión cada uno de los elementos necesarios para la ejecución del proyecto. Además, se ha considerado las especificaciones técnicas del diseño. Los metrados servirán de base para la elaboración del presupuesto, la programación de actividades y la planificación del proyecto.

Tabla 115

Metrados del proyecto

Proyecto: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024			
REGIÓN: CUSCO			
PROVINCIA: PAUCARTAMBO			
DISTRITO: PAUCARTAMBO			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	TOTAL
01	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA		
01.01	SUMINISTRO DE MATERIALES DE HIGIENE Y SALUD	glb	1.00
01.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	glb	1.00
01.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00
01.04	ELABORACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA	glb	1.00
01.05	CONSTRUCCIÓN DE CAMPAMENTO MOVIL A PIE DE OBRA	m2	80.00
02	CAPTACIÓN TIPO TIROLESA SECTOR LLULLUCHAYOC		
02.01	OBRAS PROVISIONALES		

02.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO	m2	64.00
02.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	64.00
02.01.03	EXCAVACION PARA CIMENTOS TERRENO NORMAL	m3	17.04
02.01.04	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	21.30
02.01.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30 M. (A MANO USANDO CARRETILLA)	m3	22.15

02.02 OBRA ESTRUCTURAL

02.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m2	66.52
02.02.02	ACERO ESTRUCTURAL PARA OBRAS DE ARTE	kg	424.87
02.02.03	CONCRETO CICLOPEO F'C=140kg/cm ² +70% PM	m3	7.92
02.02.04	ENROCADADO PARA LOSA DE FONDO (Piedra 4")	m2	3.50
02.02.05	CONCRETO SIMPLE F'C=210 kg/cm ²	m3	15.02
02.02.06	MORTERO 1:8	m3	3.15
02.02.07	CURADO DE CONCRETO	m2	31.32

02.03 OBRAS DE ACABADO

02.03.01	TARAJEO EN MUROS CON IMPERMEABILIZANTE	m2	31.32
02.03.02	PINTADO DE OBRAS DE ARTE	m2	31.32
02.03.03	SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA CAPTACIÓN	glb	1.00

03 DESARENADOR Y CAMARA DE CARGA

03.01 OBRAS PROVISIONALES

03.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO	m2	7.68
03.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	4.68
03.01.03	EXCAVACION PARA CIMENTOS TERRENO NORMAL	m3	7.58
03.01.04	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	4.68
03.01.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30 M. (A MANO USANDO CARRETILLA)	m3	9.86

03.02 OBRA ESTRUCTURAL

03.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m2	34.38
03.02.02	ACERO ESTRUCTURAL PARA OBRAS DE ARTE	kg	60.53
03.02.03	CONCRETO SIMPLE F'C=210 kg/cm ²	m3	2.84
03.02.04	CURADO DE CONCRETO	m2	34.38

03.03 OBRAS DE ACABADO

03.03.01	TARAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	m2	34.38
03.03.02	PINTADO DE OBRAS DE ARTE	m2	68.76
03.03.03	SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA DESARENADOR Y CAMARA DE CARGA	glb	1.00

04 LINEA DE CONDUCCIÓN

04.01 TRAZO Y EXCAVACIÓN DE ZANJAS

04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO DE ZANJAS	m2	2390.96
04.01.02	EXCAVACIÓN DE CAJA DE CANAL A MANO	m3	2109.56
04.01.05	EXCAVACIÓN DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO CON COMPRESORA	m3	234.40

04.02 PREPARACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TERRENO

04.02.01	REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO NORMAL	m2	2390.96
04.02.02	COMPACTACION DEL SUELO NATURAL A MANO (e=0.15m)	m3	358.64
04.02.03	PREPARACIÓN DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	m3	466.24
04.02.04	COLOCACIÓN DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	m3	358.64

04.03 INSTALACIÓN DE RED DE CONDUCCIÓN

04.03.01	INSTALACIÓN DE TUBERIA NTP 399.002 SP C-7.5 D=6"	m	698.38
04.03.02	INSTALACIÓN DE TUBERIA NTP 399.002 SP C-10 D=6"	m	3286.55
04.03.03	RELLENO Y COMPACTADO DE MATERIAL PROPIO EN ZANJAS	m3	1912.77
04.03.04	ACCESORIOS PARA LA RED DE CONDUCCIÓN	glb	1.00
04.03.05	PRUEBA HIDRAULICA EN LINEA DE CONDUCCIÓN	m	3984.94

04.04. CAMARA DE INSPECCIÓN

04.04.01	LIMPIEZA DE TERRENO	m2.	2.66
04.04.02	REPLANTEO DE OBRAS DE ARTE	m2.	1.54
04.04.03	EXCAVACIÓN CAJA CANAL A MANO	m3	2.84
04.04.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m2.	6.79
04.04.05	REFUERZO DE ACERO FY = 4200 KG/CM2, Ø = 3/8" (DOBLADO Y COLOCADO)	Kg.	65.91
04.04.06	PREPARACIÓN Y VACIADO CºSº: F'C = 175 KG/CM2	m3.	0.17
04.04.07	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	m2.	7.92
04.04.08	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACCESORIOS CRP. 6"	glb	1.00

05 RESERVORIO DE CONCRETO (V=415 M3)

05.01. OBRAS PROVISIONALES

05.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	351.00
05.01.02	EXCAVACIÓN DE VASO DE RESERVORIO EN TIERRA (A MANO)	m3	534.48
05.01.03	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	351.00
05.01.04	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30 M (A MANO USANDO CARRETILLA)	m3	694.82
05.01.05	COMPACTADO DE TERRENO NATURAL	m2	186.75

05.02 OBRAS DE ESTRUCTURA

05.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m2	141.12
05.02.02	CONCRETO CICLOPEO F'c=140kg/cm2 + 30%PM	m3	54.28
05.02.03	ACERO ESTRUTURAL PARA RESERVORIO	kg	1418.40
05.02.04	CONCRETO SIMPLE F'c=210kg/cm2	m3	26.40
05.02.05	CURADO DE CONCRETO	m2	263.97
05.02.06	JUNTAS CON WATER STOP DE 6"	m	139.49
05.02.07	JUNTAS ASFALTICAS DE DILATACIÓN	m	139.49

05.03. OBRAS DE ACABADO

05.03.01	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	m2	263.97
05.03.02	SUMINISTRO Y COLOCADO DE ACCESORIOS PARA RESERVORIO	glb	1.00
05.03.03	INSTALACION DEL CERCO PERIMETRICO PARA EL RESERVORIO	glb	1.00
05.03.04	EXCAVACION DE DADOS PARA COLOCACIÓN DE TUBOS DE CERCO	m3	2.56

05.03.05	DADOS DE CONCRETO SIMPLE $f_c=140\text{kg/cm}^2$	m3	2.56
05.03.06	PINTADO DE OBRAS DE ARTE	m2	263.97
06 RED DE DISTRIBUCIÓN			
06.01 INSTALACION DE TUBERIAS			
06.01.01 SECTOR PARPACALLA 1			
06.01.01.01 OBRAS PROVISIONALES			
06.01.01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PARA ZANJAS	m2	1948.20
06.01.01.01.02	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO	m3	1753.38
06.01.01.01.03	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO	m3	194.82
06.01.01.01.04	REFINE Y NIVELACIÓN DEL TERRENO NORMAL	m2	1948.20
06.01.01.01.05	COMPACTACION DE SUELO NATURAL A MANO ($e=0.15\text{m}$)	m2	1948.20
06.01.01.01.06	PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	m3	292.23
06.01.01.01.07	COLOCACIÓN DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO) ($e=0.15\text{m}$)	m3	292.23
06.01.01.02 OBRAS DE INSTALACIÓN			
06.01.01.02.01	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=1"	m	1516.00
06.01.01.02.02	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=2"	m	613.00
06.01.01.02.03	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=2"	m	209.00
06.01.01.02.04	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-7.5 D=3"	m	197.00
06.01.01.02.05	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=3"	m	112.00
06.01.01.02.06	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=4"	m	273.00
06.01.01.02.07	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-7.5 D=4"	m	109.00
06.01.01.02.08	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=4"	m	35.00
06.01.01.02.09	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=6"	m	176.00
06.01.01.02.10	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-7.5 D=6"	m	7.00
06.01.01.02.11	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL PROPIO EN CAJA DE CANAL	m3	1558.56
06.01.01.02.12	ACCESORIOS PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN	glb	1.00
06.01.01.02.13	PRUEBA HIDRAULICA	m	1669.00
06.01.02 SECTOR PARPACALLA 2			
06.01.02.01 OBRAS PROVISIONALES			
06.01.02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PARA ZANJAS	m2	1001.40
06.01.02.01.02	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO	m3	901.26
06.01.02.01.03	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO	m3	100.14
06.01.02.01.04	REFINE Y NIVELACIÓN DEL TERRENO NORMAL	m2	1001.40
06.01.02.01.05	COMPACTACION DE SUELO NATURAL A MANO ($e=0.15\text{m}$)	m3	150.21
06.01.02.01.06	PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	m3	195.27
06.01.02.01.07	COLOCACIÓN DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO COMPACTADO A MANO ($e=0.15\text{m}$)	m3	150.21
06.01.02.02 OBRAS DE INSTALACIÓN			
06.01.02.02.01	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=1"	m	867.00
06.01.02.02.02	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=2"	m	

06.01.02.02.03	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=3"	m	174.00
06.01.02.02.04	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=4"	m	17.00
06.01.02.02.05	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-7.5 D=4"	m	49.00
06.01.02.02.06	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=4"	m	98.00
06.01.02.02.07	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=6"	m	396.00
06.01.02.02.08	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO EN ZANJAS	m3	801.12
06.01.02.02.09	ACCESORIOS PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN	glb	1.00
06.01.02.02.10	PRUEBA HIDRAULICA	m	1669.00

06.01.03 SECTOR PARPACALLA 3

06.01.03.01 OBRAS PROVISIONALES

06.01.03.01.01	TRAZO Y REPLANTEO DE ZANJAS	m2	1974.60
06.01.03.01.02	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO	m3	1777.14
06.01.03.01.03	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO	m3	197.46
06.01.03.01.04	REFINE Y NIVELACIÓN DEL TERRENO NORMAL	m2	1974.60
06.01.03.01.05	COMPACTACION DE SUELO NATURAL A MANO (e=0.15m)	m2	296.19
06.01.03.01.06	PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	m3	385.05
06.01.03.01.07	COLOCACIÓN DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	m3	296.19

06.01.03.02 OBRAS DE INSTALACIÓN

06.01.03.02.01	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=1"	m	1687.00
06.01.03.02.02	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=2"	m	217.00
06.01.03.02.03	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-7.5 D=2"	m	143.00
06.01.03.02.04	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=2"	m	155.00
06.01.03.02.05	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=3"	m	124.00
06.01.03.02.06	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=4"	m	318.00
06.01.03.02.07	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-7.5 D=4"	m	600.00
06.01.03.02.08	INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=4"	m	47.00
06.01.03.02.09	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL EN ZANJAS	m3	1579.68
06.01.03.02.10	ACCESORIOS PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN	glb	1.00
06.01.03.02.11	PRUEBA HIDRAULICA	m	3291.00

06.02 OBRAS DE ARTE

06.02.01 CAMARA ROMPE PRESIÓN

06.02.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO	m2.	26.60
06.02.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2.	15.40
06.02.01.03	EXCAVACIÓN CAJA CANAL A MANO	m3	28.42
06.02.01.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m3.	6.79
06.02.01.05	REFUERZO DE ACERO FY = 4200 KG/CM2, Ø = 3/8" (DOBLADO Y COLOCADO)	Kg.	659.07
06.02.01.06	PREPARACIÓN Y VACEADO C°S°: F'C = 175 KG/CM2	m3.	1.69
06.02.01.07	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	m2.	7.92
06.02.01.08	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACCESORIOS CRP 2"	glb	2.00

06.02.01.09	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACCESORIOS CRP 3"	glb	3.00
06.02.01.10	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACCESORIOS CRP 4"	glb	5.00
06.02.02 VALVULA DE CONTROL			
06.02.02.01	LIMPIEZA DE TERRENO	m2.	4.73
06.02.02.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2.	4.73
06.02.02.03	EXCAVACION DE CAJA CANAL A MANO	m3.	1.95
06.02.02.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m2.	34.32
06.02.02.05	PREPARACION Y VACIADO C°S° fc 175 Kg/cm2	m3.	2.18
06.02.02.06	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	m2.	38.28
06.02.02.07	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA DE CONTROL DE Ø=2"	glb	2.00
06.02.02.08	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA DE CONTROL DE Ø=3"	glb	4.00
06.02.02.09	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA DE CONTROL DE Ø=4"	glb	5.00
06.02.03 VALVULA DE PURGA			
06.02.03.01	LIMPIEZA DE TERRENO	m2.	1.47
06.02.03.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2.	1.47
06.02.03.03	EXCAVACION CAJA CANAL A MANO	m3.	0.79
06.02.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m2.	9.36
06.02.03.05	PREPARACION Y VACIADO C°S° fc 175 Kg/cm2	m3.	0.60
06.02.03.06	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	m2.	10.44
06.02.03.07	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA DE PURGA DE Ø=2"	glb	3.00
06.02.04 HIDRANTES DE PASO Y FIN			
06.02.04.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	26.28
06.02.04.02	EXCAVACION CAJA CANAL A MANO	m3	15.77
06.02.04.03	PREPARACION Y VACIADO C°S° fc 175 Kg/cm2	m3	10.51
06.02.04.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m2	175.20
06.02.04.05	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	m2	175.20
06.02.04.06	SUMINISTRO Y COLOC. DE ACCESORIOS PARA HIDRANTES PASANTE Ø 1"	glb	19.00
06.02.04.07	SUMINISTRO Y COLOC. DE ACCESORIOS PARA HIDRANTES PASANTE Ø 2"	glb	10.00
06.02.04.08	SUMINISTRO Y COLOC. DE ACCESORIOS PARA HIDRANTES PASANTE Ø 4"	glb	3.00
06.02.04.09	SUMINISTRO Y COLOC. DE ACCESORIOS PARA HIDRANTES FINAL Ø 1"	glb	41.00
06.02.05 EQUIPO MOVIL			
06.02.05.01	SUMINISTROS DE ACCESORIOS PARA QUIPO MOVIL	glb	1.00
07 PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO			
07.01	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	und	1.00
08 TRANSPORTE DE MATERIALES			
08.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00
08.02	EQUIPO LIVIANO (ADQUISICION)	glb	1.00
09 CAPACITACION DE USO DEL SISTEMA DE RIEGO			
09.01	CAPACITACION Y FORTALECIMIENTO DEL COMITÉ DE REGANTES	glb	1.00

Nota. Elaboración propia.

9.3.Análisis de precios unitarios

A continuación, se presentan las consideraciones generales adoptadas para el análisis de costos del presente proyecto, las cuales son fundamentales para garantizar una estimación realista y conforme a la normativa vigente.

Antes de proceder, es importante considerar algunas generalidades propias de este proyecto.

Mano de obra: Se ha contemplado el pago conforme a la normativa vigente de construcción civil, incluyendo todos los beneficios sociales establecidos por ley. Los rendimientos laborales considerados están basados en la experiencia del PLAN MERISS INKA – GORE CUSCO, entidad con trayectoria en proyectos de riego.

Materiales de construcción: Los insumos como agregados (arena, piedra chancada, cemento, entre otros) y materiales de ferretería deberán cumplir con las especificaciones técnicas establecidas.

El costo de un bien, ya sea un producto o servicio, se entiende como la inversión requerida para su obtención, la cual está compuesta por capital, esfuerzo laboral y tiempo. Los precios de los materiales han sido obtenidos a partir de un promedio de cotizaciones del mercado local, específicamente de ferreterías reconocidas de la ciudad del Cusco, e incluyen el IGV.

9.3.1. Incidencia de las leyes sobre la remuneración básica

Las leyes sociales comprenden las obligaciones legales que el empleador debe cumplir con respecto al trabajador, con el propósito de garantizar condiciones laborales conforme a la normativa vigente. En este contexto, dichas obligaciones se aplican específicamente a los

trabajadores del sector de construcción civil involucrados en obras de carreteras, siendo válidas en todo el territorio nacional. Para una mejor comprensión, se presenta el cálculo de la incidencia de estas leyes sobre el salario básico y otras remuneraciones correspondientes. El análisis detallado para determinar el costo por hora-hombre para el año 2024 se muestra a continuación:

Figura 72

Remuneraciones vigentes en construcción civil.

CUADRO DE REMUNERACIONES EN CONSTRUCCIÓN CIVIL					
JORNALES VIGENTES DEL 01.06.2024 AL 31.05.2025					
OPERARIO					
Jornal Básico	S/. 86.80	x 6	S/. 520.80	DESCUENTOS	
Dominical				86.80 S.N.P. 13% 100.65	
B. Movilidad (***)	8.60	x 6	51.60 CONAFOV. 2% (**) 12.15		
B.U.C. 32%	27.78	x 6	166.66		
			825.86		
Descuentos			112.81		
Neto Semanal			713.05		
OFICIAL					
Jornal Básico	S/. 68.10	x 6	S/. 408.60	DESCUENTOS	
Dominical				68.10 S.N.P. 13% 77.91	
B. Movilidad (***)	8.60	x 6	51.60 CONAFOV. 2% (*) 9.53		
B.U.C. 30%	20.43	x 6	122.58		
			650.88		
Descuentos			87.44		
Neto Semanal			563.44		
PEÓN					
Jornal Básico	S/. 61.30	x 6	S/. 367.80	DESCUENTOS	
Dominical				61.30 S.N.P. 13% 70.13	
B. Movilidad (***)	8.60	x 6	51.60 CONAFOV. 2% (**) 8.58		
B.U.C. 30%	18.39	x 6	110.34		
			591.04		
Descuentos			78.71		
Neto Semanal			512.33		
OPERARIO (Operador de Equipo Mediano)					
Jornal Básico	S/. 86.80	x 6	S/. 520.80	DESCUENTOS	
Dominical				86.80 S.N.P. 13% 106.07	
B. Movilidad (***)	8.60	x 6	51.60 CONAFOV. 2% (**) 12.15		
B.U.C. 32%	27.78	x 6	166.66		
Bonif. Alta Espec.(8%)	6.94	x 6	41.66		
			867.52		
Descuentos			118.22		
Neto Semanal			749.30		
OPERARIO (Operador de Equipo Pesado)					
Jornal Básico	S/. 86.80	x 6	S/. 520.80	DESCUENTOS	
Dominical				86.80 S.N.P. 13% 107.42	
B. Movilidad (***)	8.60	x 6	51.60 CONAFOV. 2% (**) 12.15		
B.U.C. 32%	27.78	x 6	166.66		
Bonif. Alta Espec.(10%)	8.68	x 6	52.08		
			877.94		
Descuentos			119.58		
Neto Semanal			758.36		
OPERARIO (Operador Electromecánico)					
Jornal Básico	S/. 86.80	x 6	S/. 520.80	DESCUENTOS	
Dominical				86.80 S.N.P. 13% 115.55	
B. Movilidad (***)	8.60	x 6	51.60 CONAFOV. 2% (**) 12.15		
B.U.C. 32%	27.78	x 6	166.66		
Bonif. Alta Espec.(22%)	19.10	x 6	114.58		
			940.43		
Descuentos			127.70		
Neto Semanal			812.73		
OPERARIO (Soldador Homologado 6G)					
Jornal Básico	S/. 86.80	x 6	S/. 520.80	DESCUENTOS	
Dominical				86.80 S.N.P. 13% 117.58	
B. Movilidad (***)	8.60	x 6	51.60 CONAFOV. 2% (**) 12.15		
B.U.C. 32%	27.78	x 6	166.66		
Bonif. Alta Espec.(25%)	21.70	x 6	130.20		
			956.06		
Descuentos			129.73		
Neto Semanal			826.32		
OPERARIO (Topógrafo)					
Jornal Básico	S/. 86.80	x 6	S/. 520.80	DESCUENTOS	
Dominical				86.80 S.N.P. 13% 106.75	
B. Movilidad (***)	8.60	x 6	51.60 CONAFOV. 2% (**) 12.15		
B.U.C. 32%	27.78	x 6	166.66		
Bonif. Alta Espec.(9%)	7.81	x 6	46.87		
			872.73		
Descuentos			118.90		
Neto Semanal			753.83		

Nota. Tomado de Tablas Salariales CAPECO con Resolución Ministerial N° 139-2024-TR. Convención Colectiva 2024-2025 del Sector Construcción.

Tabla 116

Jornal diario de Hora Hombre

	jornal (H/H)
Operario	S/ 14.86
Oficial	S/ 11.74
Peón	S/ 10.67
Operario (operador de equipo mediano)	S/ 15.61
Operario (operador de equipo pesado)	S/ 15.80
Operario (topógrafo)	S/ 15.70

Nota. Tomado de las tablas salariales de CAPECO.

Analisis de Costos Unitarios

PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024

ETAPA 1.0 :SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA

PROPIETARIO :BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA

UBICACION :DPTO:CUSCO PROV:PAUCARTAMBO DIST:PAUCARTAMBO LOC:PARPACALLA

FECHA :07/04/2025

PROYECTO

Partida:1.1SUMINISTRO DE MATERIALES DE HIGIENE Y SALUD Rendimiento:1 glb/Día

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
				Costo unitario por glb	
MATERIALES					
39Alcohol gel x 1lt	1	-	8.0000	23.00	184.00
39 Agua	m³	-	80.0000	5.00	400.00
30Papel Toalla x 30m	rll	-	16.0000	6.50	104.00
39Jabon Liquido x 5 litros	1	-	2.0000	54.00	108.00
37Balde de 10Lt con Caño y Tapa	und	-	3.0000	16.00	48.00
39Mascarilla Quirurgica Desechable caja x und		-	5.0000	12.00	60.00
50und					
39Lejia Desinfectante de 5 Litros	1	-	1.0000	5.50	5.50
39Guantes de Silicona para Limpieza	par	-	8.0000	7.50	60.00
39Detergente de 2kg	bls	-	1.0000	35.00	35.00
39Trapo Industrial	und	-	8.0000	3.50	28.00
39Botiquin (Inluye Kit de primeros Auxilios)	und	-	1.0000	60.00	60.00
SUB-CONTRATOS					
39Lavamanos de Fierro Portatil de Balde de 10Ltrs		-	3.0000	65.00	195.00

Partida:1.2EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL Rendimiento:1 glb/Día

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
				Costo unitario	
MATERIALES					
39Cascos Tipo Jokey Colores	und	-	40.0000	10.50	420.00
39Guantes de Cuero	par	-	60.0000	7.20	432.00
39Lentes de Policarbonato Luna Clara	und	-	40.0000	3.60	144.00
39Chalecos Reflectivos	und	-	40.0000	12.00	480.00
39Tapon de Oido	und	-	20.0000	1.50	30.00
39Botas de Seguridad Punta de Acero	und	-	40.0000	31.50	1,260.00

39Guantes de Jebe	par	-	40.0000	12.00	480.00
39Respirador Anti Polvo 2 Filtros	und	-	5.0000	27.50	137.50
39Uniforme Mameluco con Tela de Alta Densidad	und	-	20.0000	65.00	1,300.00

Partida:1.3EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	Rendimiento:1 glb/Día
	Costo unitario
	por glb 266.40

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES					
39Rollo de cinta de peligro Amarillo 220 metros	rll	-	2.0000	57.60	115.20
39Malla Plastica de 80gr	rll	-	2.0000	75.60	151.20

Partida:1.4ELABORACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA	Rendimiento:1 glb/Día
	Costo unitario por glb 2,500.00

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	1.0000	0.2286	14.86	3.40
47 Peón	hh	2.0000	0.4571	10.67	4.88
MATERIALES					
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.5000	5.00	2.50
39Calamina galvanizada de 1.8mx0.8mx2mm	pln	-	0.6400	16.50	10.56
43Madera corriente	p ²	-	7.5000	2.50	18.75
43Rollizos de Eucalipto 4"	m	-	10.7600	8.50	91.46
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	8.28	0.41

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS					
39Elaboración del Plan de Seguridad y Salud en Obra	glb	-	1.0000	2,500.00	2,500.00
Partida:1.5CONSTRUCCION DE CAMPAMENTO MOVIL A PIE DE OBRA					
				Rendimiento:35 m ² /Día	
				Costo unitario por m ²	131.96

Analisis de Costos Unitarios

PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024
ETAPA 2.0 : CAPTACIÓN TIPO TIROLESA SECTOR LLULLUCHAYOC
PROPIETARIO : BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA
UBICACION : DPTO:CUSCO PROV:PAUCARTAMBO DIST:PAUCARTAMBO LOC:PARPACALLA
FECHA :07/04/2025
PROYECTO

Partida:2.1.1LIMPIEZA DE TERRENO Rendimiento:30 m²/Día

Costo unitario por m² **6.28**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					5.98
47 Peón	hh	1.0000	0.2667	10.67	2.85
47Oficial	hh	1.0000	0.2667	11.74	3.13
EQUIPO					0.30
37Herramientas	%mo	-	5.0000	5.98	0.30

Partida:2.1.2TRAZO Y REPLANTEO Rendimiento:120 m²/Día

Costo unitario por m² **3.61**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					3.12
47Operario	hh	1.0000	0.0667	14.86	0.99
47 Peón	hh	3.0000	0.2000	10.67	2.13
MATERIALES					0.33
30Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0075	27.00	0.20
43Estaca de madera	p ²	-	0.1100	1.20	0.13
EQUIPO					0.16
37Herramientas	%mo	-	5.0000	3.12	0.16

Partida:2.1.3 EXCAVACION PARA CIMIENTOS TERRENO NORMAL Rendimiento:3 m³/Día

Costo unitario por m³ **29.88**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					28.46
47 Peón	hh	1.0000	2.6667	10.67	28.46
EQUIPO					1.42
37Herramientas	%mo	-	5.0000	28.46	1.42

Rendimiento:20 m²/Día

Partida:2.1.4REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO NORMAL	Costo unitario por m ²	4.48
--	-----------------------------------	-------------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47 Peón	hh	1.0000	0.4000	10.67	4.27
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	4.27	0.21
2.1.5 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30m. (A MANO USANDO Rendimiento:5 m ³ /Día CARRETILLA)					
Costo unitario por m ³					
17.93					

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47 Peón	hh	1.0000	1.6000	10.67	17.08
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	17.08	0.85

Partida:2.2.1 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	Rendimiento:20 m ² /Día	Costo unitario por m ²	26.77
---	------------------------------------	-----------------------------------	--------------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	1.0000	0.4000	14.86	5.94
47Oficial	hh	1.0000	0.4000	11.74	4.70
MATERIALES					
02Alambre negro N° 8	kg	-	0.1000	5.50	0.55
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.2200	5.00	1.10
44Madera corriente	p ²	-	4.1800	2.50	10.45
P/encofrado					
34Gasolina 90 octanos	gal	-	0.2000	17.50	3.50
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	10.64	0.53

Partida:2.2.2 ESTRUCTURAL OBRAS DE ARTE	ACERO PARA	Rendimiento:1 kg/Día	Costo unitario por kg	40.30
---	---------------	----------------------	-----------------------	--------------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	0.1500	1.2000	14.86	17.83
47Oficial	hh	0.1500	1.2000	11.74	14.09
MATERIALES					
02Alambre negro N° 16	kg	-	0.2500	8.50	2.13
03Fierro corrugado 3/8" G-60	kg	-	0.6250	4.96	3.10
03Fierro corrugado 1/2" G-60	kg	-	0.3750	4.14	1.55

EQUIPO					1.60
37Herramientas	%mo	-	5.0000	31.92	1.60
2.2.3CONCRETO CICLOPEO F'C=140KG/CM2 + 70%P.M.Rendimiento:18 m ³ /Día					
Costo unitario por m ³ 387.60					

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47 Peón	hh	6.0000	2.6667	10.67	28.46
47Oficial	hh	1.0000	0.4444	11.74	5.22
47Operador de equipo liviano	hh	1.0000	0.4444	15.61	6.94
MATERIALES					
05Piedra mediana 4"	m ³	-	1.0000	65.00	65.00
21Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	3.6500	27.00	98.55
38Hormigón	m ³	-	0.9700	150.00	145.50
34Gasolina 90 octanos	gal	-	2.0000	17.50	35.00
39 Agua	m ³	-	0.1800	5.00	0.90
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	40.62	2.03

Partida:2.2.4	Rendimiento:20 m ² /Día
ENROCADADO PARA LOSA DE FONDO (piedra 4")	Costo unitario por m ²
	78.90

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Oficial	hh	1.0000	0.4000	11.74	4.70
47 Peón	hh	2.0000	0.8000	10.67	8.54
MATERIALES					
05Piedra mediana 4"	m ³	-	1.0000	65.00	65.00

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
47 Peón	hh	8.0000	6.4000	10.67	68.31
47Operador de equipo liviano	hh	1.0000	0.8000	15.61	12.49
MATERIALES					
04Arena gruesa	m ³	-	0.5100	80.00	40.80
04 Grava	m ³	-	0.7600	80.00	60.80
21Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	9.0000	27.00	243.00
39 Agua	m ³	-	0.1900	5.00	0.95
34Gasolina 90 octanos	gal	-	1.0000	17.50	17.50
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	90.19	4.51

EQUIPO					0.66
37Herramientas	%mo	-	5.0000	13.24	0.66

Partida:2.2.5 CONCRETO SIMPLE F'C=210kg/cm2 2.2.6MORTERO 1:8	Rendimiento:10 m ³ /Día Costo unitario por m ³ 457.75 Rendimiento:15 m ³ /Día
---	---

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					13.61
47Operario	hh	1.0000	0.5333	14.86	7.92
47 Peón	hh	1.0000	0.5333	10.67	5.69
MATERIALES					38.27
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.0100	5.00	0.05
04Arena fina	m ³	-	0.0240	180.00	4.32
21Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	0.2000	27.00	5.40
30Impermeabilizante Liquido para Mortero 1gln	gln	-	0.7500	38.00	28.50
EQUIPO					0.68
37Herramientas	%mo	-	5.0000	13.61	0.68
		Costo unitario por m ³			208.78

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					17.65
47Oficial	hh	1.0000	0.5333	11.74	6.26
47 Peón	hh	2.0000	1.0667	10.67	11.39
MATERIALES					190.25
04Arena gruesa	m ³	-	0.5100	80.00	40.80
21Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	5.5000	27.00	148.50
39 Agua	m ³	-	0.1900	5.00	0.95
EQUIPO					0.88
37Herramientas	%mo	-	5.0000	17.65	0.88

Partida:2.2.7CURADO CONCRETO	DE	Rendimiento:100 m ² /Día		
		Costo unitario por m ²	0.91	

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.85
47 Peón	hh	1.0000	0.0800	10.67	0.85
MATERIALES					0.02
39 Agua	m ³	-	0.0040	5.00	0.02
EQUIPO					0.04
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.85	0.04

Partida:2.3.1TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	CON	Rendimiento:15 m ² /Día			
		Costo unitario por m ² 52.56			
2.3.2PINTADO DE OBRAS DE ARTE		Rendimiento:40 m ² /Día			
		Costo unitario por m ² 16.35			
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					7.24
47Operario	hh	1.0000	0.2000	14.86	2.97
47 Peón	hh	2.0000	0.4000	10.67	4.27
MATERIALES					8.75
54Pintura imprimante gln blanca		-	0.0500	27.00	1.35
54Pintura Latex Colores gln		-	0.0400	35.00	1.40
39Lija para Concreto und Grano 40-60		-	2.0000	3.00	6.00
EQUIPO					0.36
37Herramientas	%mo	-	5.0000	7.24	0.36
Partida:2.3.3 SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA CAPTACIÓN	DE	Rendimiento:3 glb/Día			
		Costo unitario por glb 1,689.46			
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					70.91
47Operario	hh	1.0000	2.6667	14.86	39.61
47Oficial	hh	1.0000	2.6667	11.74	31.30
EQUIPO					3.55
37Herramientas	%mo	-	5.0000	70.91	3.55
SUB-CONTRATOS					1,615.00
39Compuerta Tipo und Targeta 0.30x0.30x1/8" con Timon Roscado		-	3.0000	450.00	1,350.00
39Rejilla de und 0.30mx0.30m con F°G° 3/8" a 1cm		-	1.0000	85.00	85.00
39Rejilla de Sumidero de und 1.50mx0.30m de F°G° 1/2" @1cm		-	1.0000	180.00	180.00

Analisis de Costos Unitarios

PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024

ETAPA 3.0 : DESARENADOR Y CAMARA DE CARGA

PROPIETARIO : BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA
UBICACION : DPTO:CUSCO PROV:PAUCARTAMBO
 LOC:PARPACALLA

FECHA :07/04/2025

PROYECTO

Partida:3.1.1LIMPIEZA DE TERRENO Rendimiento:30 m²/Día

Costo unitario por m²

6.28

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					5.98
47 Peón	hh	1.0000	0.2667	10.67	2.85
47 Oficial	hh	1.0000	0.2667	11.74	3.13
EQUIPO					0.30
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	5.98	0.30

Partida:3.1.2TRAZO Y REPLANTEO Rendimiento:120 m²/Día

Costo unitario por m²

3.61

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					3.12
47 Operario	hh	1.0000	0.0667	14.86	0.99
47 Peón	hh	3.0000	0.2000	10.67	2.13
MATERIALES					0.33
30 Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0075	27.00	0.20
43 Estaca de madera	p ²	-	0.1100	1.20	0.13
EQUIPO					0.16
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	3.12	0.16

Partida:3.1.3 EXCAVACION PARA CIMIENTOS TERRENO NORMAL Rendimiento:3 m³/Día

Costo unitario por m³

29.88

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					28.46
47 Peón	hh	1.0000	2.6667	10.67	28.46
EQUIPO					1.42
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	28.46	1.42

Partida:3.1.4REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO NORMAL Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m²

4.48

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					4.27
47 Peón	hh	1.0000	0.4000	10.67	4.27
EQUIPO					0.21

37Herramientas %mo - 5.0000 4.27 0.21

3.1.5 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30m. (A
MANO USANDO Rendimiento:5 m³/Día CARRETILLA)

Costo unitario por m³

17.93

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					17.08
47 Peón	hh	1.0000	1.6000	10.67	17.08
EQUIPO					0.85
37Herramientas	%mo	-	5.0000	17.08	0.85

Partida:3.2.1 ENCOFRADO

Y DESENCOFRADO DE
MUROS

Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m²

26.77

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					10.64
47Operario	hh	1.0000	0.4000	14.86	5.94
47Oficial	hh	1.0000	0.4000	11.74	4.70
MATERIALES					15.60
02Alambre negro N° 8	kg	-	0.1000	5.50	0.55
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.2200	5.00	1.10
44Madera corriente	p ²	-	4.1800	2.50	10.45
P/encofrado					
34Gasolina 90 octanos	gal	-	0.2000	17.50	3.50
EQUIPO					0.53
37Herramientas	%mo	-	5.0000	10.64	0.53

Partida:3.2.2 ACERO

ESTRUCTURAL PARA
OBRAS DE ARTE

Rendimiento:1 kg/Día

Costo unitario por kg

39.86

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					31.92
47Operario	hh	0.1500	1.2000	14.86	17.83
47Oficial	hh	0.1500	1.2000	11.74	14.09
MATERIALES					6.34
02Alambre negro N° 8	kg	-	0.2500	5.50	1.38
03Fierro corrugado 3/8" G-60	kg	-	1.0000	4.96	4.96
EQUIPO					1.60
37Herramientas	%mo	-	5.0000	31.92	1.60

3.2.3 CONCRETO SIMPLE F'C=210kg/cm²

Rendimiento:10 m³/Día

Costo unitario por m³

457.75

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					90.19
47Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
47 Peón	hh	8.0000	6.4000	10.67	68.31

47Operador de equipo liviano	hh	1.0000	0.8000	15.61	12.49
MATERIALES					
04Arena gruesa	m ³	-	0.5100	80.00	40.80
04 Grava	m ³	-	0.7600	80.00	60.80
21Cemento Portland Tipo I (42.5 bol Kg)		-	9.0000	27.00	243.00
39 Agua	m ³	-	0.1900	5.00	0.95
34Gasolina 90 octanos	gal	-	1.0000	17.50	17.50
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	90.19	4.51

Partida:3.2.4CURADO CONCRETO	DE	Rendimiento:100 m ² /Día	
		Costo unitario por m ²	0.91

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47 Peón	hh	1.0000	0.0800	10.67	0.85
MATERIALES					
39 Agua	m ³	-	0.0040	5.00	0.02
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.85	0.04

Partida:3.3.1TARRAJEO IMPERMEABILIZANTE	CON	Rendimiento:15 m ² /Día	
		Costo unitario por m ²	62.06

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	-	0.5333	14.86	7.92
47 Peón	hh	-	0.5333	10.67	5.69
MATERIALES					
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.0100	5.00	0.05
04Arena fina	m ³	-	0.0240	180.00	4.32
30Impermeabilizante Liquido para gln Mortero 1gln	gln	-	1.0000	38.00	38.00
21Cemento Portland Tipo I (42.5 bol Kg)		-	0.2000	27.00	5.40
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	13.61	0.68

3.3.2PINTADO DE OBRAS DE ARTE Rendimiento:40 m²/Día

		Costo unitario por m ²	16.35
Ind.Descripción			
MANO DE OBRA			
47Operario	hh	1.0000	0.2000
47 Peón	hh	2.0000	0.4000

MATERIALES					8.75
54Pintura imprimante blanca	gln	-	0.0500	27.00	1.35
54Pintura Latex Colores	gln	-	0.0400	35.00	1.40
39Lija para Concreto Grano 40-60	und	-	2.0000	3.00	6.00
EQUIPO					0.36
37Herramientas	%mo	-	5.0000	7.24	0.36

Partida:	3.3.3 SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA DESARENADOR Y CAMARA DE CARGA	Rendimiento: glb
		Costo unitario por glb 1,363.69

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					26.60
47Operario	hh	0.0000	1.0000	14.86	14.86
47Oficial	hh	0.0000	1.0000	11.74	11.74
MATERIALES					1,176.76
72Tuberia PVC SAP 3"	und	-	3.5000	83.70	292.95
72Tuberia PVC SAP de 6"	und	-	1.5000	279.90	419.85
39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
72Canastilla PVC SAP 6"	und	-	1.0000	350.00	350.00
72Codo PVC SAP de 3" x90° a presión	und	-	2.0000	36.98	73.96
EQUIPO					1.33
37Herramientas	%mo	-	5.0000	26.60	1.33
SUB-CONTRATOS					159.00
39Rejilla de 0.35x0.25 de @1cm	und	-	1.0000	85.00	85.00
39Tapa Metalica de 0.60mx0.60mx1/8"(incluye marco)	und	-	1.0000	74.00	74.00

Analisis de Costos Unitarios

PROYECTO	: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024
ETAPA 4.0	: LINEA DE CONDUCCIÓN
PROPIETARIO	: BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA
UBICACION	: DPTO:CUSCO PROV:PAUCARTAMBO DIST:PAUCARTAMBO LOC:PARPACALLA
FECHA PROYECTO	:07/04/2025

Partida:4.1.1TRAZO Y REPLANTEO DE ZANJAS	Rendimiento:120 m ² /Día				
	Costo unitario por m ² 3.67				
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial

MANO DE OBRA					3.18
47Operario Topografo	hh	1.0000	0.0667	15.70	1.05
47 Peón	hh	3.0000	0.2000	10.67	2.13
MATERIALES					0.33
30Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0075	27.00	0.20
43Estaca de madera	p ²	-	0.1100	1.20	0.13
EQUIPO					0.16
37Herramientas	%mo	-	5.0000	3.18	0.16

Partida:4.1.2 EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO	Rendimiento:10 m ³ /Día	
	Costo unitario por m ³	27.79

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					26.47
47 Peón	hh	2.0000	1.6000	10.67	17.08
47Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
EQUIPO					1.32
37Herramientas	%mo	-	5.0000	26.47	1.32

Partida:4.1.3	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO	Rendimiento:5 m ³ /Día	
	Costo unitario por m ³		99.74

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					94.99
47Operador de equipo liviano	hh	1.0000	1.6000	15.61	24.98
47Oficial	hh	1.0000	1.6000	11.74	18.78
47 Peón	hh	3.0000	4.8000	10.67	51.23
EQUIPO					4.75
37Herramientas	%mo	-	5.0000	94.99	4.75

Partida:4.2.1REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO NORMAL Rendimiento:20 m²/Día

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					11.95
47Oficial	hh	-	0.5333	11.74	6.26
47 Peón	hh	-	0.5333	10.67	5.69
MATERIALES					2.50
39Pison Compactador Manual	und	-	0.0125	200.00	2.50
EQUIPO					0.60
37Herramientas	%mo	-	5.0000	11.95	0.60
	Costo unitario por				4.48
	m ²				

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					4.27

47 Peón	hh	1.0000	0.4000	10.67	4.27
EQUIPO					0.21
37Herramientas	%mo	-	5.0000	4.27	0.21

Partida:4.2.2COMPACTACION DEL SUELO NATURAL A MANO	Rendimiento:10 m ² /Día	Costo unitario por m ²	21.39
--	------------------------------------	-----------------------------------	--------------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					17.93
47Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
47 Peón	hh	1.0000	0.8000	10.67	8.54
MATERIALES					2.56
39Pison Compactador Manual	und	-	0.0128	200.00	2.56
EQUIPO					0.90
37Herramientas	%mo	-	5.0000	17.93	0.90

Partida:	4.2.3	PREPARACION	DE	Rendimiento:10 m ³ /Día
		MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)		Costo unitario por m ³
				30.41

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					28.96
47Operario	hh	1.0000	0.8000	14.86	11.88
47 Peón	hh	2.0000	1.6000	10.67	17.08
EQUIPO					1.45
37Herramientas	%mo	-	5.0000	28.96	1.45

Partida:4.2.4	COLOCACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	Rendimiento:15 m ³ /Día	Costo unitario por m ³	15.05
---------------	--	------------------------------------	-----------------------------------	--------------

Partida:4.3.1INSTALACION	DE	TUBERIA	NTP	399.002	SP	C-7.5	D=6"
Rendimiento:110 m/Día							

Costo unitario por m

49.51

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					2.71
47Operario	hh	1.0000	0.0727	14.86	1.08
47Oficial	hh	1.0000	0.0727	11.74	0.85
47 Peón	hh	1.0000	0.0727	10.67	0.78
MATERIALES					46.66
72Tuberia PVC SAP 6"	m	-	1.0000	46.66	46.66
EQUIPO					0.14
37Herramientas	%mo	-	5.0000	2.71	0.14

Rendimiento:110 m/Día

Partida:4.3.2		Costo unitario por m	49.51
INSTALACION DE			
TUBERIA NTP 399.002			
SP C-10 D=6"			

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					2.71
47Operario	hh	1.0000	0.0727	14.86	1.08
47Oficial	hh	1.0000	0.0727	11.74	0.85
47 Peón	hh	1.0000	0.0727	10.67	0.78
MATERIALES					46.66
72Tuberia PVC SAP 6"	m	-	1.0000	46.66	46.66
EQUIPO					0.14
37Herramientas	%mo	-	5.0000	2.71	0.14

Partida:4.3.3 RELLENO Y COMPACTADO Rendimiento:15 m³/Día
CON MATERIAL PROPIO EN ZANJAS

Partida:4.3.3 RELLENO Y COMPACTADO Rendimiento:15 m ³ /Día CON MATERIAL PROPIO EN ZANJAS	Costo unitario por m ³	18.93			
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					17.65
47Oficial	hh	1.0000	0.5333	11.74	6.26
47 Peón	hh	2.0000	1.0667	10.67	11.39
MATERIALES					0.40
39Pison Compactador und		-	0.0020	200.00	0.40
Manual					
EQUIPO					0.88
37Herramientas	%mo	-	5.0000	17.65	0.88

Partida:4.3.4 ACCESORIOS PARA LA RED DE CONDUCCION Rendimiento: glb

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					5.98
47 Peón	hh	1.0000	0.2667	10.67	2.85
47Oficial	hh	1.0000	0.2667	11.74	3.13
EQUIPO					0.30
37	%mo	-	5.0000	5.98	0.30
Herramientas					

Partida:4.3.4 ACCESORIOS PARA LA RED DE CONDUCCION Rendimiento: glb	Costo unitario por glb	9,356.41			
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					25.53
47Operario	hh	0.0000	1.0000	14.86	14.86
47 Peón	hh	0.0000	1.0000	10.67	10.67
MATERIALES					9,329.60
72Curva PVC SAP de 6" und		-	5.0000	89.90	449.50
x 90°					

72Curva PVC SAP de und 6"x45°	-	10.0000	92.90	929.00
39Pegamento para PVC gln	-	3.0000	23.70	71.10
72Curva PVC SAP und 6"x22.5°	-	80.0000	98.50	7,880.00
EQUIPO				1.28
37Herramientas %mo	-	5.0000	25.53	1.28

Partida:4.3.5 PRUEBA
Rendimiento:300 m/Día

Costo unitario por m **1.44**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.88
47Oficial hh	hh	1.0000	0.0267	11.74	0.31
47 Peón hh	hh	2.0000	0.0533	10.67	0.57
MATERIALES					0.52
21Cemento Portland bol Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	0.0025	27.00	0.07
30Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0025	27.00	0.07
39 Agua m³	m³	-	0.0760	5.00	0.38
EQUIPO					0.04
37Herramientas %mo	-	5.0000	0.88	0.04	

Partida:4.4.1 LIMPIEZA
DE TERRENO Rendimiento:30 m²/Día

Costo unitario por m² **6.28**

Partida:4.4.2TRAZO Y REPLANTEO	Rendimiento:120 m ² /Día
	Costo unitario por m ²

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					3.12
47Operario	hh	1.0000	0.0667	14.86	0.99
47 Peón	hh	3.0000	0.2000	10.67	2.13
MATERIALES					0.33
30Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0075	27.00	0.20
43Estaca de madera	p ²	-	0.1100	1.20	0.13
EQUIPO					0.16
37Herramientas	%mo	-	5.0000	3.12	0.16

Partida:4.4.3 EXCAVACION	Rendimiento:10 m ³ /Día
DE CAJA DE CANAL A MANO	Costo unitario por m ³

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					26.47
47 Peón	hh	2.0000	1.6000	10.67	17.08
47Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
EQUIPO					1.32
37Herramientas	%mo	-	5.0000	26.47	1.32

Partida:4.4.4 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	Rendimiento:20 m ² /Día
	Costo unitario por m ²

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					10.64
47Operario	hh	1.0000	0.4000	14.86	5.94
47Oficial	hh	1.0000	0.4000	11.74	4.70
MATERIALES					15.60
02Alambre negro N° 8	kg	-	0.1000	5.50	0.55
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.2200	5.00	1.10
44Madera corriente	p ²	-	4.1800	2.50	10.45
P/encofrado					
34Gasolina 90 octanos	gal	-	0.2000	17.50	3.50
EQUIPO					0.53
37Herramientas	%mo	-	5.0000	10.64	0.53

Partida:4.4.5REFUERZO DE ACERO FY=4200KG/CM2, D=3/8" (DOBLADO Y COLOCADO)Rendimiento:1 kg/Día	Costo unitario por kg	7.39
--	-----------------------	------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17

MATERIALES						7.09
02Alambre negro N° 16	kg	-	0.2500	8.50		2.13
03Fierro corrugado 3/8" G-60	kg	-	1.0000	4.96		4.96
EQUIPO						0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29		0.01

Partida:4.4.6PREPARACION Y VACIADO C°S° F'C=175KG/CM2Rendimiento:10 m³/Día
Costo unitario por m³ **443.53**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					111.46
47Operario	hh	1.0000	0.8000	14.86	11.88
47Oficial	hh	2.0000	1.6000	11.74	18.78
47 Peón	hh	8.0000	6.4000	10.67	68.31
47Operador de equipo liviano	hh	1.0000	0.8000	15.61	12.49
MATERIALES					326.50
04Arena gruesa	m ³	-	0.5000	80.00	40.00
04 Grava	m ³	-	0.7600	80.00	60.80
21Cemento Portland Tipo I (42.5 bol Kg)	bol	-	8.0000	27.00	216.00
39 Agua	m ³	-	0.1900	5.00	0.95
34Gasolina 90 octanos	gal	-	0.5000	17.50	8.75
EQUIPO					5.57
37Herramientas	%mo	-	5.0000	111.46	5.57

Partida:4.4.7TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE Rendimiento:15 m²/Día

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					13.61
47Operario	hh	1.0000	0.5333	14.86	7.92
47 Peón	hh	1.0000	0.5333	10.67	5.69
MATERIALES					38.27
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.0100	5.00	0.05
04Arena fina	m ³	-	0.0240	180.00	4.32
21Cemento Portland Tipo I (42.5 bol Kg)	bol	-	0.2000	27.00	5.40
30Impermeabilizante Liquido para Mortero 1gln	gln	-	0.7500	38.00	28.50
EQUIPO					0.68
37Herramientas	%mo	-	5.0000	13.61	0.68

Partida:4.4.8SUMINISTRO COLOCACION DE Rendimiento: glb

ACCESORIOS CRP 6"	Y DE	Costo unitario por glb	1,165.40
-------------------	------	------------------------	-----------------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					289.62
47Operario	hh	0.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	0.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					787.30
72Tuberia PVC SAP 6"	m	-	3.0000	5.00	15.00
72Tuberia PVC SAP de 3"	m	-	3.0000	20.00	60.00
72Canastilla PVC SAP 6"	und	-	1.0000	350.00	350.00
72Cono de rebose PVC 4" a 3"	und	-	2.0000	19.00	38.00
72Curva PVC SAP de 6" x 90°	und	-	3.0000	89.90	269.70
72Codo PVC de 3" x 90°	und	-	2.0000	7.30	14.60
39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
EQUIPO					14.48
37Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48
SUB-CONTRATOS					74.00
39Tapa Metalica de und 0.60mx0.60mx1/8"(incluye marco)		-	1.0000	74.00	74.00

Analisis de Costos Unitarios

PROYECTO	: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024
ETAPA 5.0	: RESERVORIO DE CONCRETO (V=415m3)
PROPIETARIO	: BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA
UBICACION	: DPTO:CUSCO PROV:PAUCARTAMBO DIST:PAUCARTAMBO LOC:PARPACALLA
FECHA PROYECTO	:07/04/2025

Partida:5.1.1TRAZO Y REPLANTEO

Rendimiento:120 m²/Día

Costo unitario por
m²

3.61

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					3.12
47Operario	hh	1.0000	0.0667	14.86	0.99
47 Peón	hh	3.0000	0.2000	10.67	2.13
MATERIALES					0.33
30Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0075	27.00	0.20
43Estaca de madera	p ²	-	0.1100	1.20	0.13
EQUIPO					0.16
EQUIPO					0.85
37Herramientas	%mo	-	5.0000	17.08	0.85

37Herramientas	%mo	-	5.0000	3.12	0.16
----------------	-----	---	--------	------	------

Partida:5.1.2EXCAVACION DE VASO DE RESERVORIO EN TIERRA (A MANO) Rendimiento:3 m³/Día

Costo unitario por m ³	59.77
-----------------------------------	--------------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					56.92
47 Peón	hh	2.0000	5.3333	10.67	56.92
EQUIPO					2.85
37Herramientas	%mo	-	5.0000	56.92	2.85

Partida:5.1.3REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO NORMAL Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m ²	4.48
-----------------------------------	-------------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Precio	Parcial
		Cantidad		
MANO DE OBRA				4.27
47 Peón	hh	1.0000	10.67	4.27
	0.4000			
EQUIPO				0.21
37Herramientas	%mo	-	4.27	0.21
	5.0000			

Partida:5.1.4 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30m. (A MANO USANDO CARRETILLA) Rendimiento:5 m³/Día

Costo unitario por m ³	17.93
-----------------------------------	--------------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					17.08
47 Peón	hh	1.0000	1.6000	10.67	17.08
5.1.5COMPACTADO DE TERRENO NATURAL				Rendimiento:15 m ² /Día	
				Costo unitario por m ²	0.26

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES					0.26
39Pison	Compactador und	-	0.0013	200.00	0.26
Manual					

Partida:5.2.1 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m ²	26.77
-----------------------------------	--------------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					10.64
47Operario	hh	1.0000	0.4000	14.86	5.94

47Oficial	hh	1.0000	0.4000	11.74	4.70
MATERIALES					
02Alambre negro N° 8	kg	-	0.1000	5.50	0.55
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.2200	5.00	1.10
44Madera corriente	p ²	-	4.1800	2.50	10.45
P/encofrado					
34Gasolina 90 octanos	gal	-	0.2000	17.50	3.50
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	10.64	0.53

Partida:5.2.2 CONCRETO CICLOPEO F'C=140KG/CM2 + 30%PM	Rendimiento:15 m ³ /Día	Costo unitario por m ³	378.11
---	------------------------------------	-----------------------------------	---------------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	1.0000	0.5333	14.86	7.92
47Oficial	hh	1.0000	0.5333	11.74	6.26
47 Peón	hh	6.0000	3.2000	10.67	34.16
MATERIALES					
05Piedra mediana 4"	m ³	-	1.0000	65.00	65.00
21Cemento Portland Tipo I bol (42.5 Kg)	bol	-	3.6500	27.00	98.55
38Hormigón	m ³	-	0.9700	150.00	145.50
39 Agua	m ³	-	0.1600	5.00	0.80
34Gasolina 90 octanos	gal	-	1.0000	17.50	17.50
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	48.34	2.42

5.2.3ACERO ESTRUCTURAL PARA RESERVORIO Rendimiento:1 kg/Día

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	0.1000	0.8000	14.86	11.88
47Oficial	hh	0.1000	0.8000	11.74	9.39
47 Peón	hh	0.1000	0.8000	10.67	8.54
MATERIALES					
02Alambre negro N° 16	kg	-	0.0500	8.50	0.43
03Fierro corrugado 1/2"	kg	-	0.0140	4.14	0.06
G-60					
03Fierro corrugado 3/8"	kg	-	0.9860	4.96	4.89
G-60					
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	29.81	1.49

Partida:5.2.4 CONCRETO SIMPLE F'C=210kg/cm2	Rendimiento:10 m ³ /Día	Costo unitario por m ³	457.75
---	------------------------------------	-----------------------------------	---------------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					90.19
47 Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
47 Peón	hh	8.0000	6.4000	10.67	68.31
47 Operador de equipo liviano	hh	1.0000	0.8000	15.61	12.49
MATERIALES					363.05
04 Arena gruesa	m³	-	0.5100	80.00	40.80
04 Grava	m³	-	0.7600	80.00	60.80
21 Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	9.0000	27.00	243.00
39 Agua	m³	-	0.1900	5.00	0.95
34 Gasolina 90 octanos	gal	-	1.0000	17.50	17.50
EQUIPO					4.51
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	90.19	4.51

Partida:5.2.5 CURADO
DE CONCRETO

Rendimiento:100 m²/Día

Costo unitario por m²

0.91

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.85
47 Peón	hh	1.0000	0.0800	10.67	0.85
MATERIALES					0.02
39 Agua	m³	-	0.0040	5.00	0.02
EQUIPO					0.04
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	0.85	0.04

5.2.6 JUNTAS WATER STOP DE 6"

Rendimiento:60 m/Día

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					13.61
47 Operario	hh	1.0000	0.5333	14.86	7.92
47 Peón	hh	1.0000	0.5333	10.67	5.69
MATERIALES					38.27
02 Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.0100	5.00	0.05
04 Arena fina	m³	-	0.0240	180.00	4.32
21 Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	0.2000	27.00	5.40
30 Impermeabilizante Líquido para Mortero 1gln	gln	-	0.7500	38.00	28.50
EQUIPO					0.68
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	13.61	0.68
Costo unitario por m					6.71

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					6.39
47 Operario	hh	1.0000	0.1333	14.86	1.98

47Oficial	hh	1.0000	0.1333	11.74	1.56
47 Peón	hh	2.0000	0.2667	10.67	2.85
EQUIPO					0.32
37Herramientas	%mo	-	5.0000	6.39	0.32

Partida:5.2.7 JUNTAS
ASFALTICAS DE DILATACION

Rendimiento:60 m/Día

Costo unitario por m **11.41**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					6.39
47Operario	hh	1.0000	0.1333	14.86	1.98
47Oficial	hh	1.0000	0.1333	11.74	1.56
47 Peón	hh	2.0000	0.2667	10.67	2.85
MATERIALES					4.70
04Arena gruesa	m³	-	0.0500	80.00	4.00
13Asfalto RC - 250	gln	-	0.2000	1.00	0.20
39Tecnoport de espesor 1"	m²	-	0.2000	2.50	0.50
EQUIPO					0.32
37Herramientas	%mo	-	5.0000	6.39	0.32

Partida:5.3.1TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE

Rendimiento:15
m²/Día

Costo unitario por m² **52.56**

Partida:5.3.2SUMINISTRO Y COLOCADO DE ACCESORIOS ARA RESERVORIO
Rendimiento: glb

EQUIPO						0.85
37		%mo	-	5.0000	17.08	0.85
Herramientas						
			Costo unitario por glb		1,400.85	
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial	
MANO DE OBRA						41.45
47Operario	hh	0.0000	2.0000	14.86		29.71
47Oficial	hh	0.0000	1.0000	11.74		11.74
MATERIALES						1,062.33
72Canastilla PVC SAP 6"	und	-	1.0000	350.00	350.00	
72Tuberia PVC SAP de 6"	und	-	2.0000	279.90	559.80	
72Codo PVC SAP de und	und	-	1.0000	7.00		7.00
4"x90°						
72Tuberia PVC SAP de 4"	und	-	2.0000	72.53	145.06	
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0200	23.70		0.47
EQUIPO						2.07
37Herramientas	%mo	-	5.0000	41.45		2.07
SUB-CONTRATOS						295.00
39Rejilla Metalica de und		-	1.0000	75.00		75.00
0.50x0.4m F°G° 3/8"						
39Escalera Metalica und		-	1.0000	220.00	220.00	
H=2.20m						

Partida:5.3.3INSTALACION DEL CERCO Rendimiento: glb
PERIMETRICO PARA EL RESERVORIO

			Costo unitario por glb		2,572.58
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					416.98
47Operario	hh	0.0000	16.0000	14.86	237.68
47Oficial	hh	0.0000	8.0000	11.74	93.91
47 Peón	hh	0.0000	8.0000	10.67	85.39
MATERIALES					174.75
02Alambre de Puas	m	-	385.0000	0.35	134.75
39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
EQUIPO					20.85
37Herramientas	%mo	-	5.0000	416.98	20.85
SUB-CONTRATOS					1,960.00
39 Tubo de Fierro Liviano und		-	29.0000	60.00	1,740.00
de 2"x2.5m con					
Anclaje de 1/4"x0.40m					
con argollas de					
1"@\0.25m					

39	Puerta de F°G° und (Soporte de 2" y Marco de Puerta con Tubo ligero de 2" con Malla de Alambre Galvanizado N°12 de 2"x2") Incluye Picaporte para candado	-	1.0000	220.00	220.00
----	---	---	--------	--------	--------

Partida:5.3.4EXCAVACION DE DADOS Rendimiento:5 m³/Día
PARA COLOCACION DE TUBOS DE CERCO

Costo unitario por m³

17.93

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					17.08
47 Peón hh	hh	1.0000	1.6000	10.67	Partida: 5.3.5 DADOS DE CONCRETO SIMPLE f'c=140kg/cm ² Rendimiento:15 m ³ /Día
					Costo unitario por m ³

292.21

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					48.34
47Operario	hh	1.0000	0.5333	14.86	7.92
47Oficial	hh	1.0000	0.5333	11.74	6.26
47 Peón	hh	6.0000	3.2000	10.67	34.16
MATERIALES					241.45
21Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	3.2000	27.00	86.40
38Hormigón	m ³	-	0.9700	150.00	145.50
39 Agua	m ³	-	0.1600	5.00	0.80
34Gasolina 90 octanos	gal	-	0.5000	17.50	8.75
EQUIPO					2.42
37Herramientas	%mo	-	5.0000	48.34	2.42

Partida:5.3.6 PINTADO Rendimiento:40 m²/Día
DE OBRAS DE ARTE

Costo unitario por m²

16.35

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					7.24
47Operario	hh	1.0000	0.2000	14.86	2.97
47 Peón	hh	2.0000	0.4000	10.67	4.27
MATERIALES					8.75
54Pintura imprimante gln blanca	gln	-	0.0500	27.00	1.35
54Pintura Latex Colores gln	gln	-	0.0400	35.00	1.40
39Lija para Concreto und Grano 40-60	und	-	2.0000	3.00	6.00

EQUIPO					0.36
37Herramientas	%mo	-	5.0000	7.24	0.36

Analisis de Costos Unitarios

PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024
ETAPA 6.0 : RED DE DISTRIBUCION
PROPIETARIO : BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA
UBICACION : DPTO:CUSCO PROV:PAUCARTAMBO DIST:PAUCARTAMBO LOC:PARPACALLA
FECHA :07/04/2025
PROYECTO

Partida:6.1.1.1.1TRAZO Y REPLANTEO DE ZANJAS Rendimiento:120 m²/Día

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por m²	3.67
				Precio	
MANO DE OBRA					3.18
47Operario Topografo	hh	1.0000	0.0667	15.70	1.05
47 Peón	hh	3.0000	0.2000	10.67	2.13
MATERIALES					0.33
30Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0075	27.00	0.20
43Estaca de madera	p ²	-	0.1100	1.20	0.13
EQUIPO					0.16
37Herramientas	%mo	-	5.0000	3.18	0.16

Partida:6.1.1.1.2EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO Rendimiento:10 m³/Día

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por	27.79
				m³	
MANO DE OBRA					26.47
47 Peón	hh	2.0000	1.6000	10.67	17.08
47Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
EQUIPO					1.32
37Herramientas	%mo	-	5.0000	26.47	1.32

Partida:6.1.1.1.3 EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO Rendimiento:10 m³/Día

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por m³	49.88
				Precio	
MANO DE OBRA					47.50
47Operador de equipo liviano	hh	1.0000	0.8000	15.61	12.49
47Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
47 Peón	hh	3.0000	2.4000	10.67	25.62
EQUIPO					2.38

37Herramientas	%mo	-	5.0000	47.50	2.38
6.1.1.1.4REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO NORMAL	Rendimiento:20 m ² /Día				

Ind.	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						17.93
47Oficial		hh		0.8000	11.74	9.39
47 Peón		hh		0.8000	10.67	8.54
MATERIALES						2.50
39Pison Compactador Manual		und		0.0125	200.00	2.50
EQUIPO						0.90
37Herramientas	%mo	-	5.0000	17.93	0.90	
				Costo unitario por m ²		4.48

Ind.	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						4.27
47 Peón		hh	1.0000	0.4000	10.67	4.27
EQUIPO						0.21
37Herramientas	%mo	-	5.0000	4.27		0.21

Partida:6.1.1.1.5	COMPACTACION DEL SUELO NATURAL A MANO	Rendimiento:100 m ² /Día
		Costo unitario por m ²

Ind.	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.79
47Oficial		hh	1.0000	0.0800	11.74	0.94
47 Peón		hh	1.0000	0.0800	10.67	0.85
MATERIALES						2.56
39Pison Compactador Manual		und		0.0128	200.00	2.56
EQUIPO						0.09
37Herramientas	%mo	-	5.0000	1.79		0.09

Partida:	6.1.1.1.6	PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL RENDIMIENTO:20 m ³ /DÍA SELECTO)	Costo unitario por m ³	15.20
----------	-----------	--	-----------------------------------	--------------

Ind.	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						14.48
47Operario		hh	1.0000	0.4000	14.86	5.94
47 Peón		hh	2.0000	0.8000	10.67	8.54
EQUIPO						0.72

37Herramientas	%mo	-	5.0000	14.48	0.72
----------------	-----	---	--------	-------	------

Partida:6.1.1.1.7 COLOCACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	Rendimiento:10 m ³ /Día
	Costo unitario por m ³

6.1.1.2.1INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-10 D=1"

Costo unitario por m	7.51
----------------------	------

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					7.21
72Tuberia PVC SAP 1"	m	-	1.0000	7.20	7.20
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.1.2.2 INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-5 D=2"	Rendimiento:1 m/Día
	Costo unitario por m

15.31

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					15.01
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
72Tuberia PVC SAP de 2"	m	-	1.0000	15.00	15.00
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.1.2.3 INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-10 D=2"	Rendimiento:1 m/Día
	Costo unitario por m

15.31

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					15.01
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
72Tuberia PVC SAP de 2"	m	-	1.0000	15.00	15.00
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

6.1.1.2.4 INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-7.5 D=3"

Ind.Descripción	Unid.	Costo unitario por m		Precio	Parcial
		Recursos	Cantidad		
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
72Tuberia PVC SAP de 3"	m	-	1.0000	20.00	20.00
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.1.2.5 INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-10 D=3"	Rendimiento:1 m/Día	Costo unitario por m	20.31		
MANO DE OBRA					
MATERIALES					
47Operario	hh	0.0010	0.0080		
47 Peón	hh	0.0020	0.0160		
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.1.2.6 INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-5 D=4"	Rendimiento:1 m/Día	Costo unitario por m	24.66		
MANO DE OBRA					
MATERIALES					
47Operario	hh	0.0010	0.0080		
47 Peón	hh	0.0020	0.0160		
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.1.2.7 INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-7.5 D=4"	Rendimiento:1 m/Día	Costo unitario por m	24.49		
MANO DE OBRA					
MATERIALES					
47Operario	hh	0.0010	0.0080		
47 Peón	hh	0.0020	0.0160		
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

MANO DE OBRA					0.12
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
MATERIALES					24.36
72Tuberia PVC SAP 4"	m	-	1.0000	24.35	24.35
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.12	0.01

6.1.1.2.8INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-10 D=4"

Costo unitario por m **24.66**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					24.36
72Tuberia PVC SAP 4"	m	-	1.0000	24.35	24.35
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.1.2.9 INSTALACION
DE TUBERIAS NTP 399.002 SP
C-5 D=6"

Rendimiento:1 m/Día

Costo unitario por m **46.97**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					46.67
72Tuberia PVC SAP 6"	m	-	1.0000	46.66	46.66
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.1.2.10 INSTALACION
DE TUBERIAS NTP 399.002 SP
C-7.5 D=6"

Rendimiento:1 m/Día

Costo unitario por m **46.97**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					46.67
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
72Tuberia PVC SAP 6"	m	-	1.0000	46.66	46.66
EQUIPO					0.01

37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01
Partida:6.1.1.2.11RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO EN ZANJAS			Rendimiento:15 m ³ /Día		
			Costo unitario por m ³	18.93	
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					17.65
47Oficial	hh	1.0000	0.5333	11.74	6.26
47 Peón	hh	2.0000	1.0667	10.67	11.39
MATERIALES					0.40
39Pison Compactador und Manual		-	0.0020	200.00	0.40
EQUIPO					0.88
37Herramientas	%mo	-	5.0000	17.65	0.88

Partida:6.1.1.2.12ACCESORIOS PARA LA RED DE DISTRIBUCION	Rendimiento: glb				
	Costo unitario por glb				
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					36.21
47Operario	hh	0.0000	1.0000	14.86	14.86
47 Peón	hh	0.0000	2.0000	10.67	21.35
MATERIALES					457.00
72Tee PVC SAP de 6"	und	-	2.0000	26.00	52.00
72Tee PVC SAP de 4"	und	-	6.0000	9.50	57.00
72Tee PVC SAP de 3"	und	-	4.0000	12.00	48.00
72Tee PVC SAP de 2"	und	-	3.0000	25.20	75.60
72Codo PVC SAP de und 6"x45°	und	-	1.0000	17.50	17.50
72Codo PVC SAP de und 3"x45°	und	-	1.0000	8.50	8.50
72Codo PVC SAP de und 2"x45°	und	-	2.0000	1.50	3.00
72Codo PVC SAP de und 2"x90°	und	-	2.0000	2.50	5.00
72Reducción PVC SAP und de 6" a 4"	und	-	3.0000	10.00	30.00
72Reducción PVC SAP und de 4" a 3"	und	-	2.0000	6.80	13.60
72Reducción PVC SAP und de 3" a 2"	und	-	5.0000	6.80	34.00
72Reducción PVC SAP und de 4" a 2"	und	-	7.0000	5.40	37.80
72Reducción PVC SAP und de 2" a 1"	und	-	15.0000	5.00	75.00

EQUIPO					1.81
37Herramientas	%mo	-	5.0000	36.21	1.81

Partida:6.1.1.2.13
PRUEBA HIDRAULICA

Rendimiento:300 m/Día

Costo unitario por m

1.44

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.88
47Oficial	hh	1.0000	0.0267	11.74	0.31
47 Peón	hh	2.0000	0.0533	10.67	0.57
MATERIALES					0.52
21Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	0.0025	27.00	0.07
30Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0025	27.00	0.07
39 Agua	m³	-	0.0760	5.00	0.38
EQUIPO					0.04
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.88	0.04

Partida:6.1.2.1.1 TRAZO
Y REPLANTEO DE
ZANJAS

Rendimiento:120 m²/Día

Costo unitario por m²

3.67

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					3.18
47Operario Topografo	hh	1.0000	0.0667	15.70	1.05
47Peón	hh	3.0000	0.2000	10.67	2.13
MATERIALES					0.33
30Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0075	27.00	0.20
43Estaca de madera	p²	-	0.1100	1.20	0.13
EQUIPO					0.16
37Herramientas	%mo	-	5.0000	3.18	0.16

6.1.2.1.2 EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO Rendimiento:10 m³/Día

Costo unitario por m³ **27.79**

Ind.	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					26.47
47 Peón	hh	2.0000	1.6000	10.67	17.08
47 Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
EQUIPO					1.32
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	26.47	1.32

Partida: 6.1.2.1.3 EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO Rendimiento:10 m³/Día

Costo unitario por m³ **49.88**

Ind.	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						47.50
47 Operador de equipo liviano	hh	1.0000	0.8000	15.61	12.49	
47 Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39	
47 Peón	hh	3.0000	2.4000	10.67	25.62	
EQUIPO						2.38
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	47.50	2.38	

Partida: 6.1.2.1.4 REFINE NIVELACIÓN EN TERRENO Y NORMAL Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m² **4.48**

Ind.	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						4.27
47 Peón	hh	1.0000	0.4000	10.67	4.27	
EQUIPO						0.21
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	4.27	0.21	

Partida: 6.1.2.1.5 COMPACTACION DEL SUELO NATURAL A MANO Rendimiento:100 m²/Día

Costo unitario por m² **4.44**

Ind.	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.79
47 Oficial	hh	1.0000	0.0800	11.74	0.94	
47 Peón	hh	1.0000	0.0800	10.67	0.85	
MATERIALES						2.56
39 Pison Compactador Manual	und	-	0.0128	200.00	2.56	

EQUIPO **0.09**
 37Herramientas %mo - 5.0000 1.79 0.09

6.1.2.1.6 PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL Rendimiento:20 m³/Día SELECTO)

Costo unitario por m³ **15.20**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA 14.48					
47Operario	hh	1.0000	0.4000	14.86	5.94
47 Peón	hh	2.0000	0.8000	10.67	8.54
EQUIPO 0.72					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	14.48	0.72

Partida:6.1.2.1.7 COLOCACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO) Rendimiento:10 m³/Día

Costo unitario por m³ **21.33**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA 17.93					
47Oficial	hh	-	0.8000	11.74	9.39
47 Peón	hh	-	0.8000	10.67	8.54
MATERIALES 2.50					
39Pison Compactador Manual	und	-	0.0125	200.00	2.50
EQUIPO 0.90					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	17.93	0.90

Partida:6.1.2.2.1INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-10 D=1" Rendimiento:1 m/Día

Costo unitario por m **7.51**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA 0.29					
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES 7.21					
72Tuberia PVC SAP 1"	m	-	1.0000	7.20	7.20
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
EQUIPO 0.01					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.2.2.2INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-5 D=2" Rendimiento:1 m/Día

Costo unitario por m **15.31**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA 0.29					

47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
72Tuberia PVC SAP de 2"	m	-	1.0000	15.00	15.00
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01
6.1.2.2.3INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-10 D=3"					
Rendimiento:1 m/Día					

Ind.Descripción	Unid.	Costo unitario por m		20.31	
		Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
72Tuberia PVC SAP de 3"	m	-	1.0000	20.00	20.00
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.2.2.4 INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-5 D=4"	Rendimiento:1 m/Día
Costo unitario por m	

Ind.Descripción	Unid.	Costo unitario por m		24.66	
		Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
72Tuberia PVC SAP 4"	m	-	1.0000	24.35	24.35
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.2.2.5 INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-7.5 D=4"	Rendimiento:1 m/Día
Costo unitario por m	

Ind.Descripción	Unid.	Costo unitario por m		24.49	
		Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
MATERIALES					
72Tuberia PVC SAP 4"	m	-	1.0000	24.35	24.35
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
EQUIPO					

37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.12	0.01
Partida:6.1.2.2.6	INSTALACION	Rendimiento:1 m/Día			
DE TUBERIAS NTP 399.002 SP	C-10 D=4"	Costo unitario por m		24.66	
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					24.36
72Tuberia PVC SAP 4"	m	-	1.0000	24.35	24.35
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

6.1.2.2.7	INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-5 D=6"	Rendimiento:1 m/Día			
		Costo unitario por m		46.97	
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					46.67
72Tuberia PVC SAP 6"	m	-	1.0000	46.66	46.66
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.2.2.8	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO EN ZANJAS	Rendimiento:15 m ³ /Día			
		Costo unitario por m ³		18.93	
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					17.65
47Oficial	hh	1.0000	0.5333	11.74	6.26
47 Peón	hh	2.0000	1.0667	10.67	11.39
MATERIALES					0.40
39Pison Compactador und		-	0.0020	200.00	0.40
Manual					
EQUIPO					0.88
37Herramientas	%mo	-	5.0000	17.65	0.88

Partida:6.1.2.2.9	ACCESORIOS PARA LA RED DE DISTRIBUCION	Rendimiento:1 glb/Día			
		Costo unitario por glb		721.18	

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					306.65
47Operario	hh		1.0000	8.0000	14.86 118.84
47Oficial	hh		2.0000	16.0000	11.74 187.81
MATERIALES					399.20
72Tee PVC SAP de 6"	und		-	4.0000	26.00 104.00
72Tee PVC SAP de 4"	und		-	2.0000	9.50 19.00
72Tee PVC SAP de 3"	und		-	3.0000	12.00 36.00
72Tee PVC SAP de 2"	und		-	1.0000	25.20 25.20
72Tee PVC SAP de 1"	und		-	1.0000	7.60 7.60
72Codo PVC SAP de 1"x45°	und		-	1.0000	5.00 5.00
72Reducción PVC SAP de 6" a 4"	und		-	6.0000	10.00 60.00
72Reducción PVC SAP de 4" a 3"	und		-	4.0000	6.80 27.20
72Reducción PVC SAP de 3" a 2"	und		-	8.0000	6.80 54.40
72Reducción PVC SAP de 4" a 2"	und		-	2.0000	5.40 10.80
72Reducción PVC SAP de 2" a 1"	und		-	10.0000	5.00 50.00
EQUIPO					15.33
37Herramientas	%mo		-	5.0000	306.65 15.33

6.1.2.2.10 PRUEBA HIDRAULICA

Rendimiento:300 m/Día

Costo unitario por m **1.44**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47 Oficial	hh	1.0000	0.0267	11.74	0.31
47 Peón	hh	2.0000	0.0533	10.67	0.57
MATERIALES					
21 Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	0.0025	27.00	0.07
30 Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0025	27.00	0.07
39 Agua	m³	-	0.0760	5.00	0.38
EQUIPO					
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	0.88	0.04

Partida:6.1.3.1.1 TRAZO Y

Rendimiento:120 m²/Día

REPLANTEO DE ZANJAS

Costo unitario por m² **3.67**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47 Operario Topografo	hh	1.0000	0.0667	15.70	1.05
47 Peón	hh	3.0000	0.2000	10.67	2.13
MATERIALES					
30 Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0075	27.00	0.20
43 Estaca de madera	p²	-	0.1100	1.20	0.13
EQUIPO					
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	3.18	0.16

Partida:6.1.3.1.2 EXCAVACION

Rendimiento:10 m³/Día

DE CAJA DE CANAL A MANO

Costo unitario por m³ **27.79**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47 Peón	hh	2.0000	1.6000	10.67	17.08
47 Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
EQUIPO					
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	26.47	1.32

Partida:6.1.3.1.3 EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO

Rendimiento:10 m³/Día

Costo unitario por m³ **49.88**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					

47Operador de equipo liviano	hh	1.0000	0.8000	15.61	12.49
47Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
47 Peón	hh	3.0000	2.4000	10.67	25.62
EQUIPO					2.38
37Herramientas	%mo	-	5.0000	47.50	2.38

6.1.3.1.4REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO NORMAL Rendimiento:20 m²/Día

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					17.93
			Costo unitario por m ²		4.48

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					4.27
			Costo unitario por m ²		0.21
47 Peón	hh	1.0000	0.4000	10.67	4.27
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	4.27	0.21

Partida:6.1.3.1.5 COMPACTACION DEL SUELO NATURAL A MANO Rendimiento:100 m²/Día

Costo unitario por m² **4.44**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					1.79
47Oficial	hh	1.0000	0.0800	11.74	0.94
47 Peón	hh	1.0000	0.0800	10.67	0.85
MATERIALES					2.56
39Pison Compactador Manual	und	-	0.0128	200.00	2.56
EQUIPO					0.09
37Herramientas	%mo	-	5.0000	1.79	0.09

Partida: 6.1.3.1.6 PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL Rendimiento:20 m³/Día SELECTO)

Costo unitario por m³ **15.20**

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					14.48
			Costo unitario por m ³		5.94
47Operario	hh	1.0000	0.4000	14.86	5.94
47 Peón	hh	2.0000	0.8000	10.67	8.54

EQUIPO					0.72
37Herramientas	%mo	-	5.0000	14.48	0.72

Partida:6.1.3.1.7	COLOCACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	Rendimiento:10 m ³ /Día
		Costo unitario por m ³ 21.33

6.1.3.2.1INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-10 D=1"

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por m	7.51
				Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					7.21
72Tuberia PVC SAP 1"	m	-	1.0000	7.20	7.20
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.3.2.2	INSTALACION	Rendimiento:1 m/Día
DE TUBERIAS NTP 399.002 SP		
C-5 D=2"		Costo unitario por m 15.31

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por m	15.31
				Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					15.01
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
72Tuberia PVC SAP de m	m	-	1.0000	15.00	15.00
2"					
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.3.2.3	INSTALACION	Rendimiento:1 m/Día
DE TUBERIAS NTP 399.002 SP		
C-7.5 D=2"		Costo unitario por m 15.42

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por m	15.42
				Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					15.12
72Tuberia PVC SAP de m	m	-	1.0000	15.00	15.00
2"					
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0050	23.70	0.12
EQUIPO					0.01

6.1.3.2.4 INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-10 D=2"

Ind. Descripción	Unid.	Costo unitario por m		Precio	Parcial
		Recursos	Cantidad		
MANO DE OBRA					
47 Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					
39 Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
72 Tuberia PVC SAP de 2"	m	-	1.0000	15.00	15.00
EQUIPO					
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida: 6.1.3.2.5 INSTALACION
DE TUBERIAS NTP 399.002 SP
C-10 D=3"

Rendimiento: 1 m/Día

Ind. Descripción	Unid.	Costo unitario por m		Precio	Parcial
		Recursos	Cantidad		
MANO DE OBRA					
47 Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					
39 Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
72 Tuberia PVC SAP de 3"	m	-	1.0000	20.00	20.00
EQUIPO					
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida: 6.1.3.2.6 INSTALACION
DE TUBERIAS NTP 399.002 SP
C-5 D=4"

Rendimiento: 1 m/Día

Ind. Descripción	Unid.	Costo unitario por m		Precio	Parcial
		Recursos	Cantidad		
MANO DE OBRA					
47 Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					
39 Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
72 Tuberia PVC SAP 4"	m	-	1.0000	24.35	24.35
EQUIPO					
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida: 6.1.3.2.7 INSTALACION
DE TUBERIAS NTP 399.002 SP
C-7.5 D=4"

Rendimiento: 1 m/Día

Ind. Descripción	Unid.	Costo unitario por m		Precio	Parcial
		Recursos	Cantidad		
MANO DE OBRA					

MANO DE OBRA					0.12
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
MATERIALES					24.36
72Tuberia PVC SAP 4"	m	-	1.0000	24.35	24.35
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.12	0.01

6.1.3.2.8INSTALACION DE TUBERIAS NTP 399.002 SP C-10 D=4"

Costo unitario por m **24.66**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					24.36
72Tuberia PVC SAP 4"	m	-	1.0000	24.35	24.35
39Pegamento para PVC	gln	-	0.0005	23.70	0.01
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.1.3.2.9RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO EN ZANJAS

Rendimiento:15 m³/Día

Costo unitario por m³ **18.93**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					17.65
47Oficial	hh	1.0000	0.5333	11.74	6.26
47 Peón	hh	2.0000	1.0667	10.67	11.39
MATERIALES					0.40
39Pison	Compactador und	-	0.0020	200.00	0.40
Manual					
EQUIPO					0.88
37Herramientas	%mo	-	5.0000	17.65	0.88

Partida:6.1.3.2.10
ACCESORIOS PARA LA RED DE DISTRIBUCION

Rendimiento:1 glb/Día

Costo unitario por glb **676.80**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					289.62
47Operario	hh	1.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	2.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					372.70
72Tee PVC SAP de 4"	und	-	11.0000	9.50	104.50
72Tee PVC SAP de 3"	und	-	1.0000	12.00	12.00
72Tee PVC SAP de 2"	und	-	3.0000	25.20	75.60
72Tee PVC SAP de 1"	und	-	1.0000	7.60	7.60

72Codo PVC SAP de und 1"x45°	-	2.0000	5.00	10.00
72Codo PVC SAP de und 2"x90°	-	1.0000	2.50	2.50
72Codo PVC SAP de und 1"x90°	-	3.0000	3.70	11.10
72Reducción PVC SAP de und 4" a 3"	-	1.0000	6.80	6.80
72Reducción PVC SAP de und 3" a 2"	-	2.0000	6.80	13.60
72Reducción PVC SAP de und 4" a 2"	-	10.0000	5.40	54.00
72Reducción PVC SAP de und 2" a 1"	-	15.0000	5.00	75.00
EQUIPO				14.48
37Herramientas %mo	-	5.0000	289.62	14.48

6.1.3.2.11 PRUEBA HIDRAULICA

Rendimiento:300 m/Día

Costo unitario por m **1.44**

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47 Oficial	hh	1.0000	0.0267	11.74	0.31
47 Peón	hh	2.0000	0.0533	10.67	0.57
MATERIALES					
21 Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	0.0025	27.00	0.07
30 Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0025	27.00	0.07
39 Agua	m³	-	0.0760	5.00	0.38
EQUIPO					0.04
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	0.88	0.04

Partida:6.2.1.1 LIMPIEZA

DE

Rendimiento:30

TERRENO

m²/Día

Costo unitario por **6.28**
m²

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47 Peón	hh	1.0000	0.2667	10.67	2.85
47 Oficial	hh	1.0000	0.2667	11.74	3.13
EQUIPO					0.30
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	5.98	0.30

Partida:6.2.1.2

TRAZO
REPLANTEO

Y

Rendimiento:120 m²/Día

Costo unitario por m² **3.61**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					3.12
47Operario	hh	1.0000	0.0667	14.86	0.99
47 Peón	hh	3.0000	0.2000	10.67	2.13
MATERIALES					0.33
30Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0075	27.00	0.20
43Estaca de madera	p ²	-	0.1100	1.20	0.13
EQUIPO					0.16
37Herramientas	%mo	-	5.0000	3.12	0.16

Partida:6.2.1.3EXCAVACION DE Rendimiento:10 m³/Día
CAJA DE CANAL A MANO

Costo unitario por	27.79
m ³	

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					26.47
47 Peón	hh	2.0000	1.6000	10.67	17.08
47Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
EQUIPO					1.32
37Herramientas	%mo	-	5.0000	26.47	1.32

6.2.1.4ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m²

26.77

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					10.64
47Operario	hh	1.0000	0.4000	14.86	5.94
47Oficial	hh	1.0000	0.4000	11.74	4.70
MATERIALES					15.60
02Alambre negro N° 8	kg	-	0.1000	5.50	0.55
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.2200	5.00	1.10
44Madera corriente P/encofrado	p ²	-	4.1800	2.50	10.45
34Gasolina 90 octanos	gal	-	0.2000	17.50	3.50
EQUIPO					0.53
37Herramientas	%mo	-	5.0000	10.64	0.53

Partida:6.2.1.5REFUERZO DE ACERO Rendimiento:1 kg/Día

FY=4200KG/CM2, D=3/8" (DOBLADO Y COLOCADO)

Costo unitario por kg

7.39

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					0.29
47Operario	hh	0.0010	0.0080	14.86	0.12
47 Peón	hh	0.0020	0.0160	10.67	0.17
MATERIALES					7.09
02Alambre negro N° 16	kg	-	0.2500	8.50	2.13
03Fierro corrugado 3/8" G- 60	kg	-	1.0000	4.96	4.96
EQUIPO					0.01
37Herramientas	%mo	-	5.0000	0.29	0.01

Partida:6.2.1.6

PREPARACION

Y

Rendimiento:10 m³/Día

VACIADO

C°S°

Costo unitario por m³

443.53

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					111.46
47Operario	hh	1.0000	0.8000	14.86	11.88
47Oficial	hh	2.0000	1.6000	11.74	18.78
47 Peón	hh	8.0000	6.4000	10.67	68.31
47Operador de equipo liviano	hh	1.0000	0.8000	15.61	12.49
MATERIALES					326.50
04Arena gruesa	m ³	-	0.5000	80.00	40.00

04 Grava	m ³	-	0.7600	80.00	60.80
21 Cemento Portland Tipo I bol (42.5 Kg)		-	8.0000	27.00	216.00
39 Agua	m ³	-	0.1900	5.00	0.95
34 Gasolina 90 octanos	gal	-	0.5000	17.50	8.75
EQUIPO					5.57
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	111.46	5.57

6.2.1.7 TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE Rendimiento: 15 m²/Día

Costo unitario por m ²	52.56
-----------------------------------	--------------

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					13.61
47 Operario	hh	1.0000	0.5333	14.86	7.92
47 Peón	hh	1.0000	0.5333	10.67	5.69
MATERIALES					38.27
02 Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.0100	5.00	0.05
04 Arena fina	m ³	-	0.0240	180.00	4.32
21 Cemento Portland Tipo I (42.5 bol Kg)		-	0.2000	27.00	5.40
30 Impermeabilizante Líquido para gln Mortero 1gln		-	0.7500	38.00	28.50
EQUIPO					0.68
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	13.61	0.68

Partida: 6.2.1.8 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS CRP 2"

Costo unitario por	884.20
glb	

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					289.62
47 Operario	hh	0.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	0.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					506.10
72 Tuberia PVC SAP de 2"	m	-	3.0000	15.00	45.00
72 Tuberia PVC SAP de 3"	m	-	3.0000	20.00	60.00
72 Canastilla PVC SAP de 3" a 2"	und	-	1.0000	301.00	301.00
72 Cono de rebose PVC 4" a 3"	und	-	2.0000	19.00	38.00
72 Codo PVC SAP de 2"x90°	und	-	3.0000	2.50	7.50
72 Codo PVC de 3" x 90°	und	-	2.0000	7.30	14.60
39 Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
EQUIPO					14.48
37 Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48
SUB-CONTRATOS					74.00

39Tapa Metalica de und - 1.0000 74.00 74.00
0.60mx0.60mx1/8"(incluye marco)

6.2.1.9SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS CRP 3" Rendimiento:
glb

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por glb	821.60
				Precio	
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	0.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	0.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					
72Tuberia PVC SAP de 3"	m	-	6.0000	20.00	120.00
72Canastilla de 4" a 3"	und	-	1.0000	209.00	209.00
72Cono de rebose PVC 4" a 3"	und	-	2.0000	19.00	38.00
72Codo PVC de 3" x 90°	und	-	5.0000	7.30	36.50
39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48
SUB-CONTRATOS					
39Tapa Metalica de und 0.60mx0.60mx1/8"(incluye marco)	-	1.0000	74.00	74.00	

Partida:6.2.1.10SUMINISTRO Y COLOCACION Rendimiento: glb
DE ACCESORIOS CRP 4"

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por	869.66
				glb	
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	0.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	0.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					
72Tuberia PVC SAP 6"	m	-	6.0000	46.66	279.96
72Tuberia PVC SAP de 3"	m	-	3.0000	20.00	60.00
72Canastilla PVC SAP 6" a 4"	und	-	1.0000	38.00	38.00
72Cono de rebose PVC 4" a 3"	und	-	2.0000	19.00	38.00
72Codo PVC SAP de 4"x90°	und	-	3.0000	7.00	21.00
72Codo PVC de 3" x 90°	und	-	2.0000	7.30	14.60
39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48
SUB-CONTRATOS					
39Tapa Metalica de und 0.60mx0.60mx1/8"(incluye marco)	-	1.0000	74.00	74.00	

Partida:6.2.2.1LIMPIEZA DE TERRENO Rendimiento:30 m²/Día

Costo unitario por m² **6.28**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					5.98
47 Peón	hh	1.0000	0.2667	10.67	2.85
47Oficial	hh	1.0000	0.2667	11.74	3.13
EQUIPO					0.30
37Herramientas	%mo	-	5.0000	5.98	0.30
Rendimiento:120 m ² /Día					
Costo unitario por m ² 3.61					

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					3.12
47Operario	hh	1.0000	0.0667	14.86	0.99
47 Peón	hh	3.0000	0.2000	10.67	2.13
MATERIALES					0.33
30Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0075	27.00	0.20
43Estaca de madera	p ²	-	0.1100	1.20	0.13
EQUIPO					0.16
37Herramientas	%mo	-	5.0000	3.12	0.16

Partida:6.2.2.3EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO	Rendimiento:10 m ³ /Día
	Costo unitario por m ³ 27.79

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					26.47
47 Peón	hh	2.0000	1.6000	10.67	17.08
47Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
EQUIPO					1.32
37Herramientas	%mo	-	5.0000	26.47	1.32

Partida:6.2.2.4 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	Rendimiento:20 m ² /Día
	Costo unitario por m ² 26.77

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					10.64
47Operario	hh	1.0000	0.4000	14.86	5.94

47Oficial	hh	1.0000	0.4000	11.74	4.70
MATERIALES					15.60
02Alambre negro N° 8	kg	-	0.1000	5.50	0.55
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.2200	5.00	1.10
44Madera corriente P/encofrado	p ²	-	4.1800	2.50	10.45
34Gasolina 90 octanos	gal	-	0.2000	17.50	3.50
EQUIPO					0.53
37Herramientas	%mo	-	5.0000	10.64	0.53

6.2.2.5PREPARACION Y VACIADO C°S° F'C=175KG/CM2Rendimiento:10 m³/Día

Costo unitario por m³ **443.53**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					111.46
47Operario	hh	1.0000	0.8000	14.86	11.88
47Oficial	hh	2.0000	1.6000	11.74	18.78
47 Peón	hh	8.0000	6.4000	10.67	68.31
47Operador de equipo liviano	hh	1.0000	0.8000	15.61	12.49
MATERIALES					326.50
04Arena gruesa	m ³	-	0.5000	80.00	40.00
04 Grava	m ³	-	0.7600	80.00	60.80
21Cemento Portland Tipo I (42.5 bol Kg)	bol	-	8.0000	27.00	216.00
39 Agua	m ³	-	0.1900	5.00	0.95
34Gasolina 90 octanos	gal	-	0.5000	17.50	8.75
EQUIPO					5.57
37Herramientas	%mo	-	5.0000	111.46	5.57

Partida:6.2.2.6TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE Rendimiento:15 m²/Día

Costo unitario por m² **52.56**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					13.61
47Operario	hh	1.0000	0.5333	14.86	7.92
47 Peón	hh	1.0000	0.5333	10.67	5.69
MATERIALES					38.27
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.0100	5.00	0.05
04Arena fina	m ³	-	0.0240	180.00	4.32
21Cemento Portland Tipo I (42.5 bol Kg)	bol	-	0.2000	27.00	5.40
30Impermeabilizante Liquido para gln Mortero 1gln	gln	-	0.7500	38.00	28.50
EQUIPO					0.68
37Herramientas	%mo	-	5.0000	13.61	0.68

Partida:6.2.2.7SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA DE CONTROL DE D=2"

Rendimiento: glb Costo unitario por

glb **735.50**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					289.62
47Operario	hh	0.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	0.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					357.40

77Valvula Compuerta Bronce de 2"	und	-	1.0000	189.00	189.00
65Niple de F°G° de 2"x 2"	und	-	2.0000	14.90	29.80
65Union Universal de F°G° de 2"	und	-	2.0000	15.90	31.80
72Transiciones PVC de 2"	und	-	2.0000	10.90	21.80
39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
72Tuberia PVC SAP de 2"	m	-	3.0000	15.00	45.00
EQUIPO					14.48
37Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48
SUB-CONTRATOS					74.00
39Tapa metalica de 0.40mx0.40mx1/8"(Incluye Marco)		und	-	1.0000	
74.00			74.00		

6.2.2.8 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA
DE Rendimiento: glb CONTROL DE D=3"

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por glb	982.30
				Precio	Parcial
MANO DE OBRA					289.62
47Operario	hh	0.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	0.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					604.20
77Valvula Compuerta broce de 3"	und	-	1.0000	295.00	295.00
65Niples de F°G° de 3"x3"	und	-	2.0000	15.00	30.00
65Unión universal de F°G° de 3"	und	-	2.0000	71.60	143.20
72Transiciones PVC de 3"	und	-	2.0000	48.00	96.00
39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
EQUIPO					14.48
37Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48
SUB-CONTRATOS					74.00
39Tapa metalica de 0.40mx0.40mx1/8"(Incluye Marco)		und	-	1.0000	74.00
0.40mx0.40mx1/8"(Incluye Marco)					74.00

Partida:6.2.2.9SUMINISTRO Y COLOCACION DE Rendimiento:1

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por	793.30
				glb	glb

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por	793.30
				glb	glb
MANO DE OBRA					289.62
47Operario	hh	1.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	2.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					415.20
77Valvula compuerta de bronce de 4"	und	-	1.0000	250.00	250.00
65Niples de F°G° de 4"x4"	und	-	2.0000	13.60	27.20
65union universal de F°G° de 4"	und	-	2.0000	35.00	70.00
72Transiciones PVC de 4"	und	-	2.0000	14.00	28.00

39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
EQUIPO					14.48
37Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48
SUB-CONTRATOS					74.00
39Tapa metalica de und 0.40mx0.40mx1/8"(Incluye Marco)	und	-	1.0000	74.00	74.00

Partida:6.2.3.1LIMPIEZA DE TERRENO Rendimiento:30 m²/Día

Costo unitario por m² **6.28**

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					5.98
47 Peón	hh	1.0000	0.2667	10.67	2.85
47Oficial	hh	1.0000	0.2667	11.74	3.13
EQUIPO					0.30
37Herramientas	%mo	-	5.0000	5.98	0.30
6.2.3.2TRAZO Y REPLANTEO				Rendimiento:120 m ² /Día	
				Costo unitario por m ²	3.61

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					3.12
47Operario	hh	1.0000	0.0667	14.86	0.99
47 Peón	hh	3.0000	0.2000	10.67	2.13
MATERIALES					0.33
30Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0075	27.00	0.20
43Estaca de madera	p ²	-	0.1100	1.20	0.13
EQUIPO					0.16
37Herramientas	%mo	-	5.0000	3.12	0.16

Partida:6.2.3.3EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO Rendimiento:10 m³/Día

Costo unitario por m³ **27.79**

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					26.47
47 Peón	hh	2.0000	1.6000	10.67	17.08
47Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
EQUIPO					1.32
37Herramientas	%mo	-	5.0000	26.47	1.32

Partida:6.2.3.4 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m² **26.77**

Ind.		Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
Descripción						
MANO DE OBRA						10.64
47Operario		hh		1.0000	14.86	5.94
47Oficial		hh		1.0000	11.74	4.70
MATERIALES						15.60
02Alambre negro N° 8		kg		-	0.1000	5.50
02Clavos para madera C/C 3"		kg		-	0.2200	5.00
44Madera corriente P/encofrado		p ²		-	4.1800	2.50
34Gasolina 90 octanos		gal		-	0.2000	17.50
EQUIPO						0.53
37Herramientas		%mo		-	5.0000	10.64
						0.53

6.2.3.5PREPARACION Y VACIADO C°S° F'C=175KG/CM2Rendimiento:10 m³/Día

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por m ³	
				Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	1.0000	0.8000	14.86	11.88
47Oficial	hh	2.0000	1.6000	11.74	18.78
47 Peón	hh	8.0000	6.4000	10.67	68.31
47Operador de equipo liviano	hh	1.0000	0.8000	15.61	12.49
MATERIALES					
04Arena gruesa	m ³	-	0.5000	80.00	40.00
04 Grava	m ³	-	0.7600	80.00	60.80
21Cemento Portland Tipo I (42.5 bol Kg)	bol	-	8.0000	27.00	216.00
39 Agua	m ³	-	0.1900	5.00	0.95
34Gasolina 90 octanos	gal	-	0.5000	17.50	8.75
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	111.46	5.57

Partida:6.2.3.6TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE Rendimiento:15 m²/Día

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por m ²	
				Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	1.0000	0.5333	14.86	7.92
47 Peón	hh	1.0000	0.5333	10.67	5.69
MATERIALES					
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.0100	5.00	0.05
04Arena fina	m ³	-	0.0240	180.00	4.32
21Cemento Portland Tipo I (42.5 bol Kg)	bol	-	0.2000	27.00	5.40
30Impermeabilizante Liquido para Mortero 1gln	gln	-	0.7500	38.00	28.50
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	13.61	0.68

Partida:6.2.3.7SUMINISTRO Y COLOCACION DE VALVULAS DE PURGA DE D=2" Rendimiento: glb

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por glb	
				Precio	Parcial
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	0.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	0.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					
77Valvula Compuerta Bronce de 2" und	und	-	1.0000	189.00	189.00

65Niple de F°G° de 2"x 2"	und	-	2.0000	14.90	29.80
65Union Universal de F°G° de 2"	und	-	2.0000	15.90	31.80
72Transiciones PVC de 2"	und	-	2.0000	10.90	21.80
39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
72Codo PVC SAP de 2"x45°	und	-	2.0000	1.50	3.00
EQUIPO					14.48
37Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48
SUB-CONTRATOS					74.00
39Tapa metalica de 0.40mx0.40mx1/8"(Incluye Marco)		und	-	1.0000	
74.00		74.00			

6.2.4.1 TRAZO Y REPLANTEO

Rendimiento: 120 m²/Día

Costo unitario por
m² **3.61**

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					3.12
47Operario	hh	1.0000	0.0667	14.86	0.99
47 Peón	hh	3.0000	0.2000	10.67	2.13
MATERIALES					0.33
30Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	-	0.0075	27.00	0.20
43Estaca de madera	p ²	-	0.1100	1.20	0.13
EQUIPO					0.16
37Herramientas	%mo	-	5.0000	3.12	0.16

Partida: 6.2.4.2 EXCAVACION
CAJA DE CANAL A MANO

DE

Rendimiento: 10 m³/Día

Costo unitario por
m³ **27.79**

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					26.47
47 Peón	hh	2.0000	1.6000	10.67	17.08
47Oficial	hh	1.0000	0.8000	11.74	9.39
EQUIPO					1.32
37Herramientas	%mo	-	5.0000	26.47	1.32

Partida: 6.2.4.3 PREPARACION Y
VACIADO C°S°
F'C=175KG/CM2

Rendimiento: 10 m³/Día

Costo unitario por m³ **443.53**

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					111.46
47Operario	hh	1.0000	0.8000	14.86	11.88
47Oficial	hh	2.0000	1.6000	11.74	18.78
47 Peón	hh	8.0000	6.4000	10.67	68.31
47Operador de equipo liviano	hh	1.0000	0.8000	15.61	12.49

MATERIALES						326.50
04Arena gruesa	m ³	-	0.5000	80.00	40.00	
04 Grava	m ³	-	0.7600	80.00	60.80	
21Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	8.0000	27.00	216.00	
39 Agua	m ³	-	0.1900	5.00	0.95	
34Gasolina 90 octanos	gal	-	0.5000	17.50	8.75	
EQUIPO						5.57
37Herramientas	%mo	-	5.0000	111.46	5.57	

6.2.4.4 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS Rendimiento: 20 m²/Día

Costo unitario por m² **26.77**

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					10.64
47Operario	hh	1.0000	0.4000	14.86	5.94
47Oficial	hh	1.0000	0.4000	11.74	4.70
MATERIALES					15.60
02Alambre negro N° 8	kg	-	0.1000	5.50	0.55
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.2200	5.00	1.10
44Madera corriente P/encofrado	p ²	-	4.1800	2.50	10.45
34Gasolina 90 octanos	gal	-	0.2000	17.50	3.50
EQUIPO					0.53
37Herramientas	%mo	-	5.0000	10.64	0.53

Partida: 6.2.4.5 TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE

Rendimiento: 15 m²/Día

Costo unitario por m² **52.56**

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					13.61
47Operario	hh	1.0000	0.5333	14.86	7.92
47 Peón	hh	1.0000	0.5333	10.67	5.69
MATERIALES					38.27
02Clavos para madera C/C 3"	kg	-	0.0100	5.00	0.05
04Arena fina	m ³	-	0.0240	180.00	4.32
21Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	-	0.2000	27.00	5.40
30Impermeabilizante Liquido para gln Mortero 1gln		-	0.7500	38.00	28.50
EQUIPO					0.68
37Herramientas	%mo	-	5.0000	13.61	0.68

Partida: 6.2.4.6 SUMINISTRO Y COLOCACION Rendimiento: glb
DE ACCESORIOS PARA HIDRANTE

PASANTE D=1"

Costo unitario por
glb

630.12

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					289.62

47Operario	hh	0.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	0.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					
77Valvula de bronce tipo bola de 1" und		-	1.0000	94.90	94.90
77Tee F°G° de 1"	und	-	1.0000	18.90	18.90
77Niples de F°G° 1"x30cm	und	-	1.0000	24.72	24.72
77Niples F°G° 1"x25cm	und	-	2.0000	22.00	44.00
77Unión Simple F°G° de 1"	und	-	2.0000	7.50	15.00
72Transicion PVC de 1" (UPR)	und	-	2.0000	5.50	11.00
39Cinta Teflon	und	-	1.0000	3.50	3.50
39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48
SUB-CONTRATOS					
39Tapa metalica 0.30x0.30x1/8" und (incluye marco)		-	1.0000	74.00	74.00

6.2.4.7 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS PARA HIDRANTE Rendimiento: glb PASANTE D=2"

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Costo unitario por glb	942.28
MANO DE OBRA					
47Operario	hh	0.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	0.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					
77Válvula de bronce und tipo bola de 2"		-	1.0000	325.00	325.00
77Tee F°G° de 2"	und	-	1.0000	32.90	32.90
77Niples de F°G° und 2"x30cm	und	-	1.0000	35.00	35.00
77Niples F°G° 2"x25cm und		-	2.0000	31.00	62.00
77Unión simple F°G° de und 2"		-	2.0000	17.89	35.78
72Transicion PVC de 2" und (UPR)		-	2.0000	15.00	30.00
39Cinta Teflon	und	-	1.0000	3.50	3.50
39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
EQUIPO					
37Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48
SUB-CONTRATOS					
39Tapa metalica und 0.30x0.30x1/8" (incluye marco)		-	1.0000	74.00	74.00

Partida: 6.2.4.8 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS PARA HIDRANTE

Rendimiento: glb Costo unitario por glb 1,921.00

PASANTE D=4"

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					289.62
47Operario	hh	0.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	0.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					1,542.90
77Valvula de bronce und tipo bola de 4"		-	1.0000	1,210.00	1,210.00
77Tee F°G° de 4" und		-	1.0000	52.40	52.40
77Niples F°G° 4"x30cm und		-	1.0000	39.00	39.00
77Niples F°G° 4"x25cm und		-	2.0000	37.00	74.00
77Union simple F°G° de und 4"		-	2.0000	45.00	90.00
72Transicion PVC de 4" und (UPR)		-	2.0000	17.00	34.00
39Cinta Teflon	und	-	1.0000	3.50	3.50
39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
EQUIPO					14.48
37Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48
SUB-CONTRATOS					74.00
39Tapa metalica und 0.30x0.30x1/8" (incluye marco)		-	1.0000	74.00	74.00

6.2.4.9 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS PARA HIDRANTES Rendimiento: glb FINAL D=1"

Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					289.62
47Operario	hh	0.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	0.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					244.52
77Valvula de bronce tipo bola und de 1"		-	1.0000	94.90	94.90
77Tee F°G° de 1" und		-	1.0000	18.90	18.90
77Niples de F°G° 1"x30cm und		-	1.0000	24.72	24.72
77Niples F°G° 1"x25cm und		-	2.0000	22.00	44.00
77Unión Simple F°G° de 1" und		-	1.0000	7.50	7.50
72Transicion PVC de 1" und (UPR)		-	1.0000	5.50	5.50
72Tapon F°G° de 1" hembra	und	-	1.0000	5.50	5.50
39Cinta Teflon	und	-	1.0000	3.50	3.50
39Candado 50mm	und	-	1.0000	40.00	40.00
EQUIPO					14.48
37Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48
SUB-CONTRATOS					74.00
Costo unitario por glb					622.62

39Tapa 0.30x0.30x1/8" <u>marco)</u>	metalica und (incluye	-	1.0000	74.00	74.00
Partida:6.2.5.1SUMINISTROS ACCESORIOS PARA EQUIPO MOVIL	DE Rendimiento:1 glb/Día				
		Costo unitario por glb			4,816.40
Ind.Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					289.62
47Operario	hh	1.0000	8.0000	14.86	118.84
47 Peón	hh	2.0000	16.0000	10.67	170.78
MATERIALES					4,512.30
39Manguera polietileno de 32mm	de m	-	3,650.0000	1.00	3,650.00
39Aspersor bronze (conexion macho 3/4")	VYR60 und sectorial	-	73.0000	1.00	73.00
39union simple de F°G° und de 3/4"		-	73.0000	1.00	73.00
39Adaptador PE macho und 32mm a 3/4" pesado		-	73.0000	1.00	73.00
39Tee	PE und 32mmx3/4"x32mm pesado	-	73.0000	1.00	73.00
39Codo PE 32mm x und 3/4"x90°		-	73.0000	1.00	73.00
39Base soorte metalico und (Triode)		-	73.0000	1.00	73.00
39Niple PVC SAP 1"	und	-	73.0000	1.00	73.00
72Codo PVC SAP de und 1"x90°		-	73.0000	3.70	270.10
72Reduccion PVC SAP und de 2" a 1"		-	13.0000	5.00	65.00
72Reduccion PVC SAP und de 4" a 2"		-	3.0000	5.40	16.20
EQUIPO					14.48
37Herramientas	%mo	-	5.0000	289.62	14.48

Analisis de Costos Unitarios

PROYECTO	: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024
ETAPA 7.0	:PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO
PROPIETARIO	:BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA
UBICACION	:DPTO:CUSCO PROV:PAUCARTAMBO DIST:PAUCARTAMBO LOC:PARPACALLA

FECHA :07/04/2025

PROYECTO

Partida:7.1ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Rendimiento:1 und/Día

Costo unitario por und	28.00
------------------------	-------

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS					
39Ensayo e Informe de Resistencia de Concreto	und		-	1.0000	28.00

Analisis de Costos Unitarios

PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024

ETAPA 8.0 : EQUIPO Y MAQUINARIA

PROPIETARIO : BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA

UBICACION : DPTO:CUSCO PROV:PAUCARTAMBO DIST:PAUCARTAMBO
LOC:PARPACALLA

FECHA : 07/04/2025

PROYECTO

Partida: 8.1 FLETE TERRESTRE

Rendimiento: glb

Costo unitario por glb	4,000.00
------------------------	----------

Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
EQUIPO					
48 Mezcladora de 9-11 p3	und	1.0000	1.0000	3,500.00	3,500.00
39 Vibradora Electrica de concreto (con manguera)	und	0.0000	1.0000	1,750.00	1,750.00
39 Generador Electrico a Gasolina	und	0.0000	1.0000	1,000.00	1,000.00
Ind. Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS					
39 Flete Terrestre	glb		-	1.0000	4,000.00

Partida: 8.2 EQUIPO

Rendimiento:1

glb/Día

Costo unitario por glb	6,250.00
------------------------	----------

Analisis de Costos Unitarios

PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024

ETAPA 9.0 : CAPACITACIÓN DEL USO DEL SISTEMA DE RIEGO

PROPIETARIO : BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA

IO

UBICACIO :DPTO:CUSCO PROV:PAUCARTAMBO
N DIST:PAUCARTAMBO LOC:PARPACALLA
FECHA : 07/04/2025

PROYECTO

Partida: 9.1 Rendimiento:1 glb/Día
CAPACITACION Y Costo unitario por glb 3,500.
FORTALECIMIENTO DEL COMITE DE REGANTES 00

Ind.	Uni	Recurs	Cantid	Prec	Parci
Descripción	d.	os	ad	io	al
SUB-					3,500.
CONTRATOS					00
39Capacitación y Fortalecimiento del Comite de Regantesglb			-	1.0000	
3,500.00			3,500.00		

9.4.Presupuesto de obra

A continuación, se presenta el presupuesto general del proyecto, el cual constituye una estimación detallada de los costos necesarios para su ejecución. Esta estimación incluye los costos directos e indirectos, considerando la mano de obra, materiales, equipos y otros gastos relacionados. El presupuesto fue elaborado con base en rendimientos y precios actualizados, siguiendo criterios técnicos y normativos. Para facilitar su procesamiento y garantizar una adecuada organización de los datos, se utilizó el software Delphín, debido a su versatilidad y capacidad para gestionar con precisión este tipo de información.

Figura 73

Interfaz del programa DELPHIN Express BIM 360

The screenshot displays the user interface of the DELPHIN Express BIM 360 software. The top menu bar includes options like 'Tr. Inicio', 'Guardar', 'Imprimir', 'Info. Proyecto', 'Exportar', 'Fórmula Polinómica', 'Gastos Admin. Directa', 'Presupuesto Analítico', 'Cronograma de Adquisiciones', 'Resumen de costos', 'Responsables', 'Especificaciones técnicas', 'Valorización', and 'Permisos'. Below the menu is a toolbar with icons for 'R', 'CPM', 'BP', and 'BIM'. The main workspace is divided into several panes:

- Left pane:** A tree view showing the project structure under '1.0 SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA' and '2.0 CAPTACIÓN TIPO TROLESA SECTOR LULLUCHAYOC'.
- Middle pane:** A table with columns 'Descripción', 'Und.', 'Cantidad', 'Precio', and 'Total'. It lists items such as 'SUMINISTRO DE MATERIALES DE HIGIENE Y SALUD', 'EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL', and various materials like 'Alcohol gel x 1lt', 'Agua', and 'Papel Toalla x 30m'.
- Right pane:** A detailed list of 'Insumos del presupuesto' (List of supplies) for 'SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA', showing items like 'MANO DE OBRA' and 'MATERIALES' with their respective details.
- Bottom left pane:** A summary table for 'SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA' showing the breakdown of costs by category: 'MANO DE OBRA' (3.43%), 'MATERIALES' (82.43%), 'EQUIPO' (0.17%), and 'SUB-CONTRATOS' (13.97%).
- Bottom right pane:** A summary table for the entire budget showing the breakdown of costs by category: 'Costo Directo' (19,294.20), 'GASTOS GENERALES' (11.84%), 'GASTOS DE SUPERVISIÓN' (4.11%), 'GASTOS DE ELABORACIÓN DE...' (1.62%), and 'GASTOS DE LIQUIDACIÓN' (1.05%).

At the bottom, there is a navigation bar with tabs for 'IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE...', 'Usuario: Administrador (Administrador)', 'Perfil: Administrador', and 'Sucursal: ALMACÉN SECUNDARIO'.

Nota. Tomado del programa DELPHIN en donde se muestra el presupuesto realizado para el presente proyecto de riego.

PRESUPUESTO DE OBRA

PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024

PROPIETARIO :BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA

UBICACION :DPTO:CUSCO PROV:PAUCARTAMBO DIST:PAUCARTAMBO LOC:PARPACALLA

FECHA PROYECTO :07/04/2025

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
1.0	<u>SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA</u>					<u>19,294.20</u>
1.1	SUMINISTRO DE MATERIALES DE HIGIENE Y SALUD	glb	1.00	1,287.50	1,287.50	
1.2	EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL	glb	1.00	4,683.50	4,683.50	
1.3	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	glb	1.00	266.40	266.40	
1.4	ELABORACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA	glb	1.00	2,500.00	2,500.00	
1.5	CONSTRUCCION DE CAMPAMENTO MOVIL A PIE DE OBRA	m ²	80.00	131.96	10,556.80	
2.0	<u>CAPTACIÓN TIPO TIROLESA SECTOR LLULLUCHAYOC</u>					<u>35,292.92</u>
2.1	OBRAS PROVISIONALES					1,634.69
2.1.1	LIMPIEZA DE TERRENO	m ²	64.00	6.28	401.92	
2.1.2	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	64.00	3.61	231.04	
2.1.3	EXCAVACION PARA CIMIENTOS TERRENO NORMAL	m ³	17.04	29.88	509.16	
2.1.4	REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO NORMAL	m ²	21.30	4.48	95.42	
2.1.5	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30m. (A MANO USANDO CARRETILLA)	m ³	22.15	17.93	397.15	
2.2	OBRA ESTRUCTURAL					29,810.51
2.2.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m ²	66.52	26.77	1,780.74	
2.2.2	ACERO ESTRUCTURAL PARA OBRAS DE ARTE	kg	424.87	40.30	17,122.26	
2.2.3	CONCRETO CICLOPEO F'C=140KG/CM ² + 70% P.M.	m ³	7.92	387.60	3,069.79	
2.2.4	ENROCADADO PARA LOSA DE FONDO (piedra 4")	m ²	3.50	78.90	276.15	
2.2.5	CONCRETO SIMPLE F'C=210kg/cm ²	m ³	15.02	457.75	6,875.41	
2.2.6	MORTERO 1:8	m ³	3.15	208.78	657.66	
2.2.7	CURADO DE CONCRETO	m ²	31.32	0.91	28.50	
2.3	OBRAS DE ACABADO					3,847.72
2.3.1	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	m ²	31.32	52.56	1,646.18	
2.3.2	PINTADO DE OBRAS DE ARTE	m ²	31.32	16.35	512.08	

2.3.3	SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA CAPTACIÓN	glb	1.00	1,689.46	1,689.46	
3.0	<u>DESARENADOR Y CAMARA DE CARGA</u>					<u>9,775.29</u>
3.1	OBRAS PROVISIONALES					489.37
3.1.1	LIMPIEZA DE TERRENO	m ²	7.68	6.28	48.23	
3.1.2	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	4.68	3.61	16.89	
3.1.3	EXCAVACION PARA CIMIENTOS TERRENO NORMAL	m ³	7.58	29.88	226.49	
3.1.4	REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO NORMAL	m ²	4.68	4.48	20.97	
3.1.5	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30m. (A MANO USANDO CARRETILLA)	m ³	9.86	17.93	176.79	
3.2	OBRA ESTRUCTURAL					4,664.38
3.2.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m ²	34.38	26.77	920.35	
3.2.2	ACERO ESTRUCTURAL PARA OBRAS DE ARTE	kg	60.53	39.86	2,412.73	
3.2.3	CONCRETO SIMPLE F'C=210kg/cm ²	m ³	2.84	457.75	1,300.01	
3.2.4	CURADO DE CONCRETO	m ²	34.38	0.91	31.29	
3.3	OBRAS DE ACABADO					4,621.54
3.3.1	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	m ²	34.38	62.06	2,133.62	

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
3.3.2	PINTADO DE OBRAS DE ARTE	m ²	68.76	16.35	1,124.23	
3.3.3	SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA DESARENADOR Y CAMARA DE CARGA	glb	1.00	1,363.69	1,363.69	
4.0	<u>LINEA DE CONDUCCIÓN</u>					<u>376,488.93</u>
4.1	TRAZO Y EXCAVACION DE ZANJAS					90,777.91
4.1.1	TRAZO Y REPLANTEO DE ZANJAS	m ²	2,390.96	3.67	8,774.82	
4.1.2	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO	m ³	2,109.56	27.79	58,624.53	
4.1.3	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO	m ³	234.40	99.74	23,378.56	
4.2	PREPARACION Y MEJORAMIENTO DEL TERRENO					34,686.58
4.2.1	REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO NORMAL	m ²	2,390.96	4.48	10,711.50	
4.2.2	COMPACTACION DEL SUELO NATURAL A MANO	m ²	358.64	21.39	7,671.31	
4.2.3	PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	m ³	358.64	30.41	10,906.24	

4.2.4	COLOCACION DE MATERIAL m ³ PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	358.64	15.05	5,397.53	
4.3	INSTALACION DE RED DE CONDUCCION				248,597.34
4.3.1	INSTALACION DE TUBERIA m NTP 399.002 SP C- 7.5 D=6"	698.38	49.51	34,576.79	
4.3.2	INSTALACION DE TUBERIA m NTP 399.002 SP C-10 D=6"	3,286.55	49.51	162,717.09	
4.3.3	RELLENO Y COMPACTADO m ³ CON MATERIAL PROPIO EN ZANJAS	1,912.77	18.93	36,208.74	
4.3.4	ACCESORIOS PARA LA RED glb DE CONDUCCION	1.00	9,356.41	9,356.41	
4.3.5	PRUEBA HIDRAULICA m	3,984.94	1.44	5,738.31	
4.4	CAMARA DE INSPECCION				2,427.10
4.4.1	LIMPIEZA DE TERRENO m ²	2.66	6.28	16.70	
4.4.2	TRAZO Y REPLANTEO m ²	1.54	3.61	5.56	
4.4.3	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO m ³	2.84	27.79	78.92	
4.4.4	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS m ²	6.79	26.77	181.77	
4.4.5	REFUERZO DE ACERO FY=4200KG/CM2, D=3/8" (DOBLADO Y COLOCADO) kg	65.91	7.39	487.07	
4.4.6	PREPARACION Y VACIADO C°S° F'C=175KG/CM2 m ³	0.17	443.53	75.40	
4.4.7	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE m ²	7.92	52.56	416.28	
4.4.8	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS CRP 6"	glb	1.00	1,165.40	1,165.40
5.0	RESERVORIO DE CONCRETO (V=415m3)				161,430.57
5.1	OBRAS PROVISIONALES				47,292.14
5.1.1	TRAZO Y REPLANTEO m ²	351.00	3.61	1,267.11	
5.1.2	EXCAVACION DE VASO DE RESERVORIO EN TIERRA (A MANO) m ³	534.48	59.77	31,945.87	
5.1.3	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL m ²	351.00	4.48	1,572.48	
5.1.4	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30m. (A MANO USANDO CARRETILLA) m ³	694.82	17.93	12,458.12	
5.1.5	COMPACTADO DE TERRENO NATURAL m ²	186.75	0.26	48.56	
5.2	OBRAS DE ESTRUCTURA				91,180.87
5.2.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS m ²	141.12	26.77	3,777.78	
5.2.2	CONCRETO CICLOPEO F'C=140KG/CM2 + 30% PM m ³	54.28	378.11	20,523.81	
5.2.3	ACERO ESTRUCTURAL PARA RESERVORIO kg	1,418.40	36.68	52,026.91	
5.2.4	CONCRETO SIMPLE F'C=210kg/cm2 m ³	26.40	457.75	12,084.60	

5.2.5	CURADO DE CONCRETO	m ²	263.97	0.91	240.21
5.2.6	JUNTAS WATER STOP DE 6"	m	139.49	6.71	935.98
5.2.7	JUNTAS ASFALTICAS DE DILATACION	m	139.49	11.41	1,591.58

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
5.3	OBRAS DE ACABADO					22,957.56
5.3.1	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	m ²	263.97	52.56	13,874.26	
5.3.2	SUMINISTRO Y COLOCADO DE ACCESORIOS ARA RESERVORIO	glb	1.00	1,400.85	1,400.85	
5.3.3	INSTALACION DEL CERCO PERIMETRICO PARA EL RESERVORIO	glb	1.00	2,572.58	2,572.58	
5.3.4	EXCAVACION DE DADOS PARA COLOCACION DE TUBOS DE CERCO	m ³	2.56	17.93	45.90	
5.3.5	DADOS DE CONCRETO SIMPLE f'c=140kg/cm ²	m ³	2.56	292.21	748.06	
5.3.6	PINTADO DE OBRAS DE ARTE	m ²	263.97	16.35	4,315.91	
6.0	RED DE DISTRIBUCION					616,363.41
6.1	INSTALACION DE TUBERIAS					508,800.20
6.1.1	<u>SECTOR PARPACALLA 1</u>					<u>240,829.97</u>
6.1.1.1	<u>OBRAS PROVISIONALES</u>					<u>159,322.08</u>
6.1.1.1.1	TRAZO Y REPLANTEO DE ZANJAS	m ²	19,480.20	3.67	71,492.33	
6.1.1.1.2	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO	m ³	1,753.38	27.79	48,726.43	
6.1.1.1.3	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO	m ³	194.82	49.88	9,717.62	
6.1.1.1.4	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m ²	1,948.20	4.48	8,727.94	
6.1.1.1.5	COMPACTACION DEL SUELO NATURAL A MANO	m ²	1,948.20	4.44	8,650.01	
6.1.1.1.6	PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	m ³	379.90	15.20	5,774.48	
6.1.1.1.7	COLOCACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	m ³	292.23	21.33	6,233.27	
6.1.1.2	<u>OBRAS DE INSTALACION</u>					<u>81,507.89</u>
6.1.1.2.1	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C10 D=1"	m	1,516.00	7.51	11,385.16	
6.1.1.2.2	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C-5 D=2"	m	613.00	15.31	9,385.03	
6.1.1.2.3	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C10 D=2"	m	209.00	15.31	3,199.79	
6.1.1.2.4	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C-7.5 D=3"	m	197.00	20.31	4,001.07	
6.1.1.2.5	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C10 D=3"	m	112.00	20.31	2,274.72	

6.1.1.2.6	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C-5 D=4"	273.00	24.66	6,732.18
6.1.1.2.7	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C- 7.5 D=4"	109.00	24.49	2,669.41
6.1.1.2.8	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C10 D=4"	35.00	24.66	863.10
6.1.1.2.9	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C-5 D=6"	176.00	46.97	8,266.72
6.1.1.2.10	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C- 7.5 D=6"	7.00	46.97	328.79
6.1.1.2.11	RELLENO Y COMPACTADO m ³ CON MATERIAL PROPIO EN ZANJAS	1,558.56	18.93	29,503.54
6.1.1.2.12	ACCESORIOS PARA LA RED glb DE DISTRIBUCION	1.00	495.02	495.02
6.1.1.2.13	PRUEBA HIDRAULICA m	1,669.00	1.44	2,403.36
6.1.2	<u>SECTOR PARPACALLA 2</u>			97,053.38
6.1.2.1	<u>OBRAS PROVISIONALES</u>			45,041.42
6.1.2.1.1	TRAZO Y REPLANTEO DE ZANJAS m ²	1,001.40	3.67	3,675.14
6.1.2.1.2	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO m ³	901.26	27.79	25,046.02
6.1.2.1.3	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO m ³	100.14	49.88	4,994.98
6.1.2.1.4	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL m ²	1,001.40	4.48	4,486.27

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
6.1.2.1.5	COMPACTACION DEL SUELO NATURAL A MANO m ²	150.21	4.44		666.93	
6.1.2.1.6	PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO) m ³	195.27	15.20		2,968.10	
6.1.2.1.7	COLOCACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO) m ³	150.21	21.33		3,203.98	
6.1.2.2	<u>OBRAS DE INSTALACION</u>					52,011.96
6.1.2.2.1	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C10 D=1"	867.00	7.51		6,511.17	
6.1.2.2.2	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C-5 D=2"	68.00	15.31		1,041.08	
6.1.2.2.3	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C10 D=3"	174.00	20.31		3,533.94	
6.1.2.2.4	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C-5 D=4"	17.00	24.66		419.22	
6.1.2.2.5	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C- 7.5 D=4"	49.00	24.49		1,200.01	
6.1.2.2.6	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C10 D=4"	98.00	24.66		2,416.68	
6.1.2.2.7	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C-5 D=6"	396.00	46.97		18,600.12	

6.1.2.2.8	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO EN ZANJAS	m ³	801.12	18.93	15,165.20
6.1.2.2.9	ACCESORIOS PARA LA RED DE DISTRIBUCION	glb	1.00	721.18	721.18
6.1.2.2.10	PRUEBA HIDRAULICA	m	1,669.00	1.44	2,403.36
6.1.3	<u>SECTOR PARPACALLA 3</u>				<u>170,916.85</u>
6.1.3.1	<u>OBRAS PROVISIONALES</u>				<u>88,814.58</u>
6.1.3.1.1	TRAZO Y REPLANTEO DE ZANJAS	m ²	1,974.60	3.67	7,246.78
6.1.3.1.2	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO	m ³	1,777.14	27.79	49,386.72
6.1.3.1.3	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO	m ³	197.46	49.88	9,849.30
6.1.3.1.4	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m ²	1,974.60	4.48	8,846.21
6.1.3.1.5	COMPACTACION DEL SUELO NATURAL A MANO	m ²	296.19	4.44	1,315.08
6.1.3.1.6	PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	m ³	385.05	15.20	5,852.76
6.1.3.1.7	COLOCACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)	m ³	296.19	21.33	6,317.73
6.1.3.2	<u>OBRAS DE INSTALACION</u>				<u>82,102.27</u>
6.1.3.2.1	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C10 D=1"	m	1,687.00	7.51	12,669.37
6.1.3.2.2	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C-5 D=2"	m	217.00	15.31	3,322.27
6.1.3.2.3	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C-7.5 D=2"	m	143.00	15.42	2,205.06
6.1.3.2.4	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C10 D=2"	m	155.00	15.31	2,373.05
6.1.3.2.5	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C10 D=3"	m	124.00	20.31	2,518.44
6.1.3.2.6	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C-5 D=4"	m	318.00	24.66	7,841.88
6.1.3.2.7	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C-7.5 D=4"	m	600.00	24.49	14,694.00
6.1.3.2.8	INSTALACION DE TUBERIAS m NTP 399.002 SP C10 D=4"	m	47.00	24.66	1,159.02
6.1.3.2.9	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO EN ZANJAS	m ³	1,579.68	18.93	29,903.34
6.1.3.2.10	ACCESORIOS PARA LA RED DE DISTRIBUCION	glb	1.00	676.80	676.80

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
6.1.3.2.11	PRUEBA HIDRAULICA	m	3,291.00	1.44	4,739.04	
6.2	OBRAS DE ARTE					107,563.21
6.2.1	<u>CAMARA ROMPE PRESION</u>					<u>15,807.35</u>
6.2.1.1	LIMPIEZA DE TERRENO	m ²	26.20	6.28	164.54	

6.2.1.2	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	15.40	3.61	55.59
6.2.1.3	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO	m ³	28.42	27.79	789.79
6.2.1.4	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m ²	6.79	26.77	181.77
6.2.1.5	REFUERZO DE ACERO FY=4200KG/CM2, D=3/8" (DOBLADO Y COLOCADO)	kg	659.07	7.39	4,870.53
6.2.1.6	PREPARACION Y VACIADO C°S° F'C=175KG/CM2	m ³	1.69	443.53	747.35
6.2.1.7	TARAJEJO CON IMPERMEABILIZANTE	m ²	7.92	52.56	416.28
6.2.1.8	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS CRP 2"	glb	2.00	884.20	1,768.40
6.2.1.9	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS CRP 3"	glb	3.00	821.60	2,464.80
6.2.1.10	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS CRP 4"	glb	5.00	869.66	4,348.30
6.2.2	<u>VALVULA DE CONTROL</u>				
6.2.2.1	LIMPIEZA DE TERRENO	m ²	4.73	6.28	29.70
6.2.2.2	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	4.73	3.61	17.08
6.2.2.3	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO	m ³	1.95	27.79	54.19
6.2.2.4	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m ²	34.32	26.77	918.75
6.2.2.5	PREPARACION Y VACIADO C°S° F'C=175KG/CM2	m ³	2.18	443.53	966.90
6.2.2.6	TARAJEJO CON IMPERMEABILIZANTE	m ²	38.28	52.56	2,012.00
6.2.2.7	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA DE CONTROL DE D=2"	glb	2.00	735.50	1,471.00
6.2.2.8	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA DE CONTROL DE D=3"	glb	4.00	982.30	3,929.20
6.2.2.9	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA DE CONTROL DE D=4"	glb	5.00	793.30	3,966.50
6.2.3	<u>VALVULA DE PURGA</u>				
6.2.3.1	LIMPIEZA DE TERRENO	m ²	1.47	6.28	9.23
6.2.3.2	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	1.47	3.61	5.31
6.2.3.3	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO	m ³	0.79	27.79	21.95
6.2.3.4	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m ²	9.36	26.77	250.57
6.2.3.5	PREPARACION Y VACIADO C°S° F'C=175KG/CM2	m ³	0.60	443.53	266.12
6.2.3.6	TARAJEJO CON IMPERMEABILIZANTE	m ²	10.44	52.56	548.73
6.2.3.7	SUMINISTRO Y COLOCACION DE VALVULAS DE PURGA DE D=2"	glb	1.00	693.50	693.50
6.2.4	<u>HIDRANTES DE PASO Y FIN</u>				
6.2.4.1	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	26.28	3.61	94.87
6.2.4.2	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO	m ³	15.77	27.79	438.25

6.2.4.3	PREPARACION Y VACIADO C°S° F'C=175KG/CM2	m³	10.51	443.53	4,661.50
6.2.4.4	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	m²	175.20	26.77	4,690.10
6.2.4.5	TARAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	m²	175.20	52.56	9,208.51
6.2.4.6	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS PARA HIDRANTE PASANTE D=1"	glb	19.00	630.12	11,972.28
6.2.4.7	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS PARA HIDRANTE PASANTE D=2"	glb	10.00	942.28	9,422.80
6.2.4.8	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS PARA HIDRANTE PASANTE D=4"	glb	3.00	1,921.00	5,763.00
Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial
6.2.4.9	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS PARA HIDRANTES FINAL D=1"	glb	41.00	622.62	25,527.42
6.2.5	<u>EQUIPO MOVIL</u>				<u>4,816.40</u>
6.2.5.1	SUMINISTROS DE ACCESORIOS PARA EQUIPO MOVIL	glb	1.00	4,816.40	4,816.40
7.0	<u>PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO</u>				<u>1,120.00</u>
7.1	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	und	40.00	28.00	1,120.00
8.0	<u>EQUIPO Y MAQUINARIA</u>				<u>10,250.00</u>
8.1	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	4,000.00	4,000.00
8.2	EQUIPO LIVIANO (ADQUISICIÓN)	glb	1.00	6,250.00	6,250.00
9.0	<u>CAPACITACIÓN DEL USO DEL SISTEMA DE RIEGO</u>				<u>3,500.00</u>
9.1	CAPACITACION Y FORTALECIMIENTO DEL COMITE DE REGANTES	glb	1.00	3,500.00	3,500.00
Costo Directo		1,233,515.32			
GASTOS GENERALES		11.84%		145,987.01	
GASTOS DE SUPERVISIÓN		4.11%		50,730.00	
GASTOS DE ELABORACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO		1.62%		20,000.00	
GASTOS DE LIQUIDACIÓN		1.05%		12,987.99	
PRESUPUESTO TOTAL		1,463,220.32			

[Son: un millón cuatrocientos sesenta y tres mil doscientos veinte y treinta y dos céntimos]

9.5.Relación de insumos

La relación de insumos presentada incluye los materiales, herramientas, equipos y recursos humanos necesarios para llevar a cabo las distintas actividades del proyecto. Estos insumos han sido seleccionados con base en las especificaciones técnicas del proyecto y los rendimientos característicos de la zona, con el fin de asegurar que se cuente con los recursos adecuados para la correcta ejecución de cada fase. Esta relación servirá como fundamento para la planificación de compras, distribución y ejecución eficiente de la obra.

Para facilitar su procesamiento y garantizar una adecuada organización de los datos, se utilizó el software Delphín, debido a su versatilidad y capacidad para gestionar con precisión este tipo de información.

Figura 74

Interfaz del programa DELPHIN Express BIM 360-Lista de Insumos

The screenshot shows the main interface of the DELPHIN Express BIM 360 software. The top menu bar includes options like Ir Inicio, Guardar, Imprimir, Info Proyecto, Exportar, Fórmula Polinómica, Gastos Admin Directa, Presupuesto Analítico, Cronograma de Adquisiciones, Cronograma de Costos, Resumen de costos, Responsables, Especificaciones Técnicas, Valorización, and Permisos. Below the menu is a toolbar with icons for R, GPM, and BIM. The main window displays a detailed list of materials for a project titled 'CAPTACIÓN TIPO TIROLESA SECTOR LULLUCHAYOC'. The list is organized into sections: 'MANO DE OBRA' and 'MATERIALES'. Each section contains a table with columns for Ind., Descripción, Unid., Proveedor, Cantidad, Costo, %Despe..., and Total. At the bottom left, there's a summary table for the budget costs, including 'Resumen de costos del presupuesto' with values like 'Costo Directo' (35,292.92), 'GASTOS GENERALES' (11.84%), 'GASTOS DE SUPERVISIÓN' (4.11%), 'GASTOS DE ELABORACIÓN DE...' (1.62%), 'GASTOS DE LIQUIDACIÓN' (1.05%), and 'PRESUPUESTO TOTAL' (41,865.16). The bottom status bar shows 'IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE...', 'Usuario: Administrador (Administrador)', 'Perfil: Administrador', and 'Sucursal: ALMACEN SECUNDARIO'.

Nota. Tomado del programa DELPHIN en donde se muestra la lista de insumos realizado para el presente proyecto de riego.

LISTA DE INSUMOS DEL PRESUPUESTO

PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO POBLADO
DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO,
REGIÓN CUSCO - AÑO 2024
ETAPA 1.0 : SISTEMA DE RIEGO
PROPIETARIO : BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA
UBICACION : DPTO:CUSCO PROV:PAUCARTAMBO DIST:PAUCARTAMBO
LOC:PARPACALLA
FECHA PROYECTO : 07/04/2025

Ind.	Descripción	Unid.	Cantidad	Costo	Total
MANO DE OBRA					670,185.68
47	Operario	hh	4,260.4836	14.86	63,290.34
47	Peón	hh	38,820.3162	10.67	414,348.64
47	Oficial	hh	13,090.0332	11.74	153,654.74
47	Operador de equipo liviano	hh	820.1229	15.61	12,802.45
47	Operario Topografo	hh	1,661.2554	15.70	26,089.52
MATERIALES					501,215.59
39	Alcohol gel x 1lt	l	7.9995	23.00	183.99
39	Aqua	m³	910.3836	5.00	4,551.92
30	Papel Toalla x 30m	rll	16.0000	6.50	104.00
39	Jabon Liquido x 5 litros	l	2.0000	54.00	108.00
37	Balde de 10Lt con Caño y Tapa	und	3.0000	16.00	48.00
39	Mascarilla Quirurgica Desechable caja x 50und	und	5.0000	12.00	60.00
39	Lejia Desinfectante de 5 Litros	l	1.0000	5.50	5.50
39	Guanos de Silicona para Limpieza	par	8.0000	7.50	60.00
39	Detergente de 2kg	bls	1.0000	35.00	35.00
39	Trapo Industrial	und	8.0000	3.50	28.00
39	Botiquin (Incluye Kit de primeros Auxilios)	und	1.0000	60.00	60.00
39	Cascos Tipo Jokey Colores	und	40.0000	10.50	420.00
39	Guanos de Cuero	par	60.0000	7.20	432.00
39	Lentes de Policarbonato Luna Clara	und	40.0000	3.60	144.00
39	Chalecos Reflectivos	und	40.0000	12.00	480.00
39	Tapon de Oido	und	20.0000	1.50	30.00
39	Botas de Seguridad Punta de Acero	und	40.0000	31.50	1,260.00
39	Guanos de Jebe	par	40.0000	12.00	480.00
39	Respirador Anti Polvo 2 Filtros	und	5.0000	27.50	137.50
39	Uniforme Mameluco con Tela de Alta Densidad	und	20.0000	65.00	1,300.00
39	Rollo de cinta de peligro Amarillo 220 metros	rll	2.0000	57.60	115.20
39	Malla Plastica de 80gr	rll	2.0000	75.60	151.20
02	Clavos para madera C/C 3"	kg	150.0799	5.00	750.40
39	Calamina galvanizada de 1.8mx0.8mx2mm	pln	51.2000	16.50	844.80
43	Madera corriente	p²	600.0000	2.50	1,500.00
43	Rollizos de Eucalipto 4"	m	860.8000	8.50	7,316.80
02	Alambre negro N° 8	kg	62.6355	5.50	344.50
44	Madera corriente P/encofrado	p²	1,983.3264	2.50	4,958.32
34	Gasolina 90 octanos	gal	218.1285	17.50	3,817.25

04	Arena fina	m ³	13.6663	180.00	2,459.94
21	Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	bol	913.4506	27.00	24,663.17
30	Impermeabilizante Liquido para Mortero 1gln	gln	435.6675	38.00	16,555.37
30	Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	215.0455	27.00	5,806.23
43	Estaca de madera	p ²	2,742.5948	1.20	3,291.11
02	Alambre negro N° 16	kg	359.8932	8.50	3,059.09
03	Fierro corrugado 3/8" G-60	kg	2,449.4360	4.96	12,149.20
03	Fierro corrugado 1/2" G-60	kg	179.6262	4.14	743.65
54	Pintura imprimante blanca	gln	18.2025	27.00	491.47
54	Pintura Latex Colores	gln	14.5620	35.00	509.67
39	Lija para Concreto Grano 40-60	und	728.1000	3.00	2,184.30
05	Piedra mediana 4"	m ³	65.7000	65.00	4,270.50
Ind.	Descripción	Unid.	Cantidad	Costo	Total
38	Hormigón	m ³	62.8172	150.00	9,422.58
04	Arena gruesa	m ³	38.7261	80.00	3,098.09
04	Grava	m ³	45.1478	80.00	3,611.82
72	Tuberia PVC SAP 3"	und	3.5000	83.70	292.95
72	Tuberia PVC SAP de 6"	und	3.5000	279.90	979.65
39	Candado 50mm	und	98.0000	40.00	3,920.00
72	Canastilla PVC SAP 6"	und	3.0000	350.00	1,050.00
72	Codo PVC SAP de 3" x90° a presión	und	2.0000	36.98	73.96
72	Tuberia PVC SAP 6"	m	4,593.9300	46.66	214,352.77
39	Pison Compactador Manual	und	60.9044	200.00	12,180.88
72	Curva PVC SAP de 6" x 90°	und	8.0000	89.90	719.20
72	Curva PVC SAP de 6"x45°	und	10.0000	92.90	929.00
39	Pegamento para PVC	gln	7.1464	23.70	169.37
72	Curva PVC SAP 6"x22.5°	und	80.0000	98.50	7,880.00
72	Tuberia PVC SAP 6"	m	3.0000	5.00	15.00
72	Tuberia PVC SAP de 3"	m	649.0000	20.00	12,980.00
72	Cono de rebose PVC 4" a 3"	und	22.0000	19.00	418.00
72	Codo PVC de 3" x 90°	und	31.0000	7.30	226.30
72	Codo PVC SAP de 4"x90°	und	16.0000	7.00	112.00
72	Tuberia PVC SAP de 4"	und	2.0000	72.53	145.06
02	Alambre de Puas	m	385.0000	0.35	134.75
39	Water Stop 6"	m	0.0000	20.00	0.00
13	Asfalto RC - 250	gln	27.8980	1.00	27.90
39	Tecnoport de espesor 1"	m ²	27.8980	2.50	69.75
72	Tuberia PVC SAP 1"	m	4,070.0000	7.20	29,304.00
39	Manguera de polietileno de 32mm	m	3,650.0000	1.00	3,650.00
39	Aspersor VYR60 bronce sectorial (conexion macho 3/4")	und	73.0000	1.00	73.00
39	union simple de F°G° de 3/4"	und	73.0000	1.00	73.00
39	Adaptador PE macho 32mm a 3/4" pesado	und	73.0000	1.00	73.00
39	Tee PE 32mmx3/4"x32mm pesado	und	73.0000	1.00	73.00
39	Codo PE 32mm x 3/4"x90°	und	73.0000	1.00	73.00
39	Base soorte metalico (Triode)	und	73.0000	1.00	73.00
39	Niple PVC SAP 1"	und	73.0000	1.00	73.00
72	Codo PVC SAP de 1"x90°	und	76.0000	3.70	281.20
72	Reducción PVC SAP de 2" a 1"	und	53.0000	5.00	265.00
72	Reducción PVC SAP de 4" a 2"	und	22.0000	5.40	118.80
72	Tuberia PVC SAP de 2"	m	1,417.0000	15.00	21,255.00
72	Tuberia PVC SAP 4"	m	1,546.0000	24.35	37,645.10

77	Valvula de bronce tipo bola de 1"	und	60.0000	94.90	5,694.00
77	Tee F°G° de 1"	und	60.0000	18.90	1,134.00
77	Niples de F°G° 1"x30cm	und	60.0000	24.72	1,483.20
77	Niples F°G° 1"x25cm	und	120.0000	22.00	2,640.00
77	Unión Simple F°G° de 1"	und	79.0000	7.50	592.50
72	Transicion PVC de 1" (UPR)	und	79.0000	5.50	434.50
39	Cinta Teflon	und	73.0000	3.50	255.50
77	Valvula Compuerta Bronce de 2"	und	3.0000	189.00	567.00
65	Niple de F°G° de 2"x 2"	und	6.0000	14.90	89.40
65	Union Universal de F°G° de 2"	und	6.0000	15.90	95.40
72	Transiciones PVC de 2"	und	6.0000	10.90	65.40
72	Codo PVC SAP de 2"x45°	und	4.0000	1.50	6.00
77	Válvula de bronce tipo bola de 2"	und	10.0000	325.00	3,250.00
77	Tee F°G°de 2"	und	10.0000	32.90	329.00
77	Niples de F°G° 2"x30cm	und	10.0000	35.00	350.00
77	Niples F°G° 2"x25cm	und	20.0000	31.00	620.00
77	Unión simple F°G° de 2"	und	20.0000	17.89	357.80
72	Transicion PVC de 2" (UPR)	und	20.0000	15.00	300.00
Ind.	Descripción	Unid.	Cantidad	Costo	Total
72	Canastilla PVC SAP de 3" a 2"	und	2.0000	301.00	602.00
72	Codo PVC SAP de 2"x90°	und	9.0000	2.50	22.50
77	Valvula Compuerta broce de 3"	und	4.0000	295.00	1,180.00
65	Niples de F°G° de 3"x3"	und	8.0000	15.00	120.00
65	Unión universal de F°G° de 3"	und	8.0000	71.60	572.80
72	Transiciones PVC de 3"	und	8.0000	48.00	384.00
77	Valvula de bronce tipo bola de 4"	und	3.0000	1,210.00	3,630.00
77	Tee F°G° de 4"	und	3.0000	52.40	157.20
77	Niples F°G° 4"x30cm	und	3.0000	39.00	117.00
77	Niples F°G° 4"x25cm	und	6.0000	37.00	222.00
77	Union simple F°G° de 4"	und	6.0000	45.00	270.00
72	Transicion PVC de 4" (UPR)	und	6.0000	17.00	102.00
72	Tee PVC SAP de 6"	und	6.0000	26.00	156.00
72	Tee PVC SAP de 4"	und	19.0000	9.50	180.50
72	Tee PVC SAP de 3"	und	8.0000	12.00	96.00
72	Tee PVC SAP de 2"	und	7.0000	25.20	176.40
72	Tee PVC SAP de 1"	und	2.0000	7.60	15.20
72	Codo PVC SAP de 1"x45°	und	3.0000	5.00	15.00
72	Reducción PVC SAP de 6" a 4"	und	9.0000	10.00	90.00
72	Reduccion PVC SAP de 4" a 3"	und	7.0000	6.80	47.60
72	Reduccion PVC SAP de 3" a 2"	und	15.0000	6.80	102.00
72	Canastilla de 4"a 3"	und	3.0000	209.00	627.00
77	Valvula compuerta de bronce de 4"	und	5.0000	250.00	1,250.00
65	Niples de F°G° de 4"x4"	und	10.0000	13.60	136.00
65	union universal de F°G° de 4"	und	10.0000	35.00	350.00
72	Transiciones PVC de 4"	und	10.0000	14.00	140.00
72	Tapon F°G° de 1" hembra	und	41.0000	5.50	225.50
72	Canastilla PVC SAP 6" a 4"	und	5.0000	38.00	190.00
72	Codo PVC SAP de 6"x45°	und	1.0000	17.50	17.50
72	Codo PVC SAP de 3"x45°	und	1.0000	8.50	8.50
	EQUIPO				39,666.05
48	Mezcladora de 9-11 p3	und	1.0000	3,500.00	3,500.00

39	Vibradora Electrica de concreto (con manguera)	und	1.0000	1,750.00	1,750.00
39	Generador Electrico a Gasolina	und	1.0000	1,000.00	1,000.00
37	Herramientas	%mo	4.9861	670,185.68	33,416.05
	SUB-CONTRATOS				22,448.00
39	Lavamanos de Fierro Portatil de Balde de 10Ltrs	und	3.0000	65.00	195.00
39	Elaboración del Plan de Seguridad y Salud en Obra	glb	1.0000	2,500.00	2,500.00
39	Compuerta Tipo Targeta 0.30x0.30x1/8" con Timon Roscado	und	3.0000	450.00	1,350.00
39	Rejilla de 0.30mx0.30m con F°G° 3/8" a 1cm	und	1.0000	85.00	85.00
39	Rejilla de Sumidero de 1.50mx0.30m de F°G° 1/2" @1cm	und	1.0000	180.00	180.00
39	Rejilla de 0.35x0.25 de 3/8" @1cm	und	1.0000	85.00	85.00
39	Tapa Metalica de 0.60mx0.60mx1/8"(incluye marco)	und	12.0000	74.00	888.00
39	Rejilla Metalica de 0.50x0.4m F°G° 3/8"	und	1.0000	75.00	75.00
39	Escalera Metalica H=2.20m	und	1.0000	220.00	220.00
39	Tubo de Fierro Liviano de 2"x2.5m con Anclaje de 1/4"x0.40m con argollas und de 1"@0.25m		29.0000	60.00	1,740.00
39	Puerta de F°G° (Soporte de 2" y Marco de Puerta con Tubo ligero de 2" und con Malla de Alambre Galvanizado N°12 de 2"x2") Incluye Picaporte para candado		1.0000	220.00	220.00
39	Tapa metalica 0.30x0.30x1/8" (incluye marco)	und	73.0000	74.00	5,402.00
39	Tapa metalica de 0.40mx0.40mx1/8"(Incluye Marco)	und	12.0000	74.00	888.00
39	Ensayo e Informe de Resistencia de Concreto	und	40.0000	28.00	1,120.00
39	Flete Terrestre	glb	1.0000	4,000.00	4,000.00
39	Capacitación y Fortalecimiento del Comite de Regantes	glb	1.0000	3,500.00	3,500.00
				TOTAL:	1,233,515.32

9.6. Formula polinómica

La variabilidad constante de los precios de los diferentes elementos que componen el costo de una obra provoca fluctuaciones significativas en el presupuesto durante la ejecución del proyecto. Por lo tanto, se utiliza una fórmula polinómica para reflejar estas variaciones de costos. Esta fórmula está formada por monomios que incluyen la incidencia de los principales componentes de costo de la obra, cuya suma determina, durante un período determinado, el coeficiente de reajuste del monto total de la obra.

La suma de los coeficientes de cada término es siempre igual a uno, y en cada monomio, la incidencia se multiplica por el índice de variación de los precios de los elementos representados por dicho monomio.

Figura 75

Interfaz del programa DELPHIN Express BIM 360-Fórmula polinómica

Reporte de Precios																	
	Descripción	Und.	Métrico	Precio	Total	02 Aceros C.	03 Aceros C.	04 Agregados	05 Agregados	21 Cemento P.	30 Dólar	34 Gasolina	37 Herramientas	38 Hormigón	39 Indice Gen.	43 Madera Na...	Mader...
1	2.0 CAPTACIÓN TIPO TIROLESA SECTOR LLULLUCHAYOC				35,292.92	1,016.30	1,975.65	1,789.85	742.30	5,067.28	905.42	772.87	918.26	1,152.36	1,827.94	8.32	
2	2.1 OBRAS PROVISIONALES			-	1,634.69												
3	2.1.1 LIMPIEZA DE TERRENO	m ²	64.00	6.28	401.92										19.20		
4	2.1.2 TRAZO Y REPLANTEO	m ²	64.00	3.61	231.04										10.24	8.32	
5	2.1.3 EXCAVACION PARA CIMENTOS TERRENO NORMAL	m ³	17.04	29.88	509.16										24.20		
6	2.1.4 REPES Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m ²	21.30	4.48	95.42										4.47		
7	2.1.5 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30m...	m ³	22.15	17.93	397.15										18.83		
8	2.2 OBRA ESTRUCTURAL			-	29,810.51												
				Total		0.029	0.056	0.051	0.021	0.144	0.026	0.022	0.026	0.033	0.052	0.000	
	Coeficientes															Ingrese el texto a buscar	
																0 of 0	
	La fórmula polinómica debe tener como máximo 8 monomios																
	Descripción															Nomenclatura	
															Coefficiente	%	
1	> Aceros de Construcción Liso														AC	0.029	100.00
3	> Aceros de Construcción Corrugado														AY	0.056	100.00
5	> Agregado Fino														AG	0.051	100.00
7	> Agregado Grueso														AW	0.021	100.00
9	> Cemento Portland Tipo I														CE	0.144	100.00
11	> Dólar														DO	0.026	100.00
13	> Gasolina														GA	0.022	100.00
15	> Herramienta Manual														HE	0.026	100.00
17	> Hormigón														HO	0.033	100.00
19	> Índice General de Precios al Consumidor (INEI)														IN	0.052	100.00
21	> Madera Nacional para Encofrado y Carpintería														MA	0.000	100.00
23	> Madera Terciada para Encofrado y Carpintería														MW	0.020	100.00
25	> Mano de Obra (Excluidos Jefes Sociales).														MX	0.520	100.00
															Total	1.000	

Nota. Tomado del programa DELPHIN en donde se muestra el interfaz del programa para el cálculo de la formula polinómica realizado para el presente proyecto de riego.

FORMULA POLINOMICA

PROYECTO : IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO
 POBLADO DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA
 DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024
 ETAPA 1.0 : SISTEMA DE RIEGO
 PROPIETARIO : BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA
 UBICACION : DPTO:CUSCO PROV:PAUCARTAMBO DIST:PAUCARTAMBO
 LOC:PARPACALLA
 FECHA PROYECTO : 07/04/2025

$$INr = \frac{0.150}{INo} + 0.241 \frac{}{} + 0.485 \frac{}{} + 0.057 \frac{}{} + 0.067 \frac{}$$

	Txr	Mxr	Cer	Her
--	-----	-----	-----	-----

	Txo	Mxo	Ceo	Heo
Descripción	Nomenclatura	Coefficiente	Porcentaje (%)	
39 Indice General de Precios al Consumidor (INEI)	IN	0.150	100.00	
39 Indice General de Precios al Consumidor (INEI)		0.150		100.00
72 Tubería de PVC para Agua	TX	0.241	100.00	
72 Tubería de PVC para Agua		0.241		100.00
47 Mano de Obra (Incluido Leyes Sociales)	MX	0.485	100.00	
47 Mano de Obra (Incluido Leyes Sociales)		0.485		100.00
21 Cemento Portland Tipo I	CE	0.057	100.00	
21 Cemento Portland Tipo I		0.018		31.58
<u>05 Agregado Grueso</u>		<u>0.017</u>		<u>29.82</u>
05 Agregado Grueso		0.003		17.64
38 Hormigón		0.007		41.18
04 Agregado Fino		0.007		41.18
<u>30 Dólar</u>		<u>0.022</u>		<u>38.60</u>
30 Dólar		0.016		72.73
34 Gasolina		0.003		13.63
48 Maquinaria y Equipo Nacional		0.003		13.64
48 Maquinaria y Equipo Nacional		0.003		100.00
37 Herramienta Manual	HE	0.067	100.00	
37 Herramienta Manual		0.024		35.77
43 Madera Nacional para Encofrado y Carpintería		0.013		19.37
65 Tubería de Acero Negro y/o Galvanizada		0.030		44.86
TOTAL		1.000		

9.7.Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas constituyen un conjunto de criterios y directrices que definen las características mínimas a cumplir en los trabajos, materiales y procedimientos dentro del proyecto. Se realizan con la finalidad de asegurar la calidad, funcionalidad y cumplimiento de los objetivos establecidos. Además, proporciona una base clara para la ejecución correcta de cada actividad. Las especificaciones técnicas sirven como referencia tanto para la planificación como para la supervisión y el control del proyecto.

9.7.1. Normas Técnicas.

Todos los materiales que se utilicen y los trabajos que se realicen deberán cumplir con las normativas vigentes establecidas, incluso si estas no se detallan explícitamente en estas especificaciones. Cuando se haga referencia a estándares de control de calidad de alguna entidad nacional o internacional, se entenderá que se alude a la versión más reciente de dicha norma. Entre las principales normas aplicables están:

- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).
- Normas Técnicas Peruanas (NTP).
- Otras normativas legales vigentes en el país según el tipo de obra.

Además, se podrán complementar con normas internacionales como las del ACI, ASTM, AASHO, ISO, AWS, entre otras afines.

9.7.2. Métodos y unidades utilizadas

Los métodos de medición están especificados en cada sección del documento. En los casos que no estén detallados, se tomará como referencia los planos y documentos técnicos del expediente.

Las unidades empleadas incluyen, entre otras:

- mm, m, km (longitud)
- m², m³ (área y volumen)
- cm, cm² (medidas menores)
- kg, tn (peso)
- N°, hr, sem (cantidad, tiempo)

9.7.3. Validez de las Especificaciones Técnicas

Cuando existan discrepancias entre los documentos del proyecto, se priorizará lo siguiente:

- Los planos prevalecen sobre las especificaciones, metrados y presupuestos.
- Las especificaciones tienen prioridad sobre metrados y presupuestos.
- Los metrados sobre los presupuestos.

Las especificaciones deben complementarse con los planos y metrados para la ejecución completa de la obra. Si alguna partida no está cuantificada o se omite en los metrados, pero aparece en los planos o especificaciones, el ingeniero residente deberá ejecutarla igualmente. Elementos menores no mencionados pero necesarios deben ser incluidos bajo buenas prácticas constructivas.

9.7.4. Consultas

Cualquier duda relacionada con la construcción debe ser comunicada por el ingeniero residente al inspector de obra. Toda modificación se registrará en el cuaderno de obra y requerirá la aprobación del supervisor.

9.7.5. Coordinación

Para evitar interferencias con otras obras o servicios (agua, electricidad, transporte, etc.), el ingeniero residente deberá informar al supervisor, quien gestionará las coordinaciones necesarias con las entidades correspondientes para permitir la ejecución fluida del proyecto.

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas de las metas planteadas para el proyecto: “Implementación del Sistema de Riego del Centro Poblado de Parpacalla del Distrito y Provincia de Paucartambo, Región Cusco-Año 2024”

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

01. SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA

01.01. SUMINISTRO DE MATERIALES DE HIGIENE Y SALUD

Descripción

Durante la ejecución de los trabajos en obra, se deberá garantizar condiciones adecuadas de higiene y salud para todo el personal técnico y obrero. Se incluye la instalación de puntos de lavado de manos con jabón líquido y dispensadores de alcohol en gel, la dotación de papel toalla, y la entrega periódica de mascarillas, especialmente en espacios cerrados o polvorientos. Asimismo, se considera la provisión de un botiquín de primeros auxilios, que debe contener insumos básicos como vendas, guantes estériles, termómetro, alcohol, y analgésicos de uso común, conforme a las exigencias de un entorno laboral seguro.

Estas medidas se respaldan en lo establecido por la Ley N.º 29783 – Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, que garantiza el derecho de los trabajadores a condiciones de higiene adecuadas y acceso a servicios de salud. También se sustenta en el Decreto Supremo N.º 005-2012-TR – Reglamento de la Ley de SST, específicamente en los artículos 33, 39 y 44, que indican la obligación del empleador de implementar servicios de salud ocupacional y medidas preventivas en el centro de trabajo. Además, se toma en cuenta la Norma Técnica G.050 – Seguridad durante la construcción del Reglamento Nacional de Edificaciones, que establece lineamientos para la protección de la salud en obras de construcción.

Método de ejecución

- Adquisición de materiales e insumos: Se realizará la compra de dispensadores de alcohol en gel, jabón líquido, papel toalla, mascarillas descartables, termómetros digitales y botiquines de primeros auxilios equipados con insumos básicos.
- Distribución de mascarillas e insumos: El personal de seguridad y salud distribuirá las mascarillas y verificará el correcto uso. Se programará la reposición semanal o según necesidad.
- Implementación del botiquín de primeros auxilios: Se colocará un botiquín con contenido normado en un área visible y de fácil acceso. Se designará un responsable para su control y reposición.
- Capacitación y sensibilización al personal: Se brindarán charlas de inducción sobre prácticas de higiene, prevención de enfermedades, y uso correcto del botiquín.
- Supervisión y mantenimiento: Se revisará diariamente la limpieza de las estaciones y el estado de los insumos. Los responsables registrarán sus observaciones en un formato de control.

Unidad de Medida

La unidad de medida para este apartado será **Global**, incluye la adquisición de insumos y seguimiento durante toda la obra.

Forma de Pago

El pago correspondiente a esta partida se realizará previa entrega total (o parcial, si aplica) de los bienes, verificación del cumplimiento de las especificaciones técnicas y conformidad por parte del residente e inspector de obra.

01.02. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Descripción

Esta partida contempla la entrega y uso obligatorio de equipos de protección personal (EPP) adecuado para las labores que se ejecutan dentro de la obra. La dotación de estos EPPs se realizará según la necesidad de las actividades ejecutadas en obra los cuales incluyen cascos de seguridad, zapatos de seguridad, guantes, lentes de protección, etc. La distribución se hará a inicio de la obra y su reposición será de manera periódica o cuando se detecte su deterioro.

La incorporación de esta partida responde a la disposición de la ley N° 29783- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, en donde se establece que el empleador debe proporcionar gratuitamente a los trabajadores los equipos necesarios para protegerlos de los riesgos laborales. Además, en el Reglamento Nacional de Edificaciones se menciona la obligatoriedad del uso de EPP en obras de construcción civil.

Método de ejecución

- Adquisición de EPP según tipo de trabajo: se realizar la compra necesaria de cascos, guantes, lentes de seguridad, tapones auditivos y demás según los riesgos identificados por actividad.
- Clasificación y almacenamiento de EPP: Los equipos serán organizados en almacén, deberán estar inventariados.
- Entrega formal de EPP al personal: cada trabajador recibirá su equipo al inicio de sus labores, firmando un formato de entrega. Además, el personal técnico deberá instruir sobre el uso correcto, mantenimiento y almacenamiento antes de su entrega.
- Supervisión en campo: el personal técnico encargado deberá realizar diariamente el uso obligatorio de los EPP y levantarán reportes en caso de incumplimiento.
- Reposición de EPP deteriorado o extraviado: todo equipo dañado será reemplazado inmediatamente previa verificación. Se mantendrá un stock de respaldo en obra.

Unidad de medida

La unidad de medida de esta partida será Global, el cual incluye la entrega completa de EPP por persona a lo largo del proyecto.

Forma de pago

El pago se realizará previa entrega total (o parcial, si es el caso) de los equipos de protección personal, de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas. La recepción estará sujeta a la verificación de la calidad y cantidad por parte del personal técnico (residente e inspector de obra).

01.03. EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

Descripción

Esta partida comprende el suministro, instalación mantenimiento y retiro de equipos de protección colectiva en la obra, tales como mallas de seguridad, señalizaciones de zonas peligrosas. Se busca garantizar la seguridad de los trabajadores, cumpliendo con el reglamento de seguridad y salud en el trabajo en construcción (D.S. N° 011-2019-TR) y normas complementarias.

Método de ejecución

Adquisición de los equipos conforme a las especificaciones técnicas; instalación en obra según el cronograma; inspección por arte del encargado de seguridad; y mantenimiento preventivo durante su uso.

Unidad de medida

La unidad de medida es Global.

Forma de pago

El pago se efectuará previa entrega total de los equipos de protección colectiva, de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas. La recepción deberá estar sujeta a la verificación de la calidad por parte del personal técnico.

01.04. ELABORACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA

Descripción

Esta partida complementara la elaboración integral del plan de seguridad y salud en el trabajo del proyecto, documento técnico legal que define las preventivas y correctivas para controlar los riesgos laborales. Incluye identificación de peligros, evaluación de riesgos, definición de controles, planes de emergencia, capacitación, señalización.

Método de ejecución

Revisión de condiciones de obra, recopilación de datos, redacción del plan según el reglamento de seguridad y salud en el trabajo en construcción; deberá ser revisado por el residente del proyecto y aprobado por el residente e inspector del proyecto, la entrega del plan deberá ser impreso y digital para su aprobación.

Unidad de medida

La unidad de medida de esta partida será Global, el cual incluye la entrega completa del plan de Seguridad y Salud en el Trabajo aprobada.

Forma de pago

El pago se realizará por única vez tras la entrega del plan final aprobado y conforme por el personal técnico (Residente e Inspector) del proyecto.

01.05. CONSTRUCCIÓN DE CAMPAMENTO MOVIL A PIE DE OBRA

Descripción

02. CAPTACIÓN TIPO TIROLESA SECTOR LLULLUCHAYOC

02.01.OBRAS PROVISIONALES

02.01.01. LIMPIEZA DEL TERRENO

Descripción

Esta partida incluye todas las actividades necesarias para la limpieza del terreno antes de iniciar las obras de construcción. Esto abarca la remoción de maleza, residuos, escombros, piedras, objetos inservibles, árboles o arbustos no protegidos, y cualquier otra obstrucción que impida el adecuado desarrollo de la obra. También puede incluir el desbroce, corte de vegetación, y el desmonte en caso de ser necesario, garantizando que el terreno quede apto para la ejecución de los trabajos proyectados.

Método de ejecución

La limpieza del terreno comenzará con una inspección detallada para identificar los obstáculos y residuos a remover. Luego, se procederá al desbroce y corte de la maleza y vegetación no protegida, seguido de la remoción de escombros, restos de construcciones previas, y objetos inservibles. Se llevará a cabo la remoción de piedras grandes y otros escombros de forma manual, según sea necesario. Si es requerido, se realizarán cortes y desmontes de árboles o arbustos, siempre respetando las especies protegidas.

Unidad de medida

La unidad de medida para la limpieza de terreno se especifica generalmente en metros cuadrados (m^2). Esta unidad permite medir de forma precisa el área en la que se han ejecutado los trabajos de limpieza.

Forma de pago

El pago se realizará por avance físico, basado en la cantidad de terreno efectivamente limpiado y verificado, según medición y conformidad del inspector de obra.

02.01.02. TRAZO Y REPLANTEO

Descripción

El Ejecutor será responsable de realizar el replanteo general de la Obra y de garantizar la conservación y ejecución de cualquier levantamiento topográfico que se requiera para la construcción. Antes de comenzar los trabajos en el terreno, el Ejecutor deberá revisar los datos topográficos indicados en los planos definitivos y realizar las correcciones necesarias.

Todas las obras se llevarán a cabo conforme a los trazos, gradientes y dimensiones establecidos en los planos, con posibles ajustes o modificaciones aprobadas por el Ingeniero Inspector. La responsabilidad total del mantenimiento, alineación y gradientes recae en el Ejecutor.

Si se presentan discrepancias entre las condiciones reales del terreno y los datos de los planos, el Ejecutor deberá ajustar el trazo a las condiciones actuales del terreno, siempre con la conformidad del Inspector.

El Ejecutor no realizará excavaciones, rellenos ni colocará materiales que puedan interferir con los trazos y gradientes establecidos, a menos que haya realizado previamente un levantamiento de las secciones transversales, con un espaciado de 20 metros o según lo indicado en los planos, y que haya sido aprobado por el Inspector.

Cualquier modificación propuesta por el Ejecutor, basada en las condiciones reales del terreno durante la ejecución de la obra, deberá contar con la aprobación previa del Inspector antes de su implementación.

Método de ejecución

Los ejes deben estar fijados en el terreno en forma permanente mediante estacas, balizas o tarjetas debiendo ser aprobadas por el Ingeniero Residente antes de empezar las obras. Los niveles serán referidos conforme lo indican los planos.

Unidad de medida

La unidad de medida para las actividades de trazo y replanteo se especifica generalmente en metros cuadrados (m^2). Esta unidad permite medir de forma precisa el área en la que se han ejecutado los trabajos de replanteo.

Forma de pago

02.01.03. EXCAVACIÓN PARA CIMENTOS

Descripción

Esta actividad se lleva a cabo una vez completado el trazo y replanteo, y tras el inicio de la excavación de la zanja para la cimentación de la estructura, asegurándose de no dañar el ojo del manante, en caso de que exista.

Método de ejecución

Se inicia la apertura de las zanjas de los aleros y el cuerpo de la caja de la bocatoma utilizando herramientas manuales (pala y pico), siguiendo las medidas especificadas en los cortes y elevaciones del plano correspondiente. Durante la excavación, el fondo de la zanja debe quedar nivelado sobre suelo firme, evitando realizar cortes adicionales para no generar la necesidad de rellenos en la base del cimiento.

Unidad de medida

La unidad de medida para la excavación de cimientos se define en metros cúbicos (m^3), ya que se cuantifica el volumen de tierra removido. Esta unidad permite calcular con precisión la cantidad de material excavado considerando el largo, ancho y profundidad del área de cimentación. Es fundamental para la valorización de los trabajos y la planificación del movimiento de tierras en obra.

Forma de pago

El pago se realizará por rendimiento, en función del volumen efectivamente excavado y medido en metros cúbicos (m^3), previa conformidad del residente o inspector de obra.

02.01.04. EXCAVACION PARA CIMENTOS TERRENO NORMAL

Descripción

Esta actividad se lleva a cabo una vez concluido el trazo y replanteo, procediendo con la excavación de la zanja para la cimentación de la estructura en el cauce de la quebrada. Durante esta labor, se deberá tener especial cuidado de no intervenir ni alterar el ojo del manante, en caso de encontrarse uno en el área de trabajo, a fin de preservar el equilibrio hídrico y evitar impactos negativos sobre el entorno natural.

Método de ejecución

La apertura de las zanjas correspondientes a los aleros y al cuerpo de la caja de la bocatoma se realiza empleando herramientas manuales como la pala y el pico, respetando las dimensiones señaladas en los cortes y elevaciones del plano técnico. Durante esta excavación, se debe asegurar que el fondo de la zanja quede correctamente nivelado sobre terreno firme, evitando realizar cortes excesivos que puedan generar la necesidad de rellenos no contemplados en el diseño del cimiento.

Unidad de medida

La excavación para cimientos se mide en metros cúbicos (m^3), que representa el volumen de tierra que se retira.

Forma de pago

El pago por esta actividad se realizará en función del rendimiento, es decir, por cada metro cúbico (m^3) de excavación efectivamente ejecutado y verificado en obra. El volumen excavado será medido y aprobado por el residente o inspector de obra antes de su valorización.

02.01.05. REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL

Descripción

Antes de instalar las distintas estructuras y tuberías, las zanjas excavadas deben encontrarse correctamente refinadas y niveladas. El proceso de refine implica dar forma precisa a las paredes y al fondo de la zanja, cuidando que no queden salientes rocosas que puedan entrar en contacto con el tubo. La nivelación del fondo debe permitir que la base de la estructura o tubería se apoye de manera uniforme sobre la cama de asiento, la cual deberá contar con la aprobación del supervisor de obra.

Método de ejecución

El fondo de la zanja es el área donde se apoyarán las distintas estructuras y tuberías, por lo que debe estar uniforme, nivelado y libre de elementos como piedras, raíces, o materiales duros que puedan dañar las instalaciones. Debe respetar la pendiente establecida en el diseño del proyecto y no presentar irregularidades como protuberancias o huecos, los cuales deben corregirse con material adecuado y compactado hasta alcanzar el nivel del terreno natural. Asimismo, es necesario retirar cualquier roca o piedra ubicada en los bordes de la zanja para evitar que caigan dentro y provoquen daños o desplazamientos.

Unidad de medida

La unidad de medida para esta actividad es el metro cuadrado (m^2). Esta medida se utiliza para cuantificar el área del fondo de la zanja que debe ser refinada y nivelada. Se calcula considerando la longitud y el ancho de la zanja donde se instalarán las estructuras y tuberías, asegurando que cumpla con las condiciones de preparación y limpieza necesarias.

Forma de pago

El pago se realizará en función del rendimiento, es decir, por cada metro cuadrado (m^2) de zanja excavada y adecuadamente nivelada. Este pago se basará en el área real ejecutada, la cual

será medida y verificada en obra por el inspector o residente de la obra antes de su aprobación y valorización.

02.01.06. ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30 M. (A MANO

USANDO CARRETILLA)

Descripción

Esta partida contempla la remoción del material excedente proveniente de la excavación que no será utilizado para el relleno, incluyendo las piedras que puedan salir a la superficie. Todo el material será transportado a los botaderos situados a una distancia de 30 metros de la obra, en las áreas que el inspector indique. La disposición del material se realizará respetando las normativas ecológicas vigentes, garantizando que no se obstruya el cauce del río ni cause inconvenientes a terceros. Además, se podrá utilizar este material para el encauzamiento del río, siempre con la previa autorización de la Inspector.

Método de ejecución

El retiro del material excedente se realizará una vez concluida la excavación. Se procederá con la identificación y separación de los materiales que no serán utilizados para el relleno. El material sobrante será transportado manualmente en carretillas a una distancia de 30 metros hasta los botaderos designados, según las indicaciones del Inspector.

Durante el transporte, se deberá garantizar que el material no obstruya caminos ni cause problemas a las áreas circundantes. Todo el proceso se llevará a cabo respetando las normativas ecológicas y de seguridad vigentes. Además, cualquier utilización del material para el encauzamiento del río deberá contar con la autorización previa del Inspector. En todo momento, se velará por la correcta disposición final del material, asegurando el cumplimiento con las normas ambientales aplicables.

Unidad de medida

La unidad de medida para esta actividad es el metro cúbico (m^3). Esta medida se utilizará para cuantificar el volumen de material excedente retirado de la excavación y transportado a los botaderos. El volumen total de material será calculado y registrado según la cantidad de material retirado, teniendo en cuenta su disposición final en los botaderos.

Forma de pago

El pago por el retiro del material excedente de la excavación se realizará según el volumen de material en metros cúbicos (m^3) que se haya retirado y transportado a los botaderos. El volumen será medido y verificado por el Inspector, y el pago se basará en esa cantidad.

02.02.OBRA ESTRUCTURAL

02.02.01. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS

Descripción

Este ítem incluye las construcciones necesarias para dar forma al concreto. El encofrado, que debe ser aprobado por el Supervisor, debe asegurar que el concreto terminado cumpla con todos los requisitos y tenga un acabado de calidad industrial, libre de poros, fisuras e irregularidades.

El encofrado se realizará con madera de buena calidad, ya sea terciada con capa de madera dura o tablas de madera dura cepilladas, con un espesor uniforme. Las tablas no deben exceder los 15 cm de ancho y la diferencia de tamaño entre ellas no puede ser mayor a 3 cm. Antes de colocar el concreto, las superficies de las planchas en contacto con la mezcla deben limpiarse y tratarse con aceite o cera. Las conexiones entre las tablas o planchas deben ser herméticas para evitar la fuga de lechada de cemento. Si hay separaciones por el tiempo de espera entre el encofrado y el

vaciado, el Contratista deberá humedecer el encofrado para que desaparezcan antes de vaciar el concreto.

Materiales:

- Alambre negro recocido #16
- Alambre negro recocido #08
- Clavos para madera C/C 3"
- Madera nacional para encofrado y carpintería

Método de ejecución

Generalidades

Las superficies de los encofrados que entren en contacto con el concreto deberán mantenerse en buen estado y ser reemplazadas cuando sea necesario. Según las especificaciones de este capítulo y lo indicado en los planos, o según lo ordene el Supervisor, el Ejecutor será responsable de suministrar, construir, montar y desmantelar los encofrados, andamios y estructuras temporales necesarias para la correcta ejecución de las obras.

Tirantes para encofrados

Los tirantes metálicos utilizados para fijar los encofrados deben quedar empotrados al menos 50 mm por debajo de la superficie del concreto después de su vaciado. Los agujeros que dejen estos tirantes deberán rellenarse con concreto o mortero de cemento. Los ajustadores, conectados a las varillas, deben ser de tipo que permita su remoción sin dejar agujeros irregulares. Los agujeros en las superficies expuestas al aire o al agua deberán ser llenados con mortero. En muros de concretos sujetos a la presión del agua, se desaconseja el uso de tirantes de alambre para fijar los encofrados.

Tipos de encofrados

Para conseguir el acabado requerido en el concreto, el Ejecutor deberá emplear el tipo de encofrado especificado en los planos. Además, deberá prever aberturas temporales en los encofrados para facilitar la limpieza e inspección antes del vaciado del concreto, así como para el vibrado del mismo.

Limpieza y lubricado de los encofrados

Antes de colocar el concreto, las superficies de los encofrados deben estar libres de materiales indeseables, como mortero, lechada o aceite, que puedan contaminar el concreto o interferir con el acabado. Las superficies deberán ser lubricadas con un material adecuado para evitar que el concreto se adhiera a los encofrados, sin manchar la superficie final del concreto.

Desencofrado

El desencofrado debe realizarse con cuidado, considerando los tiempos mínimos entre el vaciado y el desencofrado. Si es necesario, se realizarán reparaciones inmediatamente después del desencofrado, para continuar luego con el proceso de curado. La remoción de los encofrados debe hacerse sin dañar el concreto, y cualquier daño deberá ser reparado. El "tiempo entre vaciado y desencofrado" es el intervalo que transcurre entre el vaciado del concreto y el inicio del desencofrado. A menos que se indique lo contrario, este tiempo debe cumplir con los plazos establecidos para el tipo de concreto usado en la obra.

Ubicación	Tiempo mínimo
Costados de las vigas y losas	36 - 48 horas
Fondos de vigas	21 días
Cimentaciones y elevaciones de cabezales de alcantarillas	48 horas
Losas de alcantarillas y pontones	14 días
Sardineles	3 días

Estríbos, pilares y muros

3 días

Unidad de medida

La unidad de medida para los encofrados es generalmente el metro cuadrado (m^2), ya que se refiere a la superficie de los encofrados utilizados en la obra. Esta medida se aplica tanto para la construcción como para la limpieza y el mantenimiento de las superficies de encofrado.

Forma de pago

El área calculada conforme al método de medición será remunerada según el precio unitario por metro cuadrado (m^2), el cual cubrirá todos los costos relacionados con materiales, herramientas, equipos y la mano de obra necesarios para la correcta ejecución de esta partida.

02.02.02. ACERO ESTRUCTURAL PARA OBRAS DE ARTE

Descripción

Incluye la provisión de mano de obra, materiales, herramientas y la realización de todas las actividades necesarias para la conformación de las armaduras de acero destinadas a los distintos componentes de concreto armado del Sistema de Riego contemplado en el proyecto. Para su ejecución, las barras de acero utilizadas como refuerzo deben tener una resistencia mínima a la fluencia de $4,200 \text{ kg/cm}^2$.

Materiales

- Se utilizará los siguientes materiales:
 - Alambre Negro N° 16.
 - Fierro Corrugado Promedio.

Método de ejecución

Antes de colocar el acero de refuerzo, las barras deberán estar limpias, sin óxido, grasa, polvo u otros residuos que impidan una correcta adherencia con el concreto, manteniéndose en ese estado hasta quedar completamente cubiertas.

Las barras se cortarán, doblarán y dispondrán según las formas y medidas señaladas en los planos del proyecto. Todos los dobleces se realizarán en frío y no se permitirá hacerlo una vez que la barra esté parcialmente embebida en concreto.

El armado debe instalarse conforme a lo indicado en los planos y asegurarse firmemente mediante separadores, soportes, alambres u otros medios apropiados, de forma que no se mueva ni se deformé durante el vaciado. Se utilizará alambre negro recocido de alta resistencia para los amarres.

El recubrimiento mínimo será de 2.5 cm, y en estructuras en contacto directo con el agua o en cimentaciones se incrementará a 5 cm.

Antes del vaciado del concreto, el ingeniero residente deberá verificar y aprobar la correcta colocación del refuerzo: longitud, traslapes, posición y cantidad.

Unidad de medida

La medición se realizará en **kilogramos (kg)** de acero colocado, según lo establecido en los planos y especificaciones técnicas aprobadas para la obra.

Forma de pago

El pago se efectuará por **kilogramo (kg)** de acero instalado y aprobado por la supervisión. El precio unitario incluirá el suministro del material, corte, doblado, limpieza, transporte, colocación, amarre, soporte, verificación y cualquier otro insumo o labor necesarios para la correcta ejecución de la partida, conforme a los planos y especificaciones del proyecto.

02.02.03. CONCRETO CICLOPEO F'C=140kg/cm² +70% PM

Descripción

Esta partida comprende la elaboración y colocación del concreto ciclópeo con una resistencia característica de $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$, incorporando un 70% de piedra mediana, para la construcción de la bocatoma del sistema de riego. Se utilizará en elementos que no estén sometidos a esfuerzos estructurales mayores pero que requieran buena estabilidad y resistencia a la erosión. La mezcla incluirá cemento, agregados, agua y piedra mediana, dosificados y trabajados según lo establecido en el expediente técnico.

Método de ejecución

- Preparación de la zona: Se limpiará y nivelará el área donde se colocará el concreto, retirando todo tipo de materiales sueltos o inadecuados.
- Colocación de la mezcla: El concreto será vaciado directamente en el área preparada, alternando capas de mezcla con la inserción manual o mecánica de piedras medianas previamente humedecidas.
- Compactación: Se realizará la compactación adecuada mediante varillas o vibradores para evitar vacíos y asegurar el contacto entre el concreto y las piedras.
- Curado: Una vez colocado, el concreto será curado durante un periodo no menor a 7 días para garantizar su adecuada hidratación y desarrollo de resistencia.
- Supervisión: Todo el proceso será supervisado para garantizar que se respeten las proporciones y condiciones de ejecución establecidas en el diseño.

Unidad de medida

La medición se efectuará por el volumen total **en metros cúbicos (m³)** del concreto ciclópeo colocado en obra y debidamente conformado según los planos del proyecto. Esta unidad

incluirá tanto la mezcla de concreto como el porcentaje de piedra mediana incorporado. Solo se considerará el volumen realmente ejecutado y aprobado por el Inspector.

Forma de pago

El pago se realizará por metro cúbico (m^3) de concreto ciclópeo colocado y aprobado por el inspector de obra.

02.02.04. ENROCADO PARA LOSA DE FONDO (Piedra 4")

Descripción

Esta partida comprende la provisión y colocación de enrocado con piedra de 4" como base para la losa de fondo de la bocatoma, de acuerdo con las especificaciones del expediente técnico. Su finalidad es proporcionar una superficie estable y drenante que distribuya cargas y minimice posibles asentamientos diferenciales. El material deberá estar limpio, sin materia orgánica, y cumplir con las dimensiones y características establecidas por el proyectista.

Método de ejecución

Se iniciará con la limpieza y nivelación del terreno natural donde se colocará el enrocado. Luego, se procederá a la distribución manual o mecánica de las piedras de 4", las cuales serán dispuestas de forma uniforme sobre la superficie, procurando que queden trabadas entre sí para garantizar estabilidad. Posteriormente, se compactará manualmente o con pisones para eliminar vacíos importantes. La supervisión verificará el espesor del enrocado antes de autorizar el vaciado de concreto sobre el enrocado.

Unidad de medida

La medición se realizará por el volumen de **Metro cúbico (m^3)** de enrocado efectivamente colocado y aprobado por la supervisión, de acuerdo con las dimensiones y espesores definidos en

los planos. No se considerarán volúmenes fuera de los límites especificados o aquellos resultantes de exceso de excavación no autorizada.

Forma de pago

El pago se efectuará al precio unitario por metro cúbico (m^3) colocado. Este precio incluye la adquisición de la piedra, su transporte, mano de obra, herramientas, colocación, compactación y cualquier otra actividad necesaria para completar satisfactoriamente esta partida según las condiciones del proyecto.

02.02.05. CONCRETO SIMPLE F'C=210 kg/cm²

Descripción

El concreto a emplearse en la ejecución de la estructura deberá alcanzar una resistencia característica a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, tal como se establece en el expediente técnico. Esta resistencia será verificada mediante ensayos realizados a los 28 días de curado, tiempo estándar para evaluar el comportamiento mecánico del concreto y garantizar que cumpla con los requerimientos de diseño estructural.

Materiales:

Para la elaboración del concreto se utilizarán materiales de calidad conforme a las normas técnicas vigentes, asegurando una mezcla homogénea y resistente. Los insumos serán los siguientes:

- Grava tipo canto rodado, limpia y de tamaño uniforme.
- Arena gruesa, libre de materia orgánica o contaminantes.
- Cemento Portland Tipo I en bolsas de 42.5 kg, almacenado en condiciones adecuadas.
- Agua potable, sin impurezas, apta para uso en construcción.

Todos los materiales deberán ser aprobados previamente por la supervisión antes de su uso en obra.

Método de ejecución

El vaciado del concreto deberá realizarse únicamente con la aprobación previa del ingeniero responsable de la obra. Antes de proceder, las superficies donde se colocará el concreto deberán estar correctamente limpias y humedecidas. La colocación se efectuará de manera continua y monolítica, garantizando la uniformidad del elemento estructural. No se permitirá el uso de concreto que ya haya comenzado a fraguar.

Ensayos y pruebas del concreto:

Para verificar la calidad de la mezcla y asegurar que cumple con los requisitos estructurales, se realizarán ensayos de control según las especificaciones de dosificación del concreto. A solicitud del ingeniero residente o en función de la importancia estructural, se tomarán muestras in situ en forma de probetas estándar, con un mínimo de tres testigos por cada estructura o elemento relevante.

Curado:

El proceso de curado se llevará a cabo durante un período no menor a siete días, asegurando el mantenimiento constante de la humedad en la superficie del concreto. Este procedimiento es esencial para permitir el adecuado desarrollo de la resistencia del material y evitar fisuras prematuras.

Unidad de medición

La medición se efectuará por el volumen total **en metros cúbicos (m³)** del concreto colocado en obra y debidamente conformado según los planos del proyecto. Esta unidad incluirá

tanto la mezcla de concreto como el porcentaje de piedra mediana incorporado. Solo se considerará el volumen realmente ejecutado y aprobado por el Inspector.

Forma de pago

El pago se realizará por metro cúbico (m^3) de concreto colocado y aprobado por el inspector de obra.

02.02.06. MORTERO 1:8

Descripción

La partida de "mortero 1:8" se refiere a la mezcla de materiales utilizada en obras de construcción, conformada por una parte de cemento y ocho partes de arena, en peso o volumen.

Método de ejecución

El mortero para la mampostería o zampeado estará compuesto de una (1) parte de cemento y tres (3) partes de agregado fino, por volumen y la suficiente cantidad de agua para preparar el mortero de tal consistencia que pueda ser manejado fácilmente y extendido con un badilejo. Se mezclará el mortero solamente en tales cantidades que se requieran para el uso inmediato. A no ser que se use una máquina mezcladora aprobada, se mezclará el agregado fino y el cemento en seco, en una caja impermeable hasta que la mezcla obtenga un color uniforme. Después se añadirá agua, continuando la mezcla hasta que el mortero adquiera la consistencia adecuada.

El mortero que no sea usado dentro de los 45 minutos después de haberse añadido agua, será descartado. No se permitirá retemplar el mortero

La resistencia de la mampostería no solo depende de las propiedades de las piezas sino también del mortero que las une. El índice más representativo de la resistencia que tendrá una mampostería es el proporcionamiento del mortero.

Estos morteros se emplearán para la construcción de mamposterías de bloques y tabiques tradicionales (barro, cemento o sílico-calcáreo), en caso de piezas de materiales distintos, deberán emplearse los tipos de morteros recomendados por el fabricante.

El mortero se elaborará con la cantidad mínima de agua necesaria para obtener una pasta manejable. Para el mezclado y remezclado se respetarán los siguientes requisitos:

- Mezclado: la consistencia del mortero se ajustará tratando de que alcance la mínima fluidez compatible con la fácil colocación. Los materiales se mezclarán en un recipiente no absorbente cuidando que el tiempo de mezclado, una vez que el agua se agrega, no sea menor de 3 minutos.

- Remezclado: si el mortero empieza a endurecerse, podrá remezclarse agregándole agua hasta que adquiera nuevamente la consistencia deseada. Los morteros a base de cemento normal deberán usarse dentro del lapso de 2.5 hrs a partir del mezclado inicial.

Unidad de medida

La medición se efectuará por el volumen total **en metros cúbicos (m³)** del concreto colocado en obra y debidamente conformado según los planos del proyecto. Esta unidad incluirá tanto la mezcla de concreto como el porcentaje de piedra mediana incorporado. Solo se considerará el volumen realmente ejecutado y aprobado por el Inspector.

Forma de pago

Se mide en M3, de acuerdo a las dimensiones de largo, ancho por altura de cada tramo a revestir.

02.02.07. CURADO DE CONCRETO

Descripción

Todo el concreto deberá ser curado durante al menos 7 días consecutivos, utilizando un método aprobado o una combinación de métodos adecuados a las condiciones locales. El contratista deberá contar con todo el equipo necesario para el curado o la protección del concreto, disponible y en condiciones de uso antes de iniciar el vaciado.

Método de ejecución

El método de curado a emplear deberá contar con la aprobación del Supervisor y será implementado de forma inmediata tras el vaciado, con el propósito de prevenir la aparición de grietas, fisuras y la pérdida de humedad en el concreto.

Unidad de medida

La unidad de medida para el curado de concreto es el **metro cuadrado (m²)**

Forma de pago

Esta partida se pagará por metro cuadrado m²

02.03.OBRAS DE ACABADO

02.03.01.TARRAJEO EN MUROS CON IMPERMEABILIZANTE

Descripción

Se refiere a los trabajos de tarrajeo con mezcla de cemento arena en una proporción de 1:2 que son necesarios realizar a fin de dar el acabado a las caras de las estructuras expuestas que estén en contacto con el agua y la intemperie.

Método de ejecución

La mezcla de cemento, arena y agua para el mortero se realizará de forma manual, teniendo especial cuidado en no utilizar un exceso de agua para mantener la trabajabilidad adecuada. La dosificación será previamente validada por el Supervisor, asegurando que, al momento de aplicar la pasta o mortero, el espesor no supere 1", conforme a lo indicado en los planos.

Unidad de medida

Se mide en M², de acuerdo a las dimensiones de largo por altura de cada estructura a revestir.

Forma de pago

El pago por los trabajos realizados se efectuará en base a los metros cuadrados de superficie tarajeada, incluyendo el suministro, preparación, mezclado e instalación en su ubicación definitiva, conforme a lo señalado en los planos. Este pago se hará según el precio unitario propuesto y el metrado indicado en el expediente técnico.

02.03.02.PINTADO DE OBRAS DE ARTE

Descripción

Esta partida corresponde al trabajo de pintado de las paredes tanto interiores como exteriores de la estructura. Antes de aplicar la pintura, las superficies deberán estar limpias y secas. Se aplicará una capa de imprimante blanco como base antes de la pintura látex.

Método de ejecución

Se limpiará completamente la superficie a pintar, eliminando polvo, grasa, humedad, aceites, residuos sueltos y cualquier contaminante que impida una buena adherencia de la pintura. La pintura será aplicada con brocha, rodillo o equipo de pulverización, según el tipo de obra de arte y el acabado deseado.

Unidad de medida

La unidad de medida será por **metro cuadrado (m²)**

Forma de pago

Se pagará por M2, dicho Precio incluirá el suministro de materiales, preparación, pintado, equipos, herramienta, mano de obra y demás imprevistos, para la ejecución completa de los trabajos a total satisfacción del Supervisor.

02.03.03.SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA CAPTACIÓN

Descripción

Esta partida se refiere al suministro y colocación de accesorios en la captación tales como compuertas metálicas tipo izaje, rejillas metálicas para ventana de la captación, rejillas para sumidero de la galería colectora, entre otros.

Método de ejecución

La colocación de las compuertas metálicas, rejillas en fierro galvanizado en ventana y sumidero para la adecuada funcionalidad de la captación.

Unidad de medida

La unidad de medida para esta partida será de forma Global (glb)

Forma de pago

Esta partida se pagará por unidad global GLB. Previa aprobación y correcto funcionamiento de los suministros implementados, lo cual deberá ser aprobado pro el ingeniero Residente y el ingeniero Inspector.

03. DESARENADOR Y CAMARA DE CARGA

03.01. OBRAS PROVISIONALES

03.01.01. LIMPIEZA DEL TERRENO

Similar a 02.01.01. Limpieza de Terreno

03.01.02. TRAZO Y REPLANTEO

Similar a 02.01.02. Trazo y Replanteo

03.01.03. EXCAVACION PARA CIMENTOS TERRENO NORMAL

Similar a 02.01.03. Excavación para Cimientos Terreno Normal

03.01.04. REFINA Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL

Similar a 02.01.04. Refine y Nivelación en Terreno Normal

03.01.05. ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30 M. (A MANO

USANDO CARRETILLA)

Similar a 02.01.05. Eliminación de Material Excedente Hasta 30m (A mano usando
carretilla)

03.02. OBRA ESTRUCTURAL

03.02.01. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS

Similar a 02.02.01. Encofrado y Desencofrado de Muros

03.02.02. ACERO ESTRUCTURAL PARA OBRAS DE ARTE

Similar a 02.02.07 Acero estructural para Obras de Arte

03.02.03. CONCRETO SIMPLE F'C=210 kg/cm²

Similar a 02.02.05. Concreto simple f'c=210kg/cm²

03.02.04. CURADO DE CONCRETO

Similar a 02.02.07

03.03. OBRAS DE ACABADO

03.03.01. TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE

Descripción

Mortero de concreto mezclado con una porción de aditivo impermeabilizante dosificado que no permita la filtración de agua a través de las paredes del concreto hacia el exterior.

Método de ejecución

Los tarajeos serán ejecutados previa limpieza y humedecimiento de las superficies donde debe ser aplicado.

Como impermeabilizante se usa generalmente el SIKA-1 que es un aditivo líquido que actúa como un impermeabilizante integral taponando poros y capilares en mortero.

La dosificación es la siguiente:

Mezclar SIKA-1 con el agua del mortero, que será una parte de SIKA-1 por 10 partes de agua si la arena está seca. Una parte de SIKA-1 por 8 de agua, si la arena esta mojada se aplican 3 capas de mortero impermeable con un espesor total de aproximadamente 3 cm. Previa saturación de la superficie se aplica la primera capa consistente en una lechada de cemento puro mojada con la dilución de SIKA-1 hasta obtener una consistencia cremosa.

Antes de que la primera capa haya secado se aplica como segunda capa de mortero preparado con una parte de cemento por una parte de arena en volumen, mojado con la dilución de SIKA-1. Esta segunda capa se lanza sobre la anterior hasta obtener un espesor de aprox. 8 mm, dejando un acabado rugoso.

Luego cuando la capa anterior haya fraguado y todavía este húmeda se aplica una tercera capa de mortero 1:3 cemento – arena en volumen mojado con dilución SIKA-1 en un espesor 1-2 cm. El acabado se efectúa con regla de madera hasta obtener una superficie lo más lisa posible.

Unidad de medida

Se mide en M², De acuerdo a las dimensiones de largo por altura de cada tramo a revestir.

Forma de pago

Se pagará por M².

03.03.02. PINTADO DE OBRAS DE ARTE (2 manos)

Similar a 02.03.02. Pintado de Obras de Arte

03.03.03. SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA DESARENADOR Y CAMARA DE CARGA

Descripción.

Esta partida se refiere al suministro y colocación de accesorios en el desarenador y cámara de carga tales como codo PVC SAP, canastilla PVC SAP, compuerta metálica con timón roscado, tapas metálicas, entre otros.

Método de Ejecución

La colocación de la compuerta, rejillas y sus accesorios en fierro galvanizado y PVC para la adecuada funcionalidad del desarenador y cámara de carga.

Unidad de medida

La unidad de medida será Global (glb)

Forma de pago

Esta partida se pagará por unidad global (GLB)

04. LINEA DE CONDUCCIÓN

04.01. TRAZO Y EXCAVACIÓN DE ZANJAS

04.01.01. TRAZO Y REPLANTEO DE ZANJAS

Descripción

Esta partida comprende el replanteo de los planos en el terreno de la línea de conducción, para lo cual se realizará el trazo o alineamiento de las zanjas, se medirán las distancias y se dejara B.M. en lugares específicos y referenciales.

Método de Ejecución

Para el trazo y la nivelación, así como para el replanteo se utilizó estación total, nivel de ingeniero, prismas, mira, jalones y wincha, marcándose con yeso los tramos por donde irá la

tubería y el lugar donde estarán ubicados los cambios de dirección, durante el replanteo se deben poner hitos, señales, puntos de nivel que sirvan de referencia una vez que se ejecuten las excavaciones y tendido de tuberías.

Estos deben ajustarse estrictamente a los planos y perfiles del proyecto.

Cualquier modificación de los perfiles de carácter local deberá recibir previamente la aprobación del Ing. Supervisor.

Unidad de medición

Se mide con wincha de acuerdo a longitudes por tramos y la unidad de medida es por metro cuadrado (m²)

Forma de pago

Se pagará por metro cuadrado, con cargo a la partida “Trazo y replanteo de zanjas m²”

04.01.02. EXCAVACIÓN DE CAJA DE CANAL A MANO

Descripción

La excavación donde existan instalaciones, será a mano. La excavación no debe efectuarse con demasiada anticipación a la construcción o instalación de las estructuras, para evitar derrumbes, accidentes y problemas de tránsito.

La excavación en corte abierto será hecha a mano, a trazos, anchos y profundidades necesarias para la construcción, de acuerdo a los planos replanteados en obra y/o presentes especificaciones.

Método de Medición

El método de medición es por metro cubico M3.

Forma de pago

Se consignará en un cuadro la partida, considerando la unidad de medición y los metrados realmente ejecutados por el residente, determinados por el método de medición descrito.

Dicho precio constituirá compensación por el trabajo ejecutado de excavación y apilado del material que debe transportarse dentro de la distancia necesaria, en la conformación de rellenos o donde lo indique el Supervisor, así mismo, por el empleo de mano de obra, leyes sociales, equipos, herramientas e imprevistos.

04.01.03. EXCAVACIÓN DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA A MANO CON COMPRESORA

Descripción

Consiste en la excavación manual de la caja de canal en terreno clasificado como roca suelta o fragmentada, mediante el uso de herramientas manuales (combo, barreta, pala) y apoyo de una compresora neumática con martillo rompe pavimento, con el fin de dar forma al lecho del canal según los planos del proyecto.

Incluye el perfilado, nivelación, y limpieza de la superficie excavada, el acopio del material en los puntos indicados por la supervisión, y la implementación de medidas de seguridad durante la ejecución de los trabajos.

Método de ejecución

Replanteo: Se marcarán las líneas de eje y bordes de la caja del canal conforme a los planos del proyecto.

Preparación del equipo: Se trasladará al frente de trabajo la compresora neumática y herramientas manuales.

Excavación: Se inicia la remoción del material suelto con herramientas manuales.

En caso de bloques duros o compactos, se utilizará el martillo neumático con compresora para fracturar la roca.

El material suelto será retirado y acumulado en los bordes o en el área designada.

Perfilado: Se dará forma a la caja del canal con la pendiente y geometría especificadas.

Limpieza: Se retiran los restos de material suelto y se deja la superficie lista para la siguiente etapa constructiva (relleno, compactación o revestimiento).

Unidad de medida

Metro cúbico (m^3)

Forma de pago

El pago se realizará por metro cúbico (m^3) efectivamente excavado, medido en su posición original según lo indicado en planos y aprobado por la supervisión de obra.

04.02. PREPARACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TERRENO

04.02.01. REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO NORMAL

Similar 03.01.04 Refine y Nivelación en terreno Normal

04.02.02. COMPACTACION DEL SUELO NATURAL A MANO ($e=0.15m$)

Descripción

Antes de instalar la tubería de agua, las zanjas excavadas deben estar adecuadamente compactadas y niveladas. El compactado implica dar forma tanto al fondo de la zanja, cuidando que no queden salientes rocosas que puedan tocar el tubo. La compactación se realiza en el fondo, de manera que los tubos se apoyen de forma continua a lo largo de su generatriz inferior sobre una cama de apoyo validada por el inspector.

Método de Ejecución

Se emplearán herramientas manuales. El ancho de la zanja debe permitir un espacio libre mínimo de 0.15 m y máximo de 0.30 m entre la pared de la zanja y la cara exterior de los collares. El fondo debe permanecer seco, firme y ser adecuado como base para el tubo, presentando una superficie nivelada que permita un apoyo uniforme a lo largo de la generatriz exterior del tubo.

Unidad de medición

La medición se realiza en metros cuadrados (m^2), de acuerdo con la longitud del tramo intervenido y considerando una altura promedio para la partida.

Forma de pago

El pago se efectuará en función de los metros cuadrados (m^2) ejecutados.

04.02.03. PREPARACIÓN DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)

Descripción

La preparación de la cama de apoyo consiste en disponer una capa uniforme de material selecto en el fondo de la zanja, sobre la cual se asentará la tubería. Este material debe cumplir con las especificaciones técnicas establecidas por el proyectista y estar libre de materia orgánica, piedras sueltas o elementos que puedan dañar la tubería o afectar su estabilidad.

Método de Ejecución

El material selecto será transportado hasta el sitio de obra y colocado manualmente o con ayuda de medios mecánicos, según las condiciones del terreno. Se extenderá de manera uniforme en el fondo de la zanja y se compactará ligeramente hasta alcanzar el espesor especificado, usualmente entre 10 y 15 cm. El supervisor verificará la nivelación y compactación adecuada antes de la colocación de la tubería, asegurando una base estable y continua sobre la cual apoyar el tubo a lo largo de su generatriz inferior.

Unidad de Medida

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), considerando el volumen de material colocado de acuerdo con el diseño y especificaciones del expediente técnico.

Forma de Pago

El pago se realizará por metro cúbico (m^3) de material selecto debidamente colocado, nivelado y aprobado por el supervisor.

04.02.04. COLOCACIÓN DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO (MATERIAL SELECTO)

Descripción

Comprende la colocación y compactación del material selecto previamente suministrado, como capa de apoyo o relleno estructural en la caja de canal u otras estructuras. El material ya está disponible en obra y cumple con las especificaciones técnicas del proyecto. Esta actividad considera exclusivamente las labores de extendido, nivelado y compactación del material en el sitio de colocación.

Método de ejecución

Preparación de la superficie: Se limpia y acondiciona la base de la excavación para recibir el material de apoyo.

Colocación: Se traslada el material selecto desde el acopio hasta la zona de colocación, ya sea manualmente o con carretillas.

Extendido y nivelación: Se extiende el material en capas uniformes (generalmente de entre 10-15cm) y se nivela conforme a las cotas y pendientes del diseño.

Compactación: Se compacta cada capa con equipo manual o mecánico (placa vibratoria o pisón mecánico) hasta alcanzar el grado de compactación especificado.

Verificación: La supervisión técnica verifica el espesor, nivel y compactación conforme a los planos del proyecto.

Unidad de medida

Metro cúbico (m³)

Forma de pago

El pago se realizará por metro cúbico (m³) de material selecto efectivamente colocado y compactado en la zona indicada, medido en su ubicación final, según conformidad de la supervisión de obra.

04.03. INSTALACIÓN DE RED DE CONDUCCIÓN

04.03.01. INSTALACIÓN DE TUBERIA NTP 399.002 SP C-7.5 D=6"

Descripción.

Consiste en la colocación de la tubería de 6" C-7.5 en la zanja y sobre la cama de apoyo hecha con el material zarandeado, además de su instalación y pegado para evitar posibles fugas o filtraciones en su funcionamiento.

Método de ejecución

TRANSPORTE DE LOS TUBOS A LA ZANJA

Se tendrán los mismos cuidados con los tubos que fueron transportados y almacenados en obra, debiéndoseles disponer a lo largo de la zanja y permanecer expuestos el menor tiempo posible, a fin de evitar accidentes y deformaciones en la tubería.

ASENTAMIENTO

Los tubos son bajados a zanja manualmente, teniendo en cuenta que la generatriz inferior del tubo deba coincidir con el eje de la zanja a fin de dar un apoyo continuo al tubo. Luego se procede a colocar cuidadosamente los tubos, para lo cual se lija el interior de la campana de uno

de ellos y el exterior del otro, aplicándoles luego el pegamento respectivo, e introduciendo el tubo en la campana respectiva

Unidad de medida

La unidad de medida será en metros (m).

Forma de pago

Se realizará al acabado satisfactorio de la partida por ML.

04.03.02. INSTALACIÓN DE TUBERIA NTP 399.002 SP C-10 D=6"

Descripción.

Consiste en la colocación de la tubería de 6" C-7.5 en la zanja y sobre la cama de apoyo hecha con el material zarandeadó, además de su instalación y pegado para evitar posibles fugas o filtraciones en su funcionamiento.

Método de ejecución

TRANSPORTE DE LOS TUBOS A LA ZANJA

Se tendrán los mismos cuidados con los tubos que fueron transportados y almacenados en obra, debiéndoseles disponer a lo largo de la zanja y permanecer expuestos el menor tiempo posible, a fin de evitar accidentes y deformaciones en la tubería.

ASENTAMIENTO

Los tubos son bajados a zanja manualmente, teniendo en cuenta que la generatriz inferior del tubo deba coincidir con el eje de la zanja a fin de dar un apoyo continuo al tubo. Luego se procede a colocar cuidadosamente los tubos, para lo cual se lija el interior de la campana de uno de ellos y el exterior del otro, aplicándoles luego el pegamento respectivo, e introduciendo el tubo en la campana respectiva

Unidad de medida

La unidad de medida será en metros (m).

Forma de pago

Se realizará al acabado satisfactorio de la partida por ML.

04.03.03. RELLENO Y COMPACTADO DE MATERIAL PROPIO EN ZANJAS

Descripción

Se refiere al relleno y apisonado de las zanjas aperturadas para el tendido de tuberías de conducción.

Método de Ejecución

Después que haya sido aprobada la prueba hidráulica, se realizará el relleno y apisonado de zanjas que podrá realizarse con el material de la excavación siempre que el material tenga las características para este fin.

El primer relleno compactado comprende a partir de la cama de apoyo de la tubería hasta 0.30 cm. Por encima de la clave del tubo con material selecto. El relleno se colocará en capas de 0.15 m. de espesor. Se compactará en pisones manuales teniendo cuidado de no dañar la tubería.

Luego los siguientes rellenos serán en capas de 0.15 m. que se irán compactando manualmente.

Unidad de medición

El trabajo ejecutado se medirá en metros cúbicos (M3.), medidos sobre el terreno.

Forma de pago

El pago se efectuará por metros cúbicos (m³) y se valorizará de acuerdo a los metrados de obra.

04.03.04. ACCESORIOS PARA LA RED DE CONDUCCIÓN

Descripción

Esta partida comprende el suministro e instalación de accesorios para la red de conducción de agua potable o riego, compuesta por tuberías de 6 pulgadas de diámetro. Los accesorios incluyen codos, tes, uniones, adaptadores, válvulas de aire, válvulas de compuerta, y otros elementos necesarios para garantizar la continuidad, operatividad, control y mantenimiento de la red de conducción, según planos y especificaciones técnicas. Incluye todas las labores de preparación, ubicación, alineación, ensamblaje, fijación y pruebas hidráulicas asociadas a los accesorios instalados.

Método de ejecución

- Revisión de planos: Se verifica la ubicación exacta de cada accesorio según el diseño hidráulico.
- Replanteo y preparación: Se marca en campo la ubicación de los accesorios y se acondiciona la zona para su instalación.
- Montaje de accesorios:
- Se colocan codos, tes, uniones, válvulas y demás piezas especiales según la secuencia de montaje.
- Se utilizan herramientas y materiales adecuados (empaques, sellos, pernos, etc.) para garantizar uniones estancas.
- Se conectan adecuadamente a las tuberías de 6" usando soldadura, roscado, bridales u otro sistema compatible.
- Alineación y fijación: Se verifica la alineación y nivel, y se fijan adecuadamente.

Unidad de medida

Unidad (glb)

Forma de pago

El pago se efectuará por unidad global (glb) de accesorio instalado, conforme al tipo y cantidad establecidos en el presupuesto y planos del proyecto.

04.03.05. PRUEBA HIDRAULICA EN LINEA DE CONDUCCIÓN

Descripción

Tiene la finalidad de comprobar en el campo, si el trabajo de instalación de la tubería y accesorios está perfectamente ejecutado, mas no se refiere a la resistencia del material ya que estas se pasan en la fábrica bajo estrictas normas de calidad.

Método de ejecución

Antes de efectuar la prueba de presión se debe verificar que la tubería, los accesorios y piezas especiales estén debidamente ancladas, además debe existir relleno sobre la tubería, con excepción de las conexiones y campanas, La longitud de la tubería a probar no debe exceder de los 400 metros, el tapón de cierre de los extremos de la tubería debe estar bien anclado ya que es la zona donde sufre por la sobre presión. La bomba de prueba (balde de prueba) deberá instalarse en la parte más baja de la línea y de ninguna manera en las más altas.

La prueba de presión será 1.5 veces la presión nominal de la tubería medida en el punto más bajo del tramo de prueba y el tiempo mínimo de duración de la prueba será de dos horas, debiendo permanecer la línea durante ese tiempo bajo la presión de prueba.

Unidad de medida

El trabajo ejecutado se medirá en metros lineales (m) de prueba aceptada por el supervisor.

Forma de Pago

La medición se la hará en unidad de longitud y su pago será por **metro lineal** de prueba "m". Se cubicará en función de la longitud de prueba del tramo correspondiente de la infraestructura de la línea de distribución.

04.04. CAMARA DE INSPECCIÓN

04.04.01. LIMPIEZA DE TERRENO

Descripción

Esta partida incluye todas las actividades necesarias para la limpieza del terreno antes de iniciar las obras de construcción. Esto abarca la remoción de maleza, residuos, escombros, piedras, objetos inservibles, árboles o arbustos no protegidos, y cualquier otra obstrucción que impida el adecuado desarrollo de la obra. También puede incluir el desbroce, corte de vegetación, y el desmonte en caso de ser necesario, garantizando que el terreno quede apto para la ejecución de los trabajos proyectados.

Método de ejecución

La limpieza del terreno comenzará con una inspección detallada para identificar los obstáculos y residuos a remover. Luego, se procederá al desbroce y corte de la maleza y vegetación no protegida, seguido de la remoción de escombros, restos de construcciones previas, y objetos inservibles. Se llevará a cabo la remoción de piedras grandes y otros escombros de forma manual, según sea necesario. Si es requerido, se realizarán cortes y desmontes de árboles o arbustos, siempre respetando las especies protegidas.

Unidad de medida

La unidad de medida para la limpieza de terreno se especifica generalmente en metros cuadrados (m^2). Esta unidad permite medir de forma precisa el área en la que se han ejecutado los trabajos de limpieza.

Forma de pago

El pago se realizará por avance físico, basado en la cantidad de terreno efectivamente limpiado y verificado, según medición y conformidad del inspector de obra.

04.04.02. REPLANTEO DE OBRAS DE ARTE

Similar a 06.02.01.02. Replanteo de obras de arte

04.04.03. EXCAVACIÓN CAJA CANAL MATERIAL SUELTO A MANO

Similar a 06.02.01.03. Excavación Caja de canal material suelto a mano

04.04.04. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE OBRAS DE ARTE

Similar a 06.02.01.04. Encofrado y desencofrado de obra de arte

04.04.05. REFUERZO DE ACERO FY = 4200 KG/CM2, Ø = 3/8" (DOBLADO Y COLOCADO)

Similar a 06.02.01.05. Refuerzo De Acero FY = 4200 KG/CM2, Ø = 3/8" (DOBLADO Y COLOCADO)

04.04.06. PREPARACIÓN Y VACEADO CºSº: F'C = 175 KG/CM2 - OBRAS ARTE ESTÁNDAR

Similar a 06.02.01.06. Preparación y vaciado CºSº f'c=175kg/cm2

04.04.07. TARRAJEO CON MORTERO DE CEMENTO/ARENA 1:4

Similar a 06.02.01.07. Tarajeo con mortero de cemento arena 1:4

04.04.08. SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACCESORIOS CRP. DE Ø 6"

Similar a 06.02.01.08. Suministro y colocación de accesorios CRP de 2"

05. RESERVORIO DE CONCRETO (V=415 M3)

05.01. OBRAS PROVISIONALES

05.01.01. TRAZO Y REPLANTEO

Descripción

El trabajo consiste en hacer todo el trazo y replanteo donde se construirá la estructura de las obras de arte o instalación de tubería esto de acuerdo a las dimensiones especificadas en el plano de dicha obra de arte. Se efectuará de acuerdo a lo especificado en Replanteo de obras, especificada en la parte A de las disposiciones generales.

Materiales

Se emplearon los siguientes materiales:

Yeso de 28 Kg.

Estaca De Madera.

Método de ejecución

El trabajo se realizará preferentemente con los mismos materiales que crea conveniente el ingeniero contratista, también se necesitará pintura, clavos, cordeles y estacas de madera y/o fierro para la colocación de los puntos de donde se procederá a la ubicación de los puntos estratégicos para el replanteo.

Unidad de medida

Los trabajos de trazo y replanteo durante la construcción se pagarán en M2, de acuerdo a la partida descrita en el presupuesto.

Forma de pago

La valorización se hará según el porcentaje de avance mensual y de acuerdo al precio por M2 contratado para la partida “Trazo y Replanteo” del presupuesto.

05.01.02. EXCAVACIÓN DE VASO DE RESERVORIO EN TIERRA (A MANO)

Descripción

Esta actividad se ejecuta después de haber realizado el trazo y replanteo y dar inicio a la excavación del vaso de reservorio y las zanjas para la cimentación de la estructura, la misma que se efectuara cuidando no dañar el ojo del manante si fuera el caso.

Método de ejecución

Con el uso de herramientas manuales (pala y pico) se inicia la apertura del vaso del reservorio y las zanjas de las vigas collarines teniendo en cuenta las medidas indicadas en los cortes y elevaciones del plano correspondiente.

En la apertura de la zanja el fondo del reservorio será bien nivelado en suelo firme y se evitará mayores cortes a fin de no ocasionar rellenos en la modalidad del cimiento.

Unidad de medida

La unidad de medida Sera de metros cúbicos (m³)

Forma de pago

Por rendimiento de metro cúbico m³.

05.01.03. REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL

Descripción

Para proceder a instalar la estructura las zanjas y los taludes excavados deberán estar refinadas y niveladas.

El refine consiste en el perfilamiento tanto de las paredes como del fondo, se tendrá cuidado para que no queden protuberancias rocosas que hagan contacto con el cuerpo del tubo y accesorios.

La nivelación se efectuará en el fondo del reservorio y de la zanja para que el vaciado de la estructura se apoye a lo largo de su generatriz inferior sobre la cama de apoyo aprobado por el supervisor.

Método de Ejecución

Se utilizarán herramientas manuales, El ancho y el largo del piso del reservorio y las zanjas de vigas collarines debe ser tal que exista un juego de 0.15 m. como mínimo y 0.30 como máximo entre la cara exterior de los collares y la pared de la zanja. Las zanjas podrán hacerse con las paredes verticales si la calidad del terreno lo permite, caso contrario se le dará los taludes adecuados según la naturaleza del mismo.

El fondo de la zanja deberá quedar seco y firme y en todos los conceptos aceptables como fundación para recibir el tubo, así mismo deberá presentar una superficie bien nivelada para que los tubos se apoyen en forma continuada a lo largo de la generatriz exterior.

Unidad de medida

La unidad de medida se da en metro cuadrado de perfilada, considerando que la altura de esta partida es un promedio.

Forma de pago

Se pagará por metro cuadrado m², previamente a la inspección y estar aprobado por el inspector

05.01.04. ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30 M (A MANO CON CARRETILLA)

Descripción

Esta partida consistirá en el retiro del material excedente de la excavación no utilizado para el relleno, se incluirá las piedras que salgan a la superficie, todo el material será llevado a botaderos ubicados a 30 m. de la obra, en las zonas donde indique el Supervisor.

El material será eliminado, trasladándolos en general dentro de lo que permitan las normas ecológicas y en particular, que no vayan a obstruir el cauce del río y donde no cree dificultades a terceros. Asimismo, podrá contribuir al encauzamiento del río con autorización de la Supervisión.

En este ítem hace referencia a que el material será trasladado a lugares donde permitan las normas, sin embargo, dentro del expediente técnico no se muestra dichas normas que consideramos de suma importancia ya que es necesario considerar un detallado estudio tanto ambiental como ecológico no sólo en cuanto se refiere a este rubro de eliminación de material excedente, sino que también en forma global de lo que es la gestión ambiental.

Método de ejecución

Se considera como volumen de medición, al volumen de la estructura que ocupará la zona excavada, tal como se indica en los planos, de acuerdo al párrafo anterior.

Debemos indicar que no se indica las unidades de este rubro, sin embargo, el trabajo ejecutado, autorizado y aprobado por el supervisor, se medirá en metros cúbicos (M3).

Forma de pago

El pago de la eliminación de material excedente, se hará basándose en el precio unitario por metro cúbico (M3) de eliminación de acuerdo al párrafo anterior.

El precio y pago constituirá compensación completa por el carguío y transporte del material excedente, considerando el equipo, transporte, mano de obra, herramientas e imprevistos para la ejecución satisfactoria de la partida.

05.01.05. COMPACTADO DE TERRENO NATURAL ENTRE VIGAS SOLERA

Descripción

Consiste en la compactación del terreno natural ubicado entre vigas soleras, con el fin de mejorar la capacidad de soporte del suelo y garantizar una base firme y estable para la ejecución de capas subsiguientes (rellenos estructurales, concreto pobre, etc.). Esta actividad incluye el humedecimiento, nivelación y compactación del terreno existente, hasta alcanzar el grado de compactación especificado en el expediente técnico.

Método de ejecución

Preparación del área: Se remueve todo material suelto, restos de vegetación u otros elementos que impidan una compactación uniforme.

Humedecimiento: Se riega el terreno natural hasta alcanzar la humedad óptima de compactación.

Compactación: Se compacta el terreno natural utilizando equipo manual (pisón o placa vibratoria) o equipo mecánico liviano, según las dimensiones del espacio. Se realizan pasadas sucesivas hasta obtener el grado de compactación especificado (usualmente mínimo 90% del Proctor Modificado, salvo indicación diferente).

Control de calidad: Se verificará mediante ensayos de densidad in situ o inspección visual, conforme a lo especificado en el expediente técnico.

Unidad de medida

Metro cuadrado (m^2)

Forma de pago

El pago se realizará por metro cuadrado (m^2) de terreno natural compactado entre vigas soleras, conforme a las dimensiones del diseño y validado por la supervisión. El precio incluye mano de obra, humedecimiento, uso de equipos de compactación, herramientas, y verificación de la calidad del trabajo.

05.02. OBRAS DE ESTRUCTURA

05.02.01. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

Descripción.

Esta partida se ejecutó previa al colocado de la mezcla de concreto.

Método de ejecución.

Las formas para encofrado de superficies descubiertas se prepararon con madera corriente laminada y cepillada, planchas duras de fibra prensada o madera machihembrada.

Las juntas de unión eran herméticas y/o calafateadas a fin de evitar la filtración de la lechada del mortero debiendo arriostrarse adecuadamente las uniones entre sí, así su manteniendo su posición y lograr seguridad.

Los encofrados eran debidamente alineados y nivelados de tal manera que formen elementos de las dimensiones indicadas en los planos.

Con el objeto de facilitar el desencofrado y la reutilización de las formas, previamente fueron limpiadas y aceitadas o engrasadas cuidadosamente para evitar la adherencia del mortero actividad que ha sido aprobada por el ingeniero residente.

Los plazos de desencofrados mínimos eran las siguientes.

Columnas, placas, costados 48 horas.

Vigas, losas 10 días.

Antes de desencofrar, el concreto se ha tenido suficiente resistencia para evitar desportillamiento y otros daños como consecuencia de esta operación.

Inmediatamente después del encofrado, cuidadosamente examinado y cualquier irregularidad en la superficie se trató, como se indica en el acápite correspondiente a estas especificaciones.

Forma de pago

Por metro cuadrado (m²).

05.02.02. CONCRETO CICLOPEO F'c=140kg/cm² + 30%PM

Descripción

La preparación de esta partida se logra colocando en simultaneo en el interior de las vigas de cimentación previamente excavadas, perfiladas y humedecidas, el concreto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ y la piedra seleccionada de un diámetro de 6" a 12" en una proporción no mayor a 30% en volumen.

Método de ejecución.

Se construirán en las vigas de cimentación de 0.40 m x 0.40 m del reservorio.

Forma de pago

Por metro cúbico M3 de concreto + piedra preparado y vaciado.

05.02.03. ACERO ESTRUTURAL PARA RESERVORIO

Descripción.

Esta partida se ejecutó previa colado de la mezcla de concreto.

Método de ejecución

El acero de refuerzo para concreto armado eran varillas corrugadas y con carga de trabajo de 4200 kg/cm².

La superficie de todas las varillas al momento de ser utilizado ha sido libre de polvo, pintura, oxidación, aceite u otras materias extrañas que entorpezcan la adherencia con el concreto.

Los ganchos terminales eran doblados en frio sobre un diámetro mínimo de cuatro veces el diámetro de la varilla, estas no se enderezan para volverse a doblar ni se doblará ningún refuerzo parcialmente embebido en el cemento endurecido.

La colocación de la armadura era efectuada en estricto cumplimiento con los planos y con una tolerancia no mayor +/- 3mm. Y se asegura ante cualquier desplazamiento usando alambre debidamente tortoleado.

El recubrimiento de la armadura se logró usando espaciadores de concreto o metal aprobado por el Ing. Residente.

Forma de pago

Por kilogramo de acero doblado y colocado (KG).

05.02.04. CONCRETO SIMPLE F'c=210kg/cm2

Descripción

Es el concreto considerado para las partidas que se mencionan anteriormente, con el fin de proteger y darle la forma que se especifica en los planos.

Los materiales a utilizarse para esta partida serán básicamente, el cemento Portland tipo I, agua y Hormigón que será traído de algunas de las canteras mencionadas en la memoria descriptiva.

Método de ejecución

La dosificación a utilizar para este caso será el concreto de una resistencia de 210 Kg/cm², para lo cual realizando los cálculos respectivos se determinó que para 01 m³ de concreto se necesitaría 9 bolsas de cemento y 0.51m³ de arena gruesa y 0.76 de grava (de lo contrario 1.27 m³ de hormigón), tomando en cuenta los posibles desperdicios y negligencias al momento del transporte, acopio, aplicación y uso del agregado. Así mismo la cantidad de agua a utilizar cumplirá la relación agua-cemento a/c = 0.62, por lo tanto por cada metro cúbico de concreto se utilizará 0.18 m³ de agua, lo que equivale a echar 24 litros por cada tanda de concreto.

La calidad de los materiales a ser utilizados será debidamente verificado y cubicados por el ingeniero residente en coordinación con el supervisor

La mezcladora a utilizar para esta partida será de tipo trompo que tiene una capacidad de 11 p3.

Al momento de realizar la mezcla primero se echará el agua (1 1/3 balde de 18 litros), luego se echará una bolsa de cemento, después 05 unidades de volumen (cajas de madera o cubetas de 1 pie³) de agregado.

El transporte se hará empleando carretilla tipo buggy, evitando la pérdida del material y de la lechada de concreto; el tiempo que dure el transporte, deberá ser el menor posible; para lo que el área de preparación del concreto deberá estar adecuadamente ubicada. La cuadrilla comprende 01 operario en la mezcladora, el cual será el que agregue el agua y el cemento, 06 peones en el llenado y traslado de los materiales, y 04 con las carretillas y un oficial recibiendo la mezcla.

Unidad de medida

El método de medición será en metro cúbicos M3 de concreto cubierto por los encofrados, medida según los planos aprobados, comprendiendo el metrado.

Forma de pago

Por metro cúbico M3 de concreto.

05.02.05. CURADO DE CONCRETO

Similar a 03.02.04 Curado de Concreto

05.02.06. JUNTAS CON WATER STOP DE 6"

Descripción

Los water stop son elementos de sellado impermeable elaborados con diversos materiales como PVC, caucho o cobre, que se colocan embebidos en el concreto a ambos lados de una junta, con el fin de asegurar su impermeabilización.

El contratista será responsable de proveer e instalar estos sellos de acuerdo con las dimensiones, formas y ubicaciones indicadas en los planos o conforme a las instrucciones técnicas proporcionadas.

En algunos casos, se podrá utilizar water stop de cuerpo partido; sin embargo, antes del vaciado final del concreto, las secciones deben ser unidas utilizando un método aprobado que garantice una unión estanca, impidiendo el ingreso de concreto o mortero entre ambas partes.

Método de Ejecución

El contratista proporcionará todos los materiales, herramientas, equipos y energía necesarios para la ejecución de los empalmes y la instalación del water stop.

Los empalmes se realizarán cortando las piezas a la medida requerida, calentando los extremos hasta su punto de fusión y uniéndolos adecuadamente para formar la continuidad del sello.

En el caso de water stop de cobre, los empalmes se harán por traslape de 20 cm y se soldarán con estaño. Para los fabricados en caucho o PVC, los empalmes se efectuarán mediante calor aplicado con placas metálicas, llama de gas o con el equipo recomendado por el fabricante.

Durante el vaciado del concreto, se tendrá especial cuidado al colocar el concreto alrededor del water stop horizontal, asegurando un vaciado lento que permita el adecuado fraguado del material. La parte visible del sello debe protegerse contra impactos y exposición directa al sol durante y después del vaciado.

La correcta alineación del water stop con el centro de la junta es fundamental. El contratista deberá asegurar su conservación y protección a lo largo de la obra.

Forma de Pago

El pago se realizará por metro lineal (m) de water stop correctamente instalado, conforme a lo establecido en el expediente técnico y validado por la supervisión.

05.02.07. JUNTAS ASFALTICAS DE DILATACIÓN

Descripción

La presente partida comprende el sellado de juntas entre los paños del piso y las paredes del reservorio, utilizando material asfáltico con el propósito de garantizar la impermeabilidad de dichas uniones.

Método de Ejecución

Se ejecutarán juntas de dilatación tanto horizontales como verticales en la estructura del reservorio, las cuales estarán distribuidas a intervalos de 3 metros. Se deberá mantener una separación mínima de 1 pulgada (1") entre los bloques contiguos para permitir el correcto funcionamiento del sellado.

Forma de Pago

El pago de esta partida se efectuará por metro lineal (m) de junta sellada con material asfáltico, conforme a lo ejecutado y verificado por la supervisión.

05.03. OBRAS DE ACABADO

05.03.01. TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE

Descripción

Mortero de concreto mezclado con una porción de aditivo impermeabilizante dosificado que no permita la filtración de agua a través de las paredes del concreto hacia el exterior.

Método de ejecución

Los tarrajos serán ejecutados previa limpieza y humedecimiento de las superficies donde debe ser aplicado.

Como impermeabilizante se usa generalmente el SIKA-1 que es un aditivo líquido que actúa como un impermeabilizante integral taponando poros y capilares en mortero.

La dosificación es la siguiente:

Mezclar SIKA-1 con el agua del mortero, que será una parte de SIKA-1 por 10 partes de agua si la arena está seca. Una parte de SIKA-1 por 8 de agua, si la arena esta mojada se aplican 3 capas de mortero impermeable con un espesor total de aproximadamente 3 cm. Previa saturación de la superficie se aplica la primera capa consistente en una lechada de cemento puro mojada con la dilución de SIKA-1 hasta obtener una consistencia cremosa.

Antes de que la primera capa haya secado se aplica como segunda capa de mortero preparado con una parte de cemento por una parte de arena en volumen, mojado con la dilución de SIKA-1. Esta segunda capa se lanza sobre la anterior hasta obtener un espesor de aprox. 8 mm, dejando un acabado rugoso.

Luego cuando la capa anterior haya fraguado y todavía este húmeda se aplica una tercera capa de mortero 1:3 cemento – arena en volumen mojado con dilución SIKA-1 en un espesor 1-2 cm. El acabado se efectúa con regla de madera hasta obtener una superficie lo más lisa posible.

Unidad de medida

Se mide en M2, De acuerdo a las dimensiones de largo por altura de cada tramo a revestir.

Forma de pago

Se pagará por M2.

05.03.02. SUMINISTRO Y COLOCADO DE ACCESORIOS PARA RESERVORIO

Descripción

Esta partida comprende el suministro e instalación de los distintos accesorios fabricados en PVC SAP necesarios para el correcto funcionamiento del sistema hidráulico. Se incluyen piezas como codos, canastillas, uniones, derivaciones, y otros componentes complementarios que permiten la adecuada conexión y operación de la red, así como elementos metálicos como rejillas y escaleras que forman parte del sistema de acceso o protección.

Método de Ejecución

La instalación de los accesorios PVC SAP inyectados se realizará según las especificaciones técnicas del proyecto y las recomendaciones del fabricante. Previamente se realizará el alineamiento, limpieza y verificación de las uniones. Los elementos se colocarán mediante acoples mecánicos o por sistema de embone, asegurando una correcta estanqueidad. Los accesorios metálicos, como rejillas y escaleras, se fijarán firmemente a la estructura mediante anclajes adecuados. Todo el trabajo será ejecutado bajo supervisión técnica, garantizando su funcionalidad y durabilidad.

Forma de Pago

El pago por esta partida se efectuará por unidad global (GLB), e incluirá el suministro, transporte, instalación y pruebas de funcionamiento de todos los accesorios colocados, conforme a lo indicado en los planos y a satisfacción de la supervisión.

05.03.03. INSTALACION DEL CERCO PERIMETRICO PARA EL RESERVORIO

Descripción.

Esta partida se refiere al suministro y colocación de accesorios, tales como tubos de fierro liviano y alambre de púas. Los cuáles serán colocados alrededor del reservorio.

Método de ejecución

Excavación de hoyos con dimensiones de 0.40 x 0.40m con una profundidad de 0.50m y colocado con tubos de fierro liviano y alambre de púas sujetados con armella.

Forma de pago

Esta partida se pagará por unidad global.

05.03.04. EXCAVACION DE DADOS PARA COLOCACIÓN DE TUBOS DE CERCO

Descripción

Comprende la excavación puntual para formar dados donde se empotrarán los tubos del cerco perimétrico. Estas excavaciones se realizarán en suelo natural, en las ubicaciones y dimensiones establecidas en los planos o conforme indique la supervisión.

Método de Ejecución

Se trazará la ubicación de cada dado según el alineamiento del cerco. La excavación será manual o mecánica, dependiendo de la accesibilidad del terreno. Se procurará mantener las dimensiones especificadas y un fondo nivelado y limpio, apto para el vaciado de concreto. El material sobrante se retirará del área de trabajo hacia un botadero autorizado.

Unidad de Medida

Metro cúbico (m^3).

Forma de Pago

Se pagará por metro cúbico (m^3) de excavación efectuada, incluyendo la limpieza, perfilado y retiro de excedentes.

05.03.05. DADOS DE CONCRETO SIMPLE $f'c=140\text{kg/cm}^2$

Descripción

Corresponde a la construcción de dados de cimentación de concreto simple con una resistencia característica $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$, destinados a anclar los tubos del cerco o elementos estructurales similares, según lo señalado en planos.

Método de Ejecución

Una vez terminada la excavación y limpieza del dado, se colocará el concreto simple con la dosificación correspondiente para alcanzar la resistencia especificada. El concreto será vertido directamente o con ayuda de carretillas, vibrado si es necesario, y nivelado adecuadamente. Se

garantizará el curado del concreto por al menos 7 días para asegurar su resistencia. El vaciado se hará respetando alineamientos y niveles de diseño.

Unidad de Medida

Metro cúbico (m^3).

Forma de Pago

Se pagará por metro cúbico (m^3) de concreto colocado, incluyendo la preparación, vaciado, curado y herramientas necesarias para su ejecución.

05.03.06. PINTADO DE OBRAS DE ARTE

Descripción

La presente partida contempla el pintado de las estructuras hidráulicas tales como captaciones, reservorios, cajas de válvulas, hidrantes, entre otros, utilizando pintura látex para su acabado y protección superficial.

Método de Ejecución

Inicialmente se realiza una limpieza exhaustiva de las superficies a tratar, eliminando polvo, grasa o cualquier impureza. Una vez seca la superficie, se procede a la aplicación de una capa de imprimante. Luego del tiempo de secado correspondiente, se aplica una primera mano de pintura látex, y finalmente una segunda capa para asegurar un acabado uniforme y duradero.

Forma de pago

El pago se realizará por metro cuadrado (m^2) de superficie efectivamente pintada, conforme a la medición en obra.

06. RED DE DISTRIBUCIÓN

06.01. INSTALACION DE TUBERIAS

06.01.01. SECTOR PARPACALLA 1

06.01.01.01. OBRAS PROVISIONALES

06.01.01.01.01. TRAZO Y REPLANTEO PARA ZANJAS

Descripción

Esta partida comprende el replanteo de los planos en el terreno de la línea de conducción, para lo cual se realizará el trazo o alineamiento de las zanjas, se medirán las distancias y se dejara B.M. en lugares específicos y referenciales.

Método de Ejecución

Para el trazo y la nivelación, así como para el replanteo se empleará estación total, nivel de ingeniero, prismas, mira, jalones y wincha, marcándose con yeso los tramos por donde irá la tubería y el lugar donde estarán ubicados los cambios de dirección, durante el replanteo se deben poner hitos, señales, puntos de nivel que sirvan de referencia una vez que se ejecuten las excavaciones y tendido de tuberías.

Estos deben ajustarse estrictamente a los planos y perfiles del proyecto.

Cualquier modificación de los perfiles de carácter local deberá recibir previamente la aprobación del Ing. Supervisor.

Unidad de medición

Se mide con wincha de acuerdo a longitudes por tramos y la unidad de medida es por (m2)

Forma de pago

Se pagará por metro cuadrado (m2), con cargo a la partida “Trazo y replanteo de zanjas m2”

06.01.01.01.02. EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN MATERIAL SUELTO (A

MANO)

Descripción

La excavación en zonas donde existan instalaciones deberá realizarse manualmente, a fin de evitar daños y garantizar la seguridad. No se permitirá ejecutar las excavaciones con mucha anticipación respecto a la construcción o instalación de las estructuras, con el fin de prevenir deslizamientos, accidentes y obstrucciones en el tránsito.

En caso de corte abierto, la excavación también se realizará a mano, siguiendo los trazos, anchos y profundidades indicadas en los planos replanteados en campo o según lo establecido en las presentes especificaciones técnicas.

Unidad de Medición

La excavación se medirá en metros cúbicos (m^3), conforme al volumen efectivamente ejecutado.

Forma de Pago

El pago se efectuará sobre la base de los metrados reales validados por el residente de obra, registrados conforme al método de medición especificado. El precio unitario incluirá la ejecución completa de la excavación, el apilamiento del material, su transporte dentro de la distancia establecida para su uso en rellenos o disposición donde lo indique la supervisión, así como el uso de mano de obra, herramientas, equipos, cumplimiento de normas laborales y cualquier gasto imprevisto.

06.01.01.01.03. EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA (A MANO

CON COMPRESORA)

Similar a 04.01.05. Excavación de Caja de Canal en Roca Suelta a Mano con Compresora

06.01.01.01.04. REFINE Y NIVELACIÓN DEL TERRENO

Descripción

Antes de instalar la tubería de agua, las zanjas excavadas deberán encontrarse correctamente refinadas y niveladas. El proceso de refine implica el alisado y perfilado tanto de las paredes laterales como del fondo de la zanja, eliminando cualquier irregularidad o saliente rocosa que pueda entrar en contacto con el tubo.

La nivelación se realizará en el fondo de la zanja, asegurando que las tuberías se apoyen de manera continua sobre su generatriz inferior, sobre una cama de apoyo debidamente preparada y aprobada por el supervisor.

Método de Ejecución

Se emplearán herramientas manuales para realizar el trabajo con precisión. El ancho de la zanja debe permitir una separación mínima de 0.15 m y máxima de 0.30 m entre la pared de la zanja y la parte exterior de los collares de las tuberías. Si el terreno lo permite, las paredes de la zanja podrán mantenerse verticales; de lo contrario, se deberá dar el talud correspondiente según la estabilidad del suelo.

El fondo de la zanja deberá estar seco, firme y en condiciones óptimas para recibir la tubería, garantizando una base continua y nivelada a lo largo de toda la instalación.

Unidad de medida

La medición se efectuará en metros cuadrados (m²) de acuerdo con la longitud del tramo trabajado, considerando un promedio estándar para la altura de la zanja.

Forma de pago

El pago se realizará por metro cuadrado bajo la denominación de “Refine y nivelación de zanjas”, incluyendo todos los trabajos y materiales necesarios para su correcta ejecución.

06.01.01.01.05. COMPACTACION DE SUELO DE CAJA DE CANAL A MANO
(e=0.15m)

Similar a 04.02.02. Compactación del Suelo Natural a Mano (e=0.15m)

06.01.01.01.06. PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO PARA TUBERIAS CON MATERIAL PROPIO

Similar a 04.02.03. Preparación de Material para Cama de Apoyo

06.01.01.01.07. COLOCACIÓN DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO COMPACTADO A MANO (e=0.15m)

Similar a 04.02.04. Colocación de Material para Cama de Apoyo

06.01.01.02. OBRAS DE INSTALACIÓN

06.01.01.02.01.INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=1"

Descripción

Esta partida abarca la instalación de tuberías en la zanja sobre una cama de apoyo hecha con material zarandeado, asegurando su correcta colocación y unión para prevenir fugas o filtraciones en su funcionamiento.

Método de ejecución

Transporte de los tubos a la zanja

Se deben tomar las mismas precauciones con los tubos durante su transporte y almacenamiento en la obra. Los tubos se deben colocar a lo largo de la zanja, manteniéndolos expuestos al mínimo tiempo posible para evitar accidentes o daños en las tuberías.

Asentamiento

Los tubos se bajarán manualmente a la zanja, asegurando que la generatriz inferior de cada tubo quede alineada con el eje de la zanja, garantizando un apoyo continuo. Luego, se procederá

con la colocación precisa de los tubos, lijando el interior de la campana de uno y el exterior del otro. Después de aplicar el pegamento correspondiente, se introducirá el tubo en la campana.

Unidad de medición

La medición se efectuará en metros lineales (ml) según el tramo ejecutado.

Forma de pago

El pago se realizará una vez que la partida haya sido completada satisfactoriamente, y se liquidará por metro lineal (ml).

06.01.01.02.02. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=2"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.01.02.03. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=2"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.01.02.04. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-7.5 D=3"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.01.02.05. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=3"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.01.02.06. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=4"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.01.02.07. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-7.5 D=4"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.01.02.08. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=4"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.01.02.09. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=6"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.01.02.10. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-7.5 D=6"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.01.02.11. RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL PROPIO EN**CAJA DE CANAL****Descripción**

Esta partida corresponde al proceso de relleno y compactación de las zanjas abiertas previamente para la instalación de tuberías de conducción.

Método de Ejecución

Una vez aprobada satisfactoriamente la prueba hidráulica, se procederá con el relleno y apisonado de las zanjas, utilizando el material producto de la excavación, siempre y cuando cumpla con las condiciones adecuadas para su uso.

El relleno inicial, considerado como compactado selecto, se realizará desde la cama de apoyo de la tubería hasta una altura de 0.30 m por encima de su clave, utilizando material seleccionado. Este relleno se aplicará en capas de 0.15 m, las cuales serán compactadas con pisones manuales, cuidando de no dañar el tubo.

Posteriormente, el resto del relleno también se ejecutará en capas de 0.15 m, siguiendo el mismo procedimiento de compactación manual.

Unidad de medida

La medición de esta actividad se hará en metros cúbicos (m³)

Forma de pago

El pago se efectuará por metro cubico (m³) de acuerdo con el metrado realmente ejecutado y aprobado por la supervisión.

06.01.01.02.12. ACCESORIOS PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Similar a 04.03.04. Accesorios para la red de conducción

06.01.01.02.13. PRUEBA HIDRAULICA EN REDES DE ASPERSIÓN

Similar a 04.03.05. Prueba Hidráulica en Línea de conducción

06.01.02. SECTOR PARPACALLA 2

06.01.02.01.OBRAS PROVISIONALES

06.01.02.01.01. TRAZO Y REPLANTEO PARA ZANJAS

Similar a 06.01.01.01.01. Trazo y replanteo para zanjas

06.01.02.01.02. EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN MATERIAL SUELTO (A MANO)

Similar a 06.01.01.01.02 Excavación de caja de canal en material suelto

06.01.02.01.03. EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA (A MANO CON COMPRESORA)

Similar a 06.01.01.01.03. Excavación de caja de canal en roca suelta

06.01.02.01.04. REFINE Y NIVELACIÓN DEL TERRENO

Similar a 06.01.01.01.04. Refine y nivelación del terreno

06.01.02.01.05. COMPACTACION DE SUELO DE CAJA DE CANAL A MANO (e=0.15m)

Similar a 06.01.01.01.05. Compactación de suelo de caja de canal a mano

06.01.02.01.06. PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO PARA TUBERIAS CON MATERIAL PROPIO

Similar a 06.01.01.01.06. Preparación de material para cama de apoyo para tuberías con material propio.

**06.01.02.01.07. COLOCACIÓN DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO
COMPACTADO A MANO (e=0.15m)**

Similar a 06.01.01.01.07. colocación de material para cama de apoyo compactado a mano

06.01.02.02.OBRAS DE INSTALACIÓN

06.01.02.02.01.INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=1"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.02.02.02. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=2"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.02.02.03. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=3"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.02.02.04. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=4"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.02.02.05. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-7.5 D=4"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.02.02.06. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=4"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

06.01.02.02.07. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=6"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2"

**06.01.02.02.08. RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL PROPIO EN
CAJA DE CANAL**

similar a 06.01.01.02.11 Relleno y Compactación con material propio en caja de canal

06.01.02.02.09. ACCESORIOS PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Similar a 06.01.01.02.12 Accesarios para la red de distribución

06.01.02.02.10. PRUEBA HIDRAULICA EN REDES DE ASPERSIÓN

Similar a 06.01.01.02.13. Prueba Hidráulica en redes de aspersión

06.01.03. SECTOR PARPACALLA 3

06.01.03.01.OBRAS PROVISIONALES

06.01.03.01.01.TRAZO Y REPLANTEO PARA ZANJAS

Similar a 06.01.01.01.01. Trazo y replanteo para zanjas

06.01.03.01.02. EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN MATERIAL SUELTO (A MANO)

Similar a 06.01.01.01.02 Excavación de caja de canal en material suelto

06.01.03.01.03. EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN ROCA SUELTA (A MANO CON COMPRESORA)

Similar a 06.01.01.01.03. Excavación de caja de canal en roca suelta

06.01.03.01.04. REFINE Y NIVELACIÓN DEL TERRENO

Similar a 06.01.01.01.04. Refine y nivelación del terreno

06.01.03.01.05. COMPACTACION DE SUELO DE CAJA DE CANAL A MANO (e=0.15m)

Similar a 06.01.01.01.05. Compactación de suelo de caja de canal a mano

06.01.03.01.06. PREPARACION DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO PARA TUBERIAS CON MATERIAL PROPIO

Similar a 06.01.01.01.06. Preparación de material para cama de apoyo para tuberías con material propio.

06.01.03.01.07. COLOCACIÓN DE MATERIAL PARA CAMA DE APOYO COMPACTADO A MANO (e=0.15m)

Similar a 06.01.01.01.07. colocación de material para cama de apoyo compactado a mano

06.01.03.02.OBRAS DE INSTALACIÓN

06.01.03.02.01.INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=1"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2”

06.01.03.02.02. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=2"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2”

06.01.03.02.03. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-7.5 D=2"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2”

06.01.03.02.04. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=2"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2”

06.01.03.02.05. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=3"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2”

06.01.03.02.06. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-5 D=4"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2”

06.01.03.02.07. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-7.5 D=4"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2”

06.01.03.02.08. INSTALACION DE TUBERIAS NTP399.002 SP C-10 D=4"

Similar a 06.01.01.02.02. Instalación de Tuberías NTP399.002 SP c-5 D=2”

06.01.03.02.09. RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL PROPIO EN CAJA DE CANAL

similar a 06.01.01.02.11 Relleno y Compactación con material propio en caja de canal

06.01.03.02.10. ACCESORIOS PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Similar a 06.01.01.02.12 Accesos para la red de distribución

06.01.03.02.11. PRUEBA HIDRAULICA EN REDES DE ASPERSIÓN

Similar a 06.01.01.02.13. Prueba Hidráulica en redes de aspersión

06.02. OBRAS DE ARTE

06.02.01. CAMARA ROMPE PRESIÓN

06.02.01.01. LIMPIEZA DE TERRENO

Similar a 03.01.01. Limpieza de terreno

06.02.01.02. REPLANTEO DE OBRAS DE ARTE

Descripción

Es materializar en el terreno en determinación precisa la ubicación y medidas de todos los elementos indicados en los planos, sus linderos y establecer normas y señales de referencia.

Materiales

Se emplearon los siguientes materiales:

Yeso

Estaca De Madera.

Método de ejecución

Los ejes estaban fijados en el terreno en forma permanente mediante estacas, balizas o tarjetas habiéndose aprobado por el Ingeniero Residente antes de empezar las obras. Los niveles han sido referidos conforme lo indican los planos.

Forma de pago

Por rendimiento de metro cuadrado

06.02.01.03. EXCAVACIÓN CAJA CANAL MATERIAL SUELTO A MANO

Descripción

Esta actividad se llevó a cabo una vez concluido el trazo y replanteo de la obra, dando inicio a la excavación de zanjas destinadas a la cimentación, en un terreno considerado de tipo normal.

Método de ejecución

La excavación se realizó manualmente utilizando herramientas como picos y palas. Se procedió a abrir las zanjas correspondientes a los aleros y al cuerpo de la caja de la bocatoma, respetando las dimensiones indicadas en los planos de corte y elevación. Durante el proceso, se cuidó que el fondo de la zanja quedara debidamente nivelado sobre terreno firme, evitando excavaciones innecesarias que pudieran generar la necesidad de rellenos adicionales para la cimentación.

Forma de pago

Esta partida será remunerada por metro cúbico (m^3) ejecutado y aprobado.

06.02.01.04.ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE OBRAS DE ARTE

Descripción

Esta partida comprende la ejecución del encofrado y desencofrado necesarios para conformar los elementos de concreto de la cámara rompe presión, conforme a las dimensiones y geometrías indicadas en los planos del proyecto.

Método de ejecución

El encofrado se realizará empleando formaletas resistentes y estables, de madera o metálicas, asegurando una adecuada rigidez durante el vaciado del concreto. Se aplicará un agente desencofrante en las superficies en contacto con el concreto para facilitar su remoción. El desencofrado se ejecutará una vez que el concreto haya alcanzado la resistencia mínima

especificada, de acuerdo a las recomendaciones del proyectista o Supervisor de obra, cuidando de no dañar la estructura ni alterar su forma.

Unidad de medición

La medición se efectuará en metros cuadrados (m^2), considerando las superficies efectivamente encofradas y desencofradas.

Forma de pago

El pago se realizará por metro cuadrado (m^2) de encofrado y desencofrado correctamente ejecutado, incluyendo materiales, mano de obra, herramientas, equipos y cualquier otro insumo necesario.

06.02.01.05.REFUERZO DE ACERO FY = 4200 KG/CM², Ø = 3/8" (DOBLADO Y COLOCADO)

Descripción

Esta partida comprende el suministro, cortado, doblado y colocación del acero de refuerzo de 3/8" de diámetro, con una resistencia $fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$, requerido para la estructura de la cámara rompe presión.

Método de ejecución

El acero será cortado y doblado de acuerdo con las dimensiones y formas especificadas en los planos, utilizando herramientas adecuadas. La colocación del acero se hará asegurando la posición correcta mediante el uso de distanciadores y alambres de amarre, garantizando los recubrimientos mínimos especificados por el reglamento técnico vigente.

Antes del vaciado del concreto, se verificará que el acero esté limpio, sin óxido ni grasas, y correctamente asegurado para evitar desplazamientos durante la colocación del concreto.

Unidad de medida

La medición se realizará en kilogramos (kg) de acero colocado, de acuerdo con los planos de diseño estructural y la verificación en campo por el residente de obra.

Forma de pago

El pago se efectuará por kilogramo (kg) de acero debidamente instalado, incluyendo el suministro, cortado, doblado, transporte y colocación, conforme a lo realmente ejecutado y aprobado por la supervisión.

06.02.01.06.PREPARACIÓN Y VACEADO CºSº: F'C = 175 KG/CM2 - OBRAS ARTE

STÁNDAR

Descripción

Esta partida comprende la preparación, transporte, vaciado, compactación y curado del concreto simple con una resistencia de diseño de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, destinado a la construcción de obras de arte, en este caso aplicado a una cámara rompe presión.

Método de Ejecución

El concreto será preparado en obra o transportado desde planta, asegurando la dosificación adecuada de los materiales. Se procederá al vaciado dentro del área previamente encofrada, asegurando la compactación mediante el uso de vibradores mecánicos o pisones manuales para eliminar vacíos o burbujas.

Una vez vaciado, el concreto será curado con métodos adecuados (riego continuo, mantas húmedas o membranas) para asegurar el desarrollo óptimo de su resistencia. Se evitara cualquier tipo de carga o vibración durante el fraguado inicial.

Unidad de medida

La medición se realizará en metros cúbicos (m^3), tomando en cuenta el volumen de concreto efectivamente vaciado y conforme a las dimensiones especificadas en los planos de obra.

Forma de pago

El pago se efectuará por metro cúbico (m^3) de concreto simple $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ correctamente preparado, vaciado y curado, e incluirá todos los materiales, mano de obra, herramientas, equipos y trabajos auxiliares necesarios para su correcta ejecución.

06.02.01.07.TARRAJEO CON MORTERO DE CEMENTO/ARENA 1:4

Descripción

Esta partida comprende la preparación y aplicación del tarrajeo sobre superficies de concreto o albañilería, utilizando mortero de cemento y arena en proporción 1:4, con el fin de brindar una superficie uniforme, proteger la estructura y mejorar su acabado final.

Método de Ejecución

Previa a la aplicación del tarrajeo, se limpiará la superficie eliminando polvo, grasa o cualquier sustancia que impida la adherencia del mortero. Luego se humedecerá adecuadamente. El mortero será preparado en la proporción de una parte de cemento por cuatro partes de arena fina, agregando la cantidad necesaria de agua para obtener una mezcla trabajable. Se aplicará manualmente mediante llana metálica, asegurando un espesor uniforme y buena adherencia. Finalmente, se dará el acabado correspondiente según las especificaciones del proyecto.

Unidad de medida

La unidad de medida será el metro cuadrado (m^2), considerando la superficie efectivamente tarajeada de acuerdo a los planos y especificaciones de obra.

Forma de pago

El pago se realizará por metro cuadrado (m^2) de superficie tarajeada con mortero cemento/arena 1:4, e incluirá materiales, mano de obra, herramientas y equipos necesarios para una correcta ejecución.

06.02.01.08.SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACCESORIOS CRP 2"

Descripción

Esta partida comprende la provisión e instalación de los accesorios necesarios que forman parte de la cámara rompe presión de 2", conforme a los requerimientos técnicos del proyecto.

Método de Ejecución

Los accesorios se instalarán siguiendo el diseño aprobado y las especificaciones técnicas. Se verificará que las uniones sean estancas y funcionales. La colocación será realizada por personal capacitado, utilizando herramientas adecuadas, y cuidando la correcta alineación, fijación y funcionamiento del sistema.

Unidad de medida

La medición se realizará por unidad global (GLB), considerando la instalación completa y funcional de los accesorios en la cámara rompe presión de 2".

Forma de pago

El pago se efectuará por unidad global (GLB), incluyendo el suministro de materiales, transporte, mano de obra, herramientas y todos los trabajos necesarios para su correcta instalación y puesta en funcionamiento.

06.02.01.09.SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACCESORIOS CRP 3"

Similar a 06.02.01.08. Suministro y colocación de accesorios CRP 2"

06.02.01.10.SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACCESORIOS CRP 4"

Similar a 06.02.01.08. Suministro y colocación de accesorios CRP 2"

06.02.02. VALVULA DE CONTROL

06.02.02.01.LIMPIEZA DE TERRENO

Similar a 03.01.01. Limpieza de terreno

06.02.02.02.REPLANTEO DE OBRAS DE ARTE

Similar a 06.02.01.02. Replanteo de obras de arte

06.02.02.03.EXCAVACION CAJA CANAL MATERIAL SUELTO A MANO

Similar a 06.02.01.03. Excavación caja canal material suelto a mano

06.02.02.04.ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE OBRAS DE ARTE

Similar a 06.02.01.04 Encofrado y desencofrado de obras de arte

06.02.02.05.PREPARACION Y VACIADO C° f'c 175 Kg/cm2

Similar a 06.02.01.05. Preparación y vaciado C°S° f'c=175kg/cm²

**06.02.02.06.TARRAJEO CON MORTERO DE CEMENTO/ARENA 1:4(CARA
INTERIOR Y EXTERIOR)**

Similar a 06.02.01.07. Tarajeo con mortero de cemento /arena 1:4

**06.02.02.07.SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA DE
CONTROL DE Ø=2"****Descripción**

Esta partida comprende el suministro e instalación de una válvula de control de 2 pulgadas de diámetro, así como los accesorios complementarios necesarios para su correcto funcionamiento dentro del sistema hidráulico del proyecto.

Método de Ejecución

La instalación se realizará en el punto indicado en los planos y conforme a las especificaciones técnicas. Se verificará previamente el estado de la conexión, y se procederá a ensamblar y fijar la válvula con precisión. Se aplicarán procedimientos adecuados para asegurar la hermeticidad y funcionalidad del sistema, utilizando herramientas apropiadas y personal calificado.

Método de Medición

La medición será de manera global (glb), considerando la válvula completamente instalada, operativa y con los accesorios correspondientes.

Forma de pago

El pago se realizará de manera global (glb) e incluirá el suministro de la válvula, los accesorios necesarios, transporte, herramientas, mano de obra y cualquier otro gasto relacionado con su correcta instalación y funcionamiento.

06.02.02.08.SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA DE CONTROL DE Ø=3"

Similar a 06.02.02.08. Suministro y colocación de accesorios válvula de control 2"

06.02.02.09.SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA DE CONTROL DE Ø=4"

Similar a 06.02.02.08. Suministro y colocación de accesorios válvula de control 2"

06.02.03. VALVULA DE PURGA

06.02.03.01.LIMPIEZA DE TERRENO

Similar a 03.01.01. Limpieza de terreno

06.02.03.02.REPLANTEO DE OBRAS DE ARTE

Similar a 06.02.01.02. Replanteo de obras de arte

06.02.03.03.EXCAVACION CAJA CANAL MATERIAL SUELTO A MANO

Similar a 06.02.01.03. Excavación caja canal material suelto a mano

06.02.03.04.ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE OBRAS DE ARTE

Similar a 06.02.01.04 Encofrado y desencofrado de obras de arte

06.02.03.05.PREPARACION Y VACIADO Cº f'c 175 Kg/cm2

Similar a 06.02.01.05. Preparación y vaciado C°S° f'c=175kg/cm²

06.02.03.06.TARRAJEO CON MORTERO DE CEMENTO/ARENA 1:4

Similar a 06.02.01.07. Tarajeo con mortero de cemento /arena 1:4

06.02.03.07.SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS VALVULA DE PURGA DE Ø"

Descripción

Esta partida comprende el suministro e instalación de válvulas de purga con el respectivo sistema de accesorios, como parte del equipamiento hidráulico del proyecto. Estas válvulas permiten el vaciado o purgado de aire o sedimentos del sistema, asegurando su correcto funcionamiento y mantenimiento.

Método de Ejecución

La instalación se realizará conforme a los planos de diseño y las especificaciones técnicas del proyecto. Se colocarán las válvulas en los puntos estratégicos determinados, garantizando su acceso y operatividad. El procedimiento incluirá la verificación de conexiones, el ajuste seguro de los accesorios y la comprobación de la estanqueidad del conjunto.

Unidad de medida

La partida será medida por unidad global (GLB), considerando el conjunto completo de válvulas de purga y sus accesorios instalados en el sistema.

Forma de pago

El pago se efectuará por unidad global (GLB), e incluirá el suministro, traslado, mano de obra, herramientas, accesorios y pruebas necesarias para la entrega operativa del sistema.

06.02.04. HIDRANTES DE PASO Y FIN

06.02.04.01.REPLANTEO DE OBRAS DE ARTE

Similar a 06.02.01.02. Replanteo de obras de arte

06.02.04.02.EXCAVACION CAJA CANAL MATERIAL SUELTO A MANO

Similar a 06.02.01.03. Excavación caja canal material suelto a mano

06.02.04.03.PREPARACION Y VACIADO Cº f'c 175 Kg/cm2

Similar a 06.02.01.05. Preparación y vaciado CºSº f'c=175kg/cm2

06.02.04.04.ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE OBRAS DE ARTE

Similar a 06.02.01.04 Encofrado y desencofrado de obras de arte

06.02.04.05.TARRAJEO CON MORTERO DE CEMENTO/ARENA 1:3 HASTA 1"

Descripción

Esta partida se refiere a la ejecución del tarrajeo en superficies de concreto, empleando mortero de cemento y arena en proporción 1:3, con un espesor máximo de hasta 1 pulgada. Se busca obtener un acabado uniforme, resistente y adecuado para proteger y revestir elementos estructurales o componentes expuestos.

Método de Ejecución

Previo al tarrajeo, se realizará la limpieza y humedecimiento de las superficies. Luego, se aplicará el mortero mediante procedimientos manuales, asegurando la adherencia y el acabado liso según lo indicado en los planos o especificaciones. La mezcla deberá prepararse con materiales de buena calidad, y el curado se hará adecuadamente para evitar fisuras o desprendimientos.

Unidad de medida

La medición se efectuará en metros cuadrados (m²), considerando las superficies efectivamente tarajeadas con el espesor especificado.

Forma de pago

El pago se realizará por metro cuadrado (m^2), e incluirá todos los materiales, herramientas, mano de obra, y actividades necesarias para la correcta ejecución del tarrajeo.

06.02.04.06.SUMINISTRO Y COLOC. DE ACCESORIOS PARA HIDRANTES PASANTE

$\varnothing 1''$

Descripción

Esta partida comprende el suministro e instalación de los accesorios necesarios para la implementación de hidrantes pasantes destinados a sistemas de riego, garantizando su correcto funcionamiento y durabilidad.

Método de Ejecución

La instalación se realiza siguiendo las especificaciones técnicas del proyecto, asegurando un correcto empalme, sellado y fijación de los accesorios en la red hidráulica. Previamente, se verifica la limpieza y alineación del punto de conexión para evitar posibles fugas o fallos operativos.

Unidad de medida

La medición se efectuará de manera global, considerando cada punto de conexión completamente implementado.

Forma de pago

El pago se realizará de manera global (GLB) incluyendo el suministro de los accesorios, la mano de obra, herramientas y todos los trabajos necesarios para su correcta instalación.

06.02.04.07.SUMINISTRO Y COLOC. DE ACCESORIOS PARA HIDRANTES PASANTE

$\varnothing 2''$

Similar a 06.02.04.07. Suministro y colocación de accesorios para hidrantes pasantes 1"

06.02.04.08.SUMINISTRO Y COLOC. DE ACCESORIOS PARA HIDRANTES PASANTE

Ø 4"

Similar a 06.02.04.07. Suministro y colocación de accesorios para hidrantes pasantes 1"

06.02.04.09.SUMINISTRO Y COLOC. DE ACCESORIOS PARA HIDRANTES FINAL Ø

1"

Similar a 06.02.04.07. Suministro y colocación de accesorios para hidrantes pasantes 1"

06.02.05. EQUIPO MOVIL

06.02.05.01.SUMINISTROS DE ACCESORIOS PARA QUIPO MOVIL

Descripción

Esta partida corresponde a la implementación de un sistema móvil de riego, comúnmente conocido como línea regante, el cual se conecta a los hidrantes dispuestos en la red hidráulica principal y secundaria. El sistema está compuesto por una manguera de polietileno de alta densidad y una serie de accesorios que permiten su conexión y funcionamiento adecuado con los aspersores.

El equipo móvil incluye conexiones, adaptadores, accesorios de empalme y elementos de soporte para asegurar su estabilidad y operatividad. Su instalación y distribución será realizada bajo la supervisión del ingeniero residente o personal técnico autorizado, quienes también se encargarán de capacitar a los usuarios finales en su uso y mantenimiento.

Forma de pago

El pago se efectuará por unidad global, e incluirá el suministro completo del sistema, su instalación y la capacitación correspondiente.

07. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

07.01. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Descripción

Esta partida contempla la ejecución de ensayos de resistencia a la compresión del concreto, con el objetivo de verificar que el material cumple con las especificaciones técnicas de diseño. Los ensayos se realizarán en especímenes cilíndricos o cúbicos previamente moldeados durante la ejecución de los trabajos de concreto.

Método de Ejecución

El procedimiento incluye la toma de muestras, curado, transporte al laboratorio autorizado y ensayo bajo condiciones controladas, siguiendo las normas técnicas vigentes. Los resultados serán documentados y entregados como parte del control de calidad de la obra.

Unidad de medida

La unidad de medida será por cada ensayo realizado.

Forma de pago

El pago se efectuará por ensayo conforme a lo especificado, e incluirá el costo del muestreo, curado, transporte, ejecución del ensayo y emisión del informe respectivo.

08. TRANSPORTE DE MATERIALES

08.01. FLETE TERRESTRE A PIE DE OBRA

Descripción

Esta partida contempla el traslado terrestre de materiales, equipos y herramientas necesarias para la ejecución de la obra de riego, desde el punto de acopio o proveedor hasta el lugar exacto de uso o almacenamiento dentro del área del proyecto.

Método de Ejecución

El transporte se realizará utilizando vehículos adecuados al tipo y volumen de carga, garantizando que los materiales lleguen en buenas condiciones y dentro de los plazos establecidos

en el cronograma de obra. Se tomarán las precauciones necesarias para evitar pérdidas, daños o deterioro durante el traslado.

Unidad de medida

La medición se realizará por unidad global, considerando todos los viajes requeridos para abastecer la obra.

Forma de pago

El pago se efectuará por unidad global, incluyendo los costos de combustible, personal, mantenimiento de vehículos, y cualquier otro gasto relacionado con el transporte terrestre hasta pie de obra.

09. CAPACITACION DE USO DEL SISTEMA DE RIEGO

09.01. CAPACITACION A LOS USUARIOS DEL MANEJO DEL SISTEMA DE RIEGO

Descripción

Esta partida comprende la organización y ejecución de actividades formativas dirigidas a los usuarios beneficiarios del sistema de riego, con el objetivo de asegurar su correcta operación, mantenimiento y manejo eficiente del recurso hídrico.

Método de Ejecución

La capacitación será brindada por el personal técnico especializado del proyecto, quienes emplearán métodos didácticos accesibles, utilizando materiales impresos, demostraciones prácticas y charlas informativas. Los temas incluirán el uso adecuado de las estructuras y accesorios, programación del riego, mantenimiento preventivo, y resolución básica de problemas.

Método de Medición

Se medirá por unidad global, considerando el número total de sesiones programadas y ejecutadas con la participación activa de los usuarios.

CAPITULO X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. CONCLUSIONES

- La propuesta de implementación del diseño del sistema de riego para el centro poblado de Parpacalla del distrito y provincia de Paucartambo ofrece una alternativa técnica y viable la cual está orientada a mejorar e incrementar la productividad agrícola del centro poblado de Parpacalla.
- El diseño esta adecuado a las condiciones topográficas, climáticas e hídricas del entorno, lo cual contribuye al uso eficiente del recurso hídrico disponible.
- El cálculo de la demanda de agua fue realizado con base a información climática actualizada, la cual garantiza que el volumen de agua proyectado sea suficiente para cubrir las necesidades de los cultivos propuesto sin comprometer el recurso hídrico a largo plazo
- Los cálculos hidráulicos desarrollados permiten garantizar la eficiencia del sistema en términos de conducción y distribución del agua, minimizando perdidas por fricción y asegurando presiones adecuadas en todos los puntos de uso.
- La elaboración del presupuesto y la programación de actividades proporciona una guía técnica y financiera clara para la ejecución del proyecto, facilitando su planificación, seguimiento y control durante la fase de implementación del sistema de riego del centro poblado de Parpacalla.

10.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda al ejecutor del proyecto que durante el desarrollo de las actividades se cumpla estrictamente con las especificaciones técnicas establecidas en el diseño, especialmente con la ejecución de actividades de la línea de conducción y distribución del agua.
- se aconseja revisar periódicamente la demanda de agua estimada, considerando posibles cambios en el clima, los cultivos y las prácticas agrícolas, con la finalidad de garantizar que el sistema de riego mantenga un suministro eficiente en el futuro.
- Se recomienda al ejecutor del proyecto promover la participación activa de los beneficiarios, para fortalecer el compromiso responsable del mantenimiento y conservación del sistema de riego.
- Se recomienda al ejecutor del proyecto seguir estrictamente las especificaciones del cálculo hidráulico durante la fase de ejecución.
- Se sugiere al ejecutor del proyecto emplear el presupuesto y la programación de actividades como herramientas clave para la planificación y control del proyecto. Además de realizar un seguimiento continuo del avance físico y financiero, con el objetivo de asegurar la eficiencia en el uso de los recursos y el cumplimiento de los plazos previstos.
- Se recomienda que, para el inicio de operaciones del sistema de riego, capacitar al comité de regantes para el buen funcionamiento del sistema de riego.

PANEL FOTOGRÁFICO

ESTUDIOS DE TOPOGRAFÍA		
1	 A surveyor wearing a red vest and white shirt stands next to a yellow total station mounted on a tripod. A red and white staff rod is held vertically behind them. The background shows a dry, hilly landscape.	Se muestra el equipo empleado para el trabajo de levantamiento topográfico en la zona del proyecto para la implementación del riego en el centro poblado de Parpacalla.
2	 A surveyor in a red vest and white shirt is crouching on a grassy, overgrown hillside, holding a red and white staff rod vertically. The terrain is uneven and covered in green vegetation.	Trabajos realizados para el levantamiento topográfico de la zona de captación en la microcuenca de Llulluchayoc
3	 A surveyor in a red vest and white shirt stands on a steep, dry hillside covered in sparse vegetation. The sky is cloudy.	Trabajos realizados en las zonas agrícolas para el levantamiento respectivo de las áreas de cultivo
4	 A surveyor in a green vest and white shirt is operating a yellow total station mounted on a tripod on a dry, hilly terrain. The background shows a range of hills under a cloudy sky.	Trabajos realizados por el personal de apoyo para los trabajos de levantamiento de puntos topográficos de las áreas de riego del centro poblado de Parpacalla

AFORO DE CAUDAL Y TOMA DE MUESTRA PARA EL ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUA

5		Se muestra los trabajos realizados para el aforo de agua en el lugar de la implementación de la captación para el sistema de riego.
6		Recolección de muestras de agua para el estudio respectivo de la calidad de agua, el cual será captado para abastecer el sistema de riego en el centro poblado de Parpacalla.

ESTUDIO DE SUELOS

7		Realización de calicatas para la toma de muestras y el respectivo estudio de suelos de la zona de captación.
8		Realización de calicatas para la toma de muestras en la zona donde se proyecta la construcción de un reservorio.

9		Realización de calicatas para el estudio de suelos de las muestras extraídas ubicadas en el sector de conducción de tuberías para el sistema de riego del centro poblado de Parpacalla.
10		Realización de calicatas para el estudio de suelos de las muestras extraídas ubicadas en el sector de conducción de tuberías para el sistema de riego del centro poblado de Parpacalla.
11		Lavado de muestras extraídas para su respectivo secado al horno y posterior análisis mediante ensayos seleccionados de acuerdo a la normativa E.050 Suelos y Cimentaciones
12		Colocación de la muestra en el juego de tamices para el estudio de suelos con el análisis granulométrico de la muestra de acuerdo a la NTP 339.128

13		<p>Uso de la máquina para el zarandeo correcto de la muestra de suelo para el análisis granulométrico respectivo</p>
14		<p>Se muestra el resultado obtenido del análisis granulométrico a la muestra extraída de la zona de estudio, el cual fue realizado en el laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la facultad de ingeniería civil.</p>
15		<p>se muestra el equipo a emplear para el desarrollo del estudio de suelos mediante el ensayo de consistencia de suelos para determinar el límite líquido, plástico e índice de plasticidad bajo la NTP 339.129</p>
16		<p>Preparación de la muestra de suelo para proceder con el ensayo de consistencia de suelos.</p>

17		<p>Desarrollo del ensayo de consistencia para determinar el límite líquido y plástico de la muestra de suelos</p>
18		<p>Finalización y toma de datos del ensayo realizado para determinar la consistencia de la muestra de suelo mediante el límite líquido y límite plástico</p>
19		<p>Equipo empleado para el desarrollo de estudio de suelos mediante el método estándar para el ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas.</p>
20		<p>Preparación de la muestra de suelo para el ensayo de corte en la máquina de corte realizado en el laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la facultad de ingeniería civil.</p>

21		<p>Colocación de la caja de corte con la muestra para comenzar con el ensayo respectivo de corte directo mediante la consolidación de la muestra, la cual deberá ser saturada por un espacio de 24 horas.</p>
22		<p>Apunte de datos para el respectivo análisis de los esfuerzos obtenidos mediante en ensayo de corte directo para la muestra de suelo.</p>
23		<p>Retiro de la muestra ensayada y apreciación del plano de corte en la muestra.</p>

ANEXOS

ANEXO I

Levantamiento Topográfico.

Número	Coordenadas		Elevación	Descripción
	Norte (N)	Este (E)	COTA (msnm)	
01	8531807.4	221793.18	3391.949	PT01
02	8531796.9	221807.5	3395.675	REF 01
03	8531788.8	221818.63	3400.682	Elevación
04	8531777.6	221834.66	3409.579	Elevación
05	8531767.2	221839	3413.761	Elevación
06	8531755.7	221842.31	3417.935	Captación
07	8531736.5	221838.18	3421.12	Captación
08	8531719	221830.67	3421.029	Captación
09	8531707.7	221823.26	3418.331	Captación
10	8531702.6	221819.95	3416.969	Captación
11	8531713.8	221803.99	3402.841	Captación
12	8531764.2	221767.57	3384.781	Captación
13	8531760.4	221716.03	3383.28	Captación
14	8531720.6	221748.01	3376.417	Captación
15	8531708.6	221767.4	3383.221	Captación
16	8531677.3	221776.7	3390.239	Captación
17	8531639.4	221769.28	3385.434	Captación
18	8531648.4	221754.87	3376.349	Captación
19	8531653.4	221755.58	3376.958	Captación
20	8531659.5	221756.98	3378.015	Captación
21	8531663.7	221757.03	3378.169	Captación
22	8531666.6	221755.26	3377.179	Captación
23	8531670.6	221754.16	3376.686	Captación
24	8531675.8	221751	3375.578	Captación
25	8531679.9	221749.87	3375.247	Captación
26	8531685.9	221746.98	3374.374	Captación
27	8531690.4	221741.75	3372.82	REF 2
28	8531693.5	221736.62	3371.421	Captación
29	8531697.6	221732.07	3370.517	Captación
30	8531699	221731.94	3370.667	Captación
31	8531704.7	221727.21	3370.212	Captación
32	8531706.9	221723.49	3369.681	Captación
33	8531711.1	221718.85	3369.442	Captación
34	8531714.1	221716.55	3369.633	Captación

Número	Coordenadas		Elevación	Descripción
	Norte (N)	Este (E)	COTA (msnm)	
35	8531718.1	221713.76	3370.773	Captación
36	8531721.7	221708.71	3372.164	Captación
37	8531721.7	221701.45	3372.591	Captación
38	8531722.1	221696.51	3373.01	Captación
39	8531722.4	221692.61	3373.375	Captación
40	8531722.8	221687.77	3373.845	Captación
41	8531718.1	221683.36	3372.058	Captación
42	8531714	221684.25	3370.345	Captación
43	8531712.6	221689.5	3369.723	Captación
44	8531708.4	221700.4	3368.362	Captación
45	8531703.9	221705.8	3367.168	Captación
46	8531700.6	221708.94	3366.427	Captación
47	8531694.8	221716.48	3365.425	Captación
48	8531685.8	221727.02	3367.139	Captación
49	8531680.4	221731.65	3368.082	Captación
50	8531677.7	221733.95	3368.776	Captación
51	8531670.5	221737.18	3369.853	Captación
52	8531665.8	221738.84	3370.373	Pendiente
53	8531659.4	221740.27	3370.752	Pendiente
54	8531649.4	221742.82	3371.465	Pendiente
55	8531641.5	221742.9	3371.269	Pendiente
56	8531639.6	221741.62	3370.766	Captación
57	8531645	221738.07	3369.418	Captación
58	8531656.9	221730.33	3366.675	Pendiente
59	8531664	221724.56	3364.573	Pendiente
60	8531665.2	221722.43	3363.755	Pendiente
61	8531669	221716.02	3361.512	Pendiente
62	8531672.1	221713.01	3361.074	Captación
63	8531674.3	221711.41	3360.939	Captación
64	8531676.4	221707.82	3360.547	Pendiente
65	8531683.4	221700.21	3361.126	Pendiente
66	8531686.7	221696.21	3361.688	Pendiente
67	8531690.7	221690.66	3362.493	Pendiente
68	8531692.9	221688.92	3363.087	Captación
69	8531694.8	221685.09	3363.498	Captación
70	8531696	221677.88	3363.651	Pendiente
71	8531697.4	221673.71	3364.288	Pendiente
72	8531698.8	221669.55	3365.017	Pendiente

Número	Coordenadas		Elevación	Descripción
	Norte (N)	Este (E)	COTA (msnm)	
73	8531699.4	221663.13	3365.573	Pendiente
74	8531699.8	221659.48	3365.922	Captación
75	8531701.6	221651.77	3367.308	Captación
76	8531702.7	221649.51	3368.172	Pendiente
77	8531701	221647.74	3367.206	Pendiente
78	8531698.7	221651.36	3365.639	Pendiente
79	8531694	221660.42	3362.796	Pendiente
80	8531691.4	221666.79	3361.578	Pendiente
81	8531687.6	221675.48	3360.236	Pendiente
82	8531681.4	221683.65	3358.585	Pendiente
83	8531675.4	221690.84	3357.791	Pendiente
84	8531672.5	221694.04	3357.736	Pendiente
85	8531670.1	221696.48	3357.73	Pendiente
86	8531666	221699.85	3357.747	Pendiente
87	8531663.5	221702.22	3357.936	Pendiente
88	8531658.3	221704.85	3357.956	Pendiente
89	8531654.8	221706.59	3358.076	Pendiente
90	8531652.8	221710.09	3358.981	Pendiente
91	8531650.2	221712.35	3359.539	Pendiente
92	8531644.4	221713.31	3359.519	Pendiente
93	8531639.8	221714	3359.687	Pendiente
94	8531633.4	221716.99	3361.034	Pendiente
95	8531629	221718.53	3361.74	Pendiente
96	8531627.7	221719.39	3362.108	Pendiente
97	8531622	221721.75	3363.146	Pendiente
98	8531619.4	221723.43	3363.849	Pendiente
99	8531615.4	221725.93	3364.882	Pendiente
100	8531611.1	221726.33	3365.111	Pendiente
101	8531605.6	221725.1	3364.739	Pendiente
102	8531603.6	221722.87	3364.17	Pendiente
103	8531602.7	221718.82	3362.843	Pendiente
104	8531602.1	221713.36	3361.057	Pendiente
105	8531603.7	221711.1	3359.901	Pendiente
106	8531604.2	221707.23	3358.426	REF 3
107	8531605.2	221705.36	3357.645	Pendiente
108	8531608.1	221702.2	3356.404	Pendiente
109	8531611.5	221700.98	3355.81	Pendiente
110	8531620.8	221699.21	3354.707	Pendiente

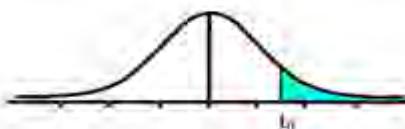
ANEXO III (ESTUDIO HIDROLÓGICO)

TABLA

T

STUDENT

Tabla t-Student

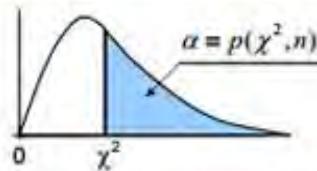


Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	8.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7838	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

50	0.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778
51	0.6793	1.2984	1.6753	2.0076	2.4017	2.6757
52	0.6792	1.2980	1.6747	2.0066	2.4002	2.6737
53	0.6791	1.2977	1.6741	2.0057	2.3988	2.6718
54	0.6791	1.2974	1.6736	2.0049	2.3974	2.6700
55	0.6790	1.2971	1.6730	2.0040	2.3961	2.6682
56	0.6789	1.2969	1.6725	2.0032	2.3948	2.6665
57	0.6788	1.2966	1.6720	2.0025	2.3936	2.6649
58	0.6787	1.2963	1.6716	2.0017	2.3924	2.6633
59	0.6787	1.2961	1.6711	2.0010	2.3912	2.6618
60	0.6786	1.2958	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603
61	0.6785	1.2956	1.6702	1.9996	2.3890	2.6589
62	0.6785	1.2954	1.6698	1.9990	2.3880	2.6575
63	0.6784	1.2951	1.6694	1.9983	2.3870	2.6561
64	0.6783	1.2949	1.6690	1.9977	2.3860	2.6549
65	0.6783	1.2947	1.6686	1.9971	2.3851	2.6536
66	0.6782	1.2945	1.6683	1.9966	2.3842	2.6524
67	0.6782	1.2943	1.6679	1.9960	2.3833	2.6512
68	0.6781	1.2941	1.6676	1.9955	2.3824	2.6501
69	0.6781	1.2939	1.6672	1.9949	2.3816	2.6490
70	0.6780	1.2938	1.6669	1.9944	2.3808	2.6479
71	0.6780	1.2936	1.6666	1.9939	2.3800	2.6469
72	0.6779	1.2934	1.6663	1.9935	2.3793	2.6458
73	0.6779	1.2933	1.6660	1.9930	2.3785	2.6449
74	0.6778	1.2931	1.6657	1.9925	2.3778	2.6439
75	0.6778	1.2929	1.6654	1.9921	2.3771	2.6430
76	0.6777	1.2928	1.6652	1.9917	2.3764	2.6421
77	0.6777	1.2926	1.6649	1.9913	2.3758	2.6412
78	0.6776	1.2925	1.6646	1.9908	2.3751	2.6403
79	0.6776	1.2924	1.6644	1.9905	2.3745	2.6395
80	0.6776	1.2922	1.6641	1.9901	2.3739	2.6387
81	0.6775	1.2921	1.6639	1.9897	2.3733	2.6379
82	0.6775	1.2920	1.6636	1.9893	2.3727	2.6371
83	0.6775	1.2918	1.6634	1.9890	2.3721	2.6364
84	0.6774	1.2917	1.6632	1.9886	2.3716	2.6356
85	0.6774	1.2916	1.6630	1.9883	2.3710	2.6349
86	0.6774	1.2915	1.6628	1.9879	2.3705	2.6342
87	0.6773	1.2914	1.6626	1.9876	2.3700	2.6335
88	0.6773	1.2912	1.6624	1.9873	2.3695	2.6329
89	0.6773	1.2911	1.6622	1.9870	2.3690	2.6322
90	0.6772	1.2910	1.6620	1.9867	2.3685	2.6316
91	0.6772	1.2909	1.6618	1.9864	2.3680	2.6309
92	0.6772	1.2908	1.6616	1.9861	2.3676	2.6303
93	0.6771	1.2907	1.6614	1.9858	2.3671	2.6297
94	0.6771	1.2906	1.6612	1.9855	2.3667	2.6291
95	0.6771	1.2905	1.6611	1.9852	2.3662	2.6286
96	0.6771	1.2904	1.6609	1.9850	2.3658	2.6280
97	0.6770	1.2903	1.6607	1.9847	2.3654	2.6275
98	0.6770	1.2903	1.6606	1.9845	2.3650	2.6269
99	0.6770	1.2902	1.6604	1.9842	2.3646	2.6264
100	0.6770	1.2901	1.6602	1.9840	2.3642	2.6259
∞	0.6745	1.2816	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758

TABLA DE DISTRIBUCIÓN CHI-CUADRADO

$$\alpha = p(\chi^2, n) = \int_{\chi^2}^{\infty} \frac{1}{2\Gamma(n/2)} \left(\frac{\chi^2}{2} \right)^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{\chi^2}{2}} d\chi^2$$



n	α	0,995	0,990	0,975	0,950	0,900	0,750	0,500	0,250	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005	α	n
1	0,00004	0,00016	0,00098	0,00393	0,01579	0,10153	0,45494	1,32330	2,70554	3,84146	5,02389	6,63490	7,87944		1	
2	0,01003	0,02010	0,05064	0,10259	0,21072	0,57538	1,38629	2,77259	4,60517	5,99146	7,37776	9,21034	10,5966		2	
3	0,07172	0,11483	0,21579	0,35185	0,58438	1,21253	2,30597	4,10835	6,25139	7,81473	9,34840	11,3449	12,8382		3	
4	0,20699	0,29711	0,48442	0,71072	1,06362	1,92256	3,35669	5,38527	7,77944	9,48773	11,1433	13,2767	14,8603		4	
5	0,41174	0,55430	0,83122	1,14548	1,61031	2,67460	4,35148	6,62568	9,23636	11,0705	12,8325	15,0863	16,7496		5	
6	0,67573	0,87209	1,23734	1,80538	2,20413	3,45460	5,34812	7,84080	10,6448	12,5916	14,4494	16,8119	18,5476		6	
7	0,98262	1,23904	1,68986	2,16735	2,83311	4,25485	6,34581	9,03715	12,0170	14,0671	16,0128	18,4753	20,2777		7	
8	1,34441	1,64650	2,17973	2,73264	3,48954	5,07084	7,34412	10,2189	13,3816	15,5073	17,5345	20,0902	21,9550		8	
9	1,73491	2,08789	2,70039	3,32512	4,16818	5,99883	8,34283	11,3888	14,6837	16,9190	19,0228	21,6660	23,5894		9	
10	2,15586	2,55821	3,24697	3,94030	4,86518	7,37202	9,34182	12,5489	15,9872	18,3070	20,4832	23,2093	25,1882		10	
11	2,60321	3,05349	3,81575	4,57481	5,57778	7,58414	10,3410	13,7007	17,2750	19,6751	21,9200	24,7250	26,7568		11	
12	3,07382	3,57057	4,40379	5,22603	6,30380	8,43842	11,3403	14,8454	18,5493	21,0261	23,3367	26,2170	28,2995		12	
13	3,56507	4,10692	5,00875	5,89186	7,04150	9,29907	12,3398	15,9839	19,8119	22,3620	24,7356	27,6882	29,8195		13	
14	4,07487	4,66043	5,62873	6,57063	7,78953	10,1653	13,3393	17,1169	21,0641	23,6848	26,1189	29,1412	31,3193		14	
15	4,60092	5,22935	6,26214	7,26094	8,54676	11,0365	14,3389	18,2451	22,3071	24,9958	27,4884	30,5779	32,8013		15	
16	5,14221	5,81221	6,90766	7,96165	9,31224	11,9122	15,3385	19,3689	23,5418	26,2962	28,8454	31,9999	34,2672		16	
17	5,69722	6,40776	7,58419	8,67178	10,0852	12,7919	16,3382	20,4887	24,7690	27,5871	30,1910	33,4087	35,7185		17	
18	6,26480	7,01491	8,23075	9,39046	10,8649	13,6753	17,3379	21,6049	25,9894	28,8693	31,5264	34,8053	37,1565		18	
19	6,84397	7,63273	9,80652	10,1170	11,6509	14,5620	18,3377	22,7178	27,2036	30,1435	32,8523	36,1909	38,5823		19	
20	7,43384	8,26040	9,59078	10,8508	12,4426	15,4518	19,3374	23,8277	28,4120	31,4104	34,1696	37,5662	39,9968		20	
21	8,03365	8,89720	10,2829	11,5913	13,2396	16,3444	20,3372	24,9348	29,6151	32,6706	35,4789	38,9322	41,4011		21	
22	8,64272	9,54249	10,9823	12,3380	14,0415	17,2396	21,3370	26,0393	30,8133	33,9244	36,7807	40,2894	42,7957		22	
23	9,26042	10,1957	11,6886	13,0905	14,8480	18,1373	22,3369	27,1413	32,0069	35,1725	38,0758	41,6384	44,1813		23	
24	9,88623	10,8564	12,4012	13,8484	15,65887	19,0373	23,3367	28,2412	33,1962	38,4150	39,3641	42,9798	45,5585		24	
25	10,5197	11,5240	13,1197	14,6114	16,4734	19,9093	24,3368	29,3389	34,3816	37,8525	40,6465	44,3141	46,9279		25	
26	11,1602	12,1981	13,8439	15,3792	17,2919	20,8434	25,3365	30,4346	35,5632	38,8851	41,9232	45,6417	48,2899		26	
27	11,8076	12,8785	14,5734	16,1514	18,1139	21,7494	26,3363	31,5284	36,7412	40,1133	43,1945	46,9629	49,6449		27	
28	12,46113	13,5847	15,3079	16,9279	18,9392	22,6572	27,3362	32,6205	37,9159	41,3371	44,4608	48,2782	50,9934		28	
29	13,1211	14,2565	16,0471	17,7084	19,7677	23,5686	28,3361	33,7109	39,0875	42,5570	45,7223	49,5879	52,3356		29	
30	13,7867	14,9535	16,7908	18,4927	20,5992	24,4776	29,3360	34,7997	40,2560	43,7730	46,9792	50,8922	53,6720		30	
32	15,1340	16,3622	18,2908	20,0719	22,2706	26,3041	31,3359	36,9730	42,5847	46,1943	49,4804	53,4858	56,3281		32	
34	15,5013	17,7891	19,8063	21,6643	23,9523	28,1361	33,3357	39,1406	44,9032	48,8024	51,9660	56,0609	58,9639		34	
36	17,8867	19,2327	21,3359	23,2686	25,6433	29,9730	35,3356	41,3036	47,2122	50,9985	54,4373	58,6192	61,5812		36	
38	19,2889	20,6914	22,8785	24,68839	27,3430	31,8148	37,3355	43,4619	49,5126	53,3835	58,8955	61,1621	64,1814		38	
40	20,7065	22,1643	24,4330	26,5093	29,0505	33,6603	39,3353	45,8160	51,8051	55,7585	59,3417	63,6907	66,7660		40	
42	22,1385	23,6501	25,9987	28,1440	30,7654	35,5099	41,3352	47,7663	54,0902	58,1240	61,7768	66,2062	69,3360		42	
44	23,5837	25,1480	27,5746	29,7875	32,4871	37,3631	43,3352	49,9129	56,3685	60,4809	64,2015	68,7095	71,8926		44	
46	25,0413	26,6572	29,1601	31,4390	34,2152	39,2197	45,3351	52,0562	58,6405	62,8296	66,6165	71,2014	74,4365		46	
48	26,5106	28,1770	30,7545	33,0981	35,9491	41,0794	47,3350	54,1964	60,9068	65,1708	69,0226	73,6826	76,9688		48	
50	27,9907	29,7067	32,3574	34,7643	37,6688	42,9421	49,3349	56,3336	63,1671	67,5048	71,4202	76,1539	79,4900		50	
55	31,7348	33,5705	36,3981	38,9580	42,0598	47,6105	54,3348	61,6650	68,7962	73,3115	77,3805	82,2921	85,7490		55	
60	35,5345	37,4849	40,4817	43,1880	46,4589	52,2938	59,3347	66,9815	74,3970	79,0819	83,2977	88,3794	91,9517		60	
65	39,3831	41,4436	44,6030	47,4494	50,8829	56,9903	64,3345	72,2848	79,9730	84,8206	89,1771	94,4221	98,1051		65	
70	43,2752	45,4417	48,7576	51,7393	55,3289	61,6983	69,3345	77,5767	85,5270	90,5312	95,0232	100,4225	104,215		70	
75	47,2060	49,4750	52,9419	56,0541	59,7948	66,4168	74,3344	82,8581	91,0615	96,2167	100,839	106,393	110,286		75	
80	51,1719	53,5401	57,1532	60,3915	64,2778	71,1445	79,3343	88,1303	96,5782	101,879	106,829	112,329	116,321		80	
85	55,1696	57,6339	61,3888	64,7494	68,7772	75,8807	84,3343	93,3939	102,079	107,522	112,393	118,236	122,325		85	
90	59,1963	61,7541	65,8466	69,1260	73,2911	80,6247	89,3342	98,8499	107,565	113,145	118,136	124,116	128,299		90	
95	63,2496	65,8984	69,9249	73,5198	77,8184	85,3757	94,3342	103,899	113,038	118,752	123,858	129,973	134,247		95	
100	67,3276	70,0649	74,2219	77,9295	82,3581	90,1332	99,3341	109,141	118,498	124,342	129,561	135,807	140,169		100	
110	75,5268	78,4435	82,8616	86,7916	91,4748	99,6704	109,3335	119,604	129,380	135,478	140,919	147,427	151,971		110	
120	83,8293	86,9091	91,5675	95,7047	100,627	109,224	119,335	130,051	140,228	146,565	152,214	158,962	163,670		120	
130	92,2010	95,4375	100,326	104,662	109,814	118,798	129,334	140,479	151,041	157,608	163,456	170,435	175,299		130	
140	100,634	104,021	109,132	113,659	119,033	128,384	139,334	150,890	161,823	168,611	174,650	181,852	186,867		140	
150	109,122	112,655	117,980	122,692	128,278	137,987	149,334	161,288	172,577	179,579	185,803	193,219	198,380		150	
160	117,660	121,333	126,868	131,756	137,549	147,602	159,334	171,672	183,307	190,515	196,918	204,541	209,843		160	
170	126,243	130,053	135,786	140,849	146,842	157,230	169,334	182,044	194,013	201,422	207,998	215,822	221,261		170	
180	134,866	138,809	144,737	149,969	156,156	166,869	179,334	192,405	204,700	212,302	219,047	227,066	232,638		180	
190	143,528	147,599	153,717	159,113	165,488	176,517	189,334	202,757	215,367	223,159	230,067	238,276	243,977		190	
200	152,224															

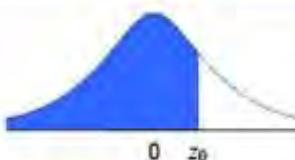
TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR (ACUMULADA)

μ = Media

σ = Desviación típica

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

$$\text{Tipificación: } z_0 = \frac{x - \mu}{\sigma}$$



z_0	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	z_0
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359	0,0
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753	0,1
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141	0,2
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517	0,3
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879	0,4
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224	0,5
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549	0,6
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852	0,7
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133	0,8
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389	0,9
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621	1,0
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830	1,1
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015	1,2
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177	1,3
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319	1,4
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441	1,5
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545	1,6
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633	1,7
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706	1,8
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767	1,9
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817	2,0
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857	2,1
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890	2,2
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916	2,3
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936	2,4
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952	2,5
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964	2,6
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	2,7
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981	2,8
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986	2,9
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900	3,0
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929	3,1
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950	3,2
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965	3,3
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976	3,4
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983	3,5
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989	3,6
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992	3,7
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995	3,8
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997	3,9

$1-\alpha$	90%	92%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
α	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
$z_{\alpha/2}$	1,645	1,751	1,881	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576
z_α	1,282	1,405	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Siendo:

$1-\alpha$ = Nivel de confianza

α = Nivel de significación

Coefficientes de escorrentía para ser utilizados en el Método Racional

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
AREAS URBANAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente Superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
AREAS NO DESARROLLADAS							

Área de Cultivos							
Plano 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente Superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

RADIACION EXTRATERRESTRE DIARIA (RMD) EXPRESADA EN EQUIVALENTE DE EVAPOTRANSPIRACION (mm/dia)
PARA DIFERENTES LATITUDES Y MESES

LATITUD SUR	MESES											
	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
0	14.1	15.6	15.3	15.4	15.1	14.8	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9
2	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5
4	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2
6	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8
8	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4
10	12.4	13.5	14.8	15.8	16.2	16.2	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0
12	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6
14	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2
16	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8
18	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4
20	10.4	12.0	12.9	15.8	17.0	17.4	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0

Fuente: Manual de riego por aspersión en los andes IMA

REFERENCIAS

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (Estudio FAO Riego y Drenaje N° 56). FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>
- Autoridad Nacional del Agua. (2022). *Reporte de disponibilidad hídrica en la región Cusco*. <https://www.ana.gob.pe>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Guía para la formulación de estudios de aprovechamiento hidrico.* Autoridad Nacional del Agua – ANA. <https://www.ana.gob.pe/>
- Banco Central de Reserva del Perú. (2022). *Informe Económico Regional - Cusco*. <https://www.bcrp.gob.pe>
- Barry, R. G., & Chorley, R. J. (2009). *Atmosphere, Weather and Climate* (9th ed.). Routledge. <https://www.routledge.com/Atmosphere-Weather-and-Climate/Barry-Chorley/p/book/9780415465700>
- Centro de Investigación y Capacitación para el Desarrollo Agrario. (2021). *Eficiencia de los sistemas de riego tecnificado en comunidades andinas*. <https://www.cicda.org>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2023*. <https://www.inei.gob.pe>
- Instituto Tecnológico Agrario. (2020). *Evapotranspiración potencial (ETP)*. <https://es.slideshare.net/slideshow/clase-10-evapotranspiracion/55118748>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1992). *Crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24)*. FAO. <https://www.fao.org/>

Kilimo. (s. f.). 4 aspectos claves: El coeficiente de cultivo.

<https://academiaderiego.kilimo.com/informe-cuatro-aspectos-claves-del-coeficiente-de-cultivo/>

Ministerio de Agricultura. (2000, enero). *Formas de tierra y clases de pendientes del departamento de Cajamarca.*

<https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/1450/ANA0000190.pdf>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). *Análisis de la productividad agrícola en regiones altoandinas.* <https://www.midagri.gob.pe>

Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). *Manual de riego: criterios técnicos para el diseño de obras de captación y distribución.* Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI).
<https://www.gob.pe/minagri>

Novoa, R. (1991). *Ingeniería de Ríos.* Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH).

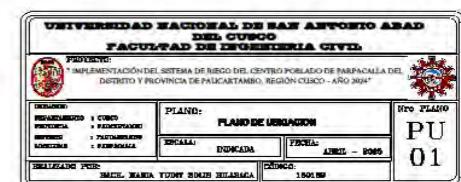
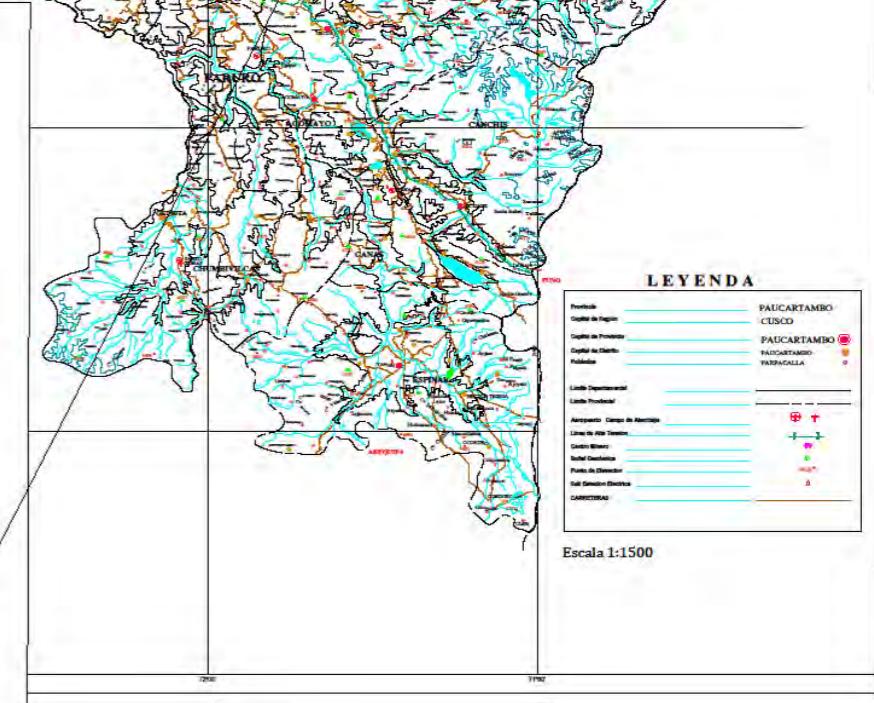
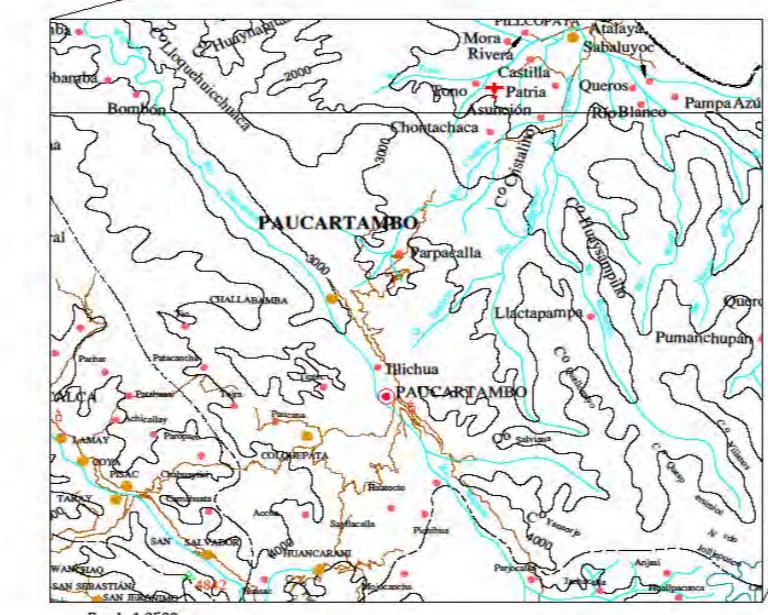
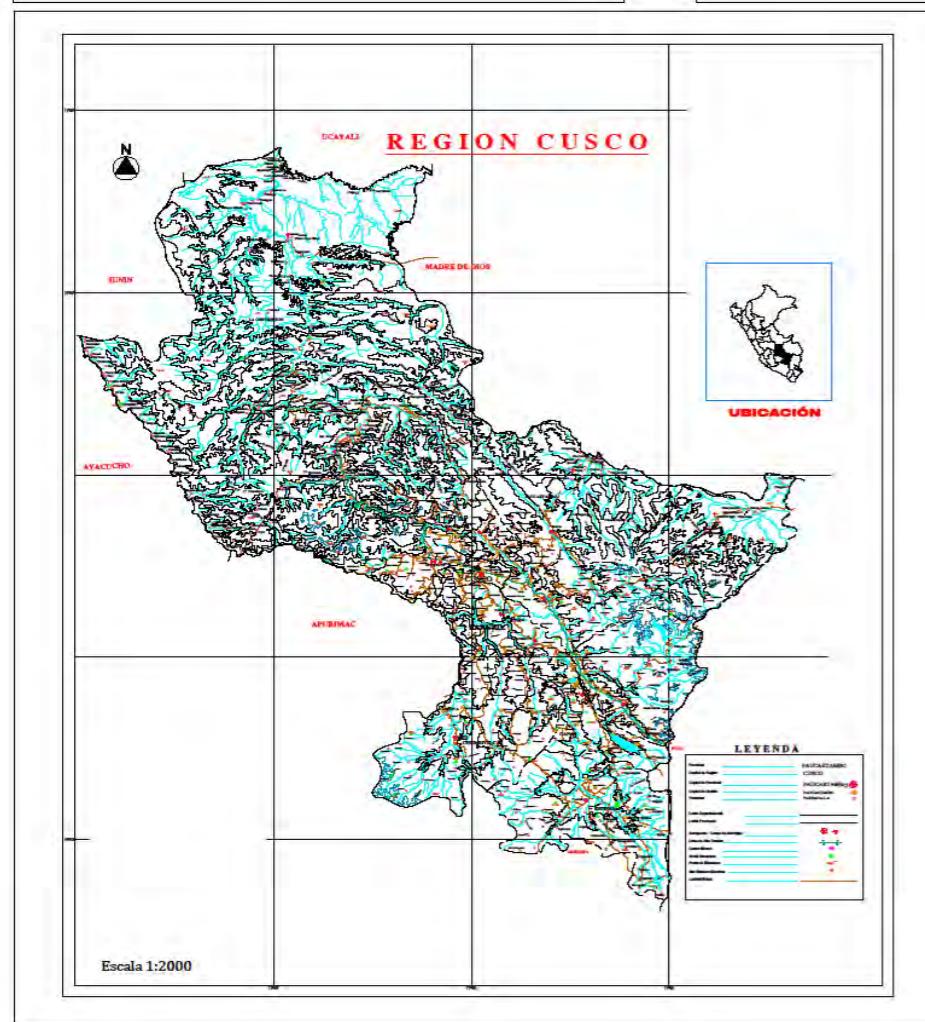
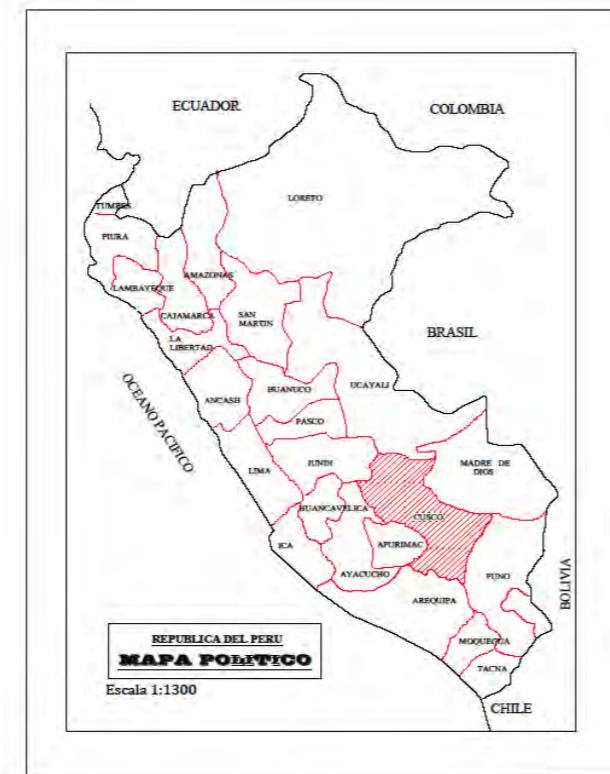
Pérez, J. (2004). *Riego agrícola: Fundamentos y tecnología* (p. 155). Editorial Mundi-Prensa.

Portal Frutícola. (2016, agosto 14). ¿Qué es el coeficiente de cultivo (Kc) en riego? Valores por especie. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/08/14/que-es-le-coeficiente-de-cultivo-kc-en-riego-valores-por-especie/>

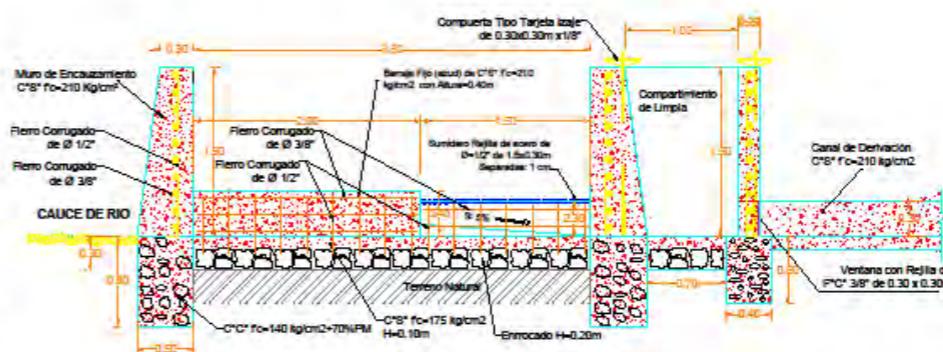
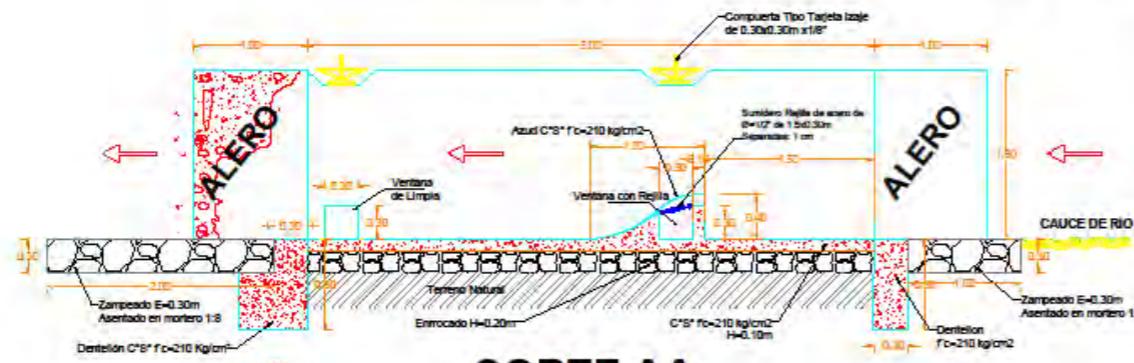
Rodríguez, M. (2018). *Riego por aspersión: Características y aplicaciones.* Universidad Politécnica de Valencia. <https://www.upv.es>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2020). *Reporte de condiciones secas y húmedas en el Perú - Año hidrológico 2020-2021.* SENAMHI.
<https://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/reporte-condiciones-secas-2020-2021-DAM.pdf>

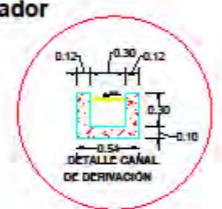
Ministerio del Ambiente. (2018). Lineamientos para la determinación del caudal ecológico en
ecosistemas acuáticos continentales. Ministerio del Ambiente – MINAM.
<https://www.gob.pe/minam>



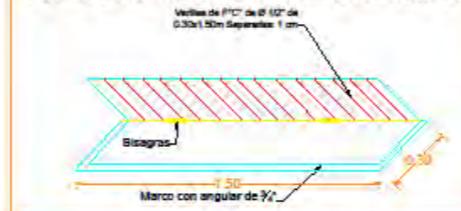
CAPTACION TIPO TIROLESA MIXTO



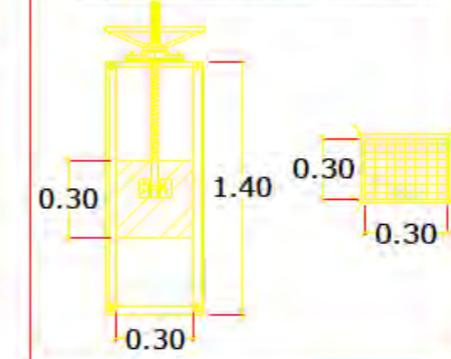
Conexión Captación Desarenador



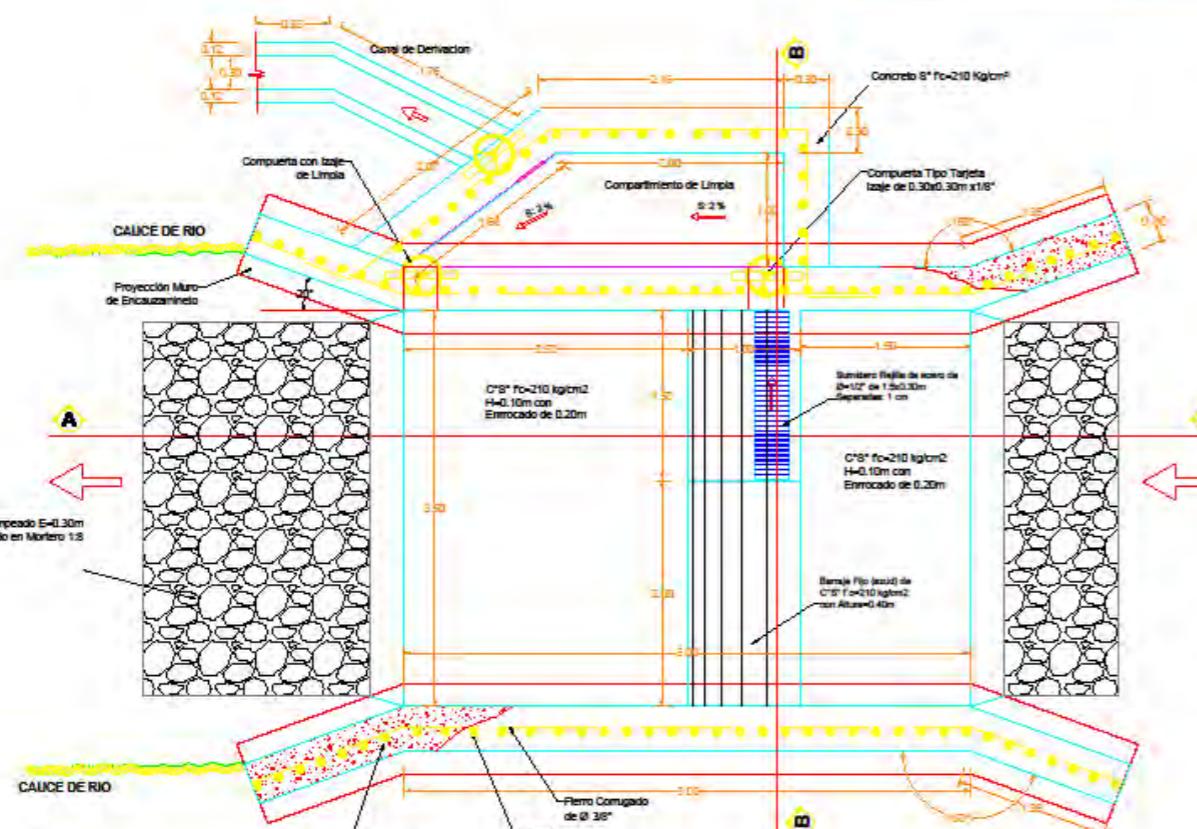
SUMIDERO VERTEDOR DE CAPTACIÓN



COMPUERTA IZAJE Y REJILLA



- ACCESORIOS**
- 01 Rejilla de sumidero de 1.50x0.30m con acero 1/2" despegable
 - 03 Compuerta tipo tarjeta roscada de 0.30x0.30m H=1.40m
 - 01 Rejilla de 0.30x0.30m con acero de 3/8"
 - 03 Candados



DESCRIPCION	DETALLE FIERROS	#	CANTIDAD	# DE ELEMENTOS	LONGITUD ELEMENTOS	LONGITUD DE FIERROS POR ML.
L1	PERIMETRAL PROYECTO LATERAL	36	1.00	13.00	7.70	263.20
L2	PERIMETRAL EN ALTO ULTRASUELO Y COMPARTIMENTO	12	0.00	37.00	2.00	148.00
L3	PERIMETRAL EN ALTO DE COMPARTIMENTO LATERAL	36	1.00	15.00	8.30	165.00

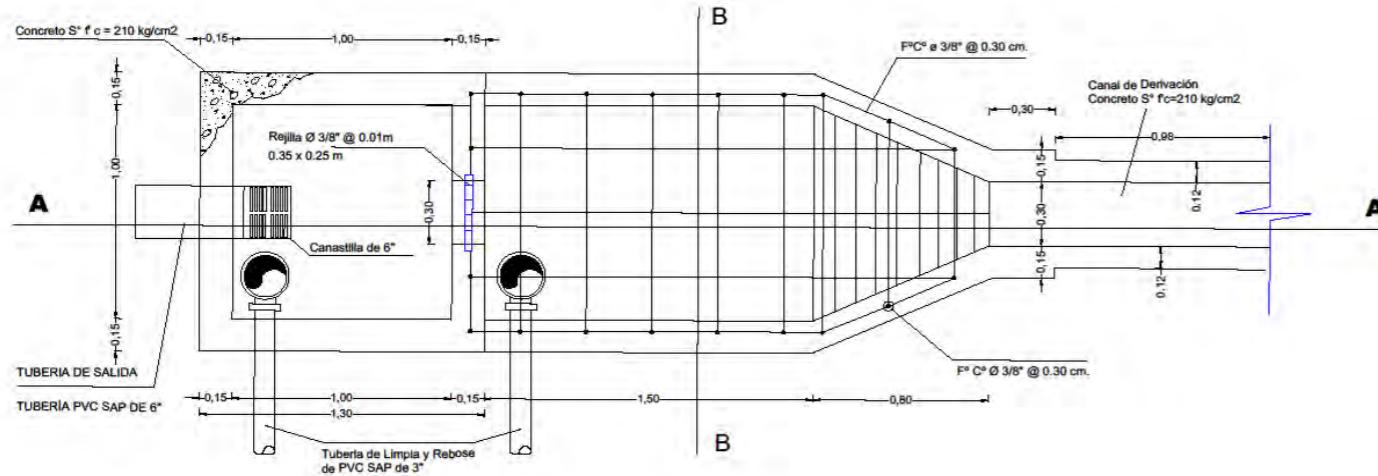
PESO EN KILOGRAMOS POR METRO LINEAL: 0.04 0.59 1.02 0.00
LONGITUD TOTAL POR DIÁMETRO EN ML.: 0.00 285.20 148.00 0.00
TOTAL EN KILOGRAMOS POR DIÁMETROS: 0.00 14.8 151.00 0.00
TOTAL EN KILOGRAMOS EN CAPTACION: Kg 384.80

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO Poblado de PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024"	UNICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : PAUCARTAMBO DISTRITO : PAUCARTAMBO LOCALIDAD : PARPACALLA	PLANO: PLANO DE BOCEMA	Nro PLANO PB 01
ESCALA: INDICADA	FECHA: ABRIL - 2026	CÓDIGO: 160189	
REALIZADO POR: BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA			

DESARENADOR Y CAMARA DE CARGA



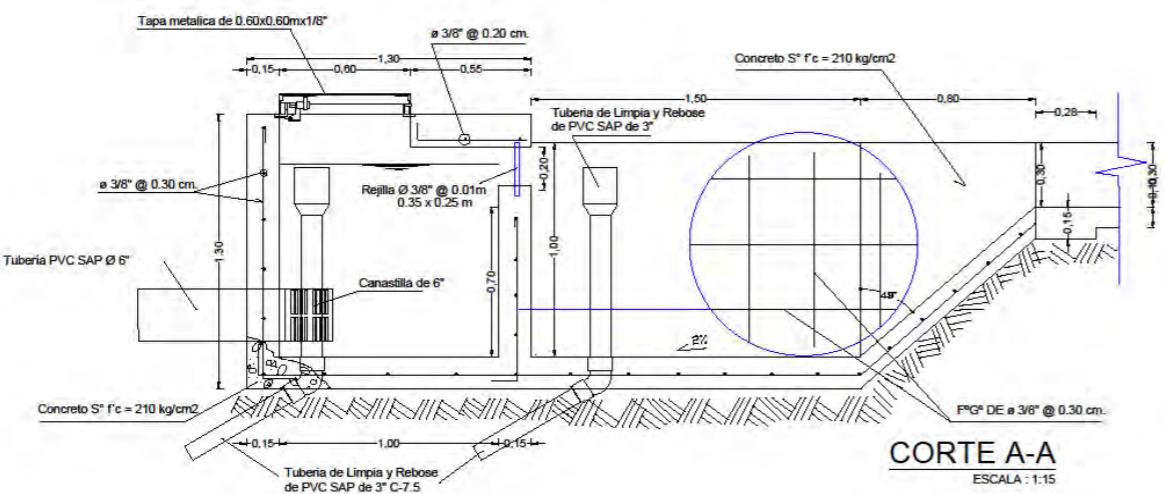
The diagram shows a rectangular frame divided into a 4x4 grid of smaller rectangles. The total width is 1.00, and the total height is 0.36. A diagonal line labeled "LA DE a 3/8" @ 0.20 cm" extends from the top-left corner to the midpoint of the top edge. The top edge has a total length of 0.60, with segments of 0.15, 0.40, and 0.15. The bottom edge has a total length of 0.40, with segments of 0.15, 0.15, and 0.15. The left edge has a total length of 0.36, with segments of 0.15, 0.20, and 0.15. The right edge has a total length of 0.15, with segments of 0.15 and 0.15.

ARMADURA DE LA LOSA SUPERIOR

ESCALA: 1:15

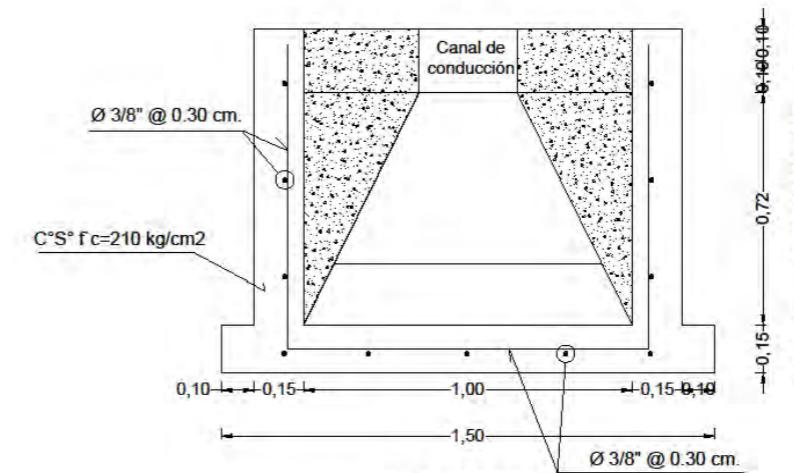
PLANTA DESARENADOR

ESCALA : 1:1



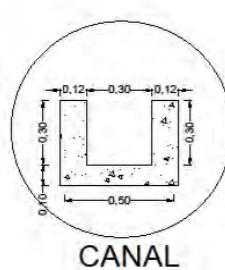
CORTE A-A

ESCALA : 1:15



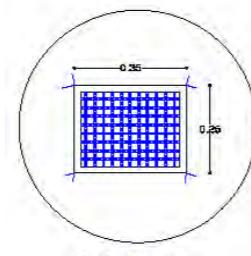
CORTE B-B

ESCALA: 1:10



CANAL

ESCALA:1



REJILLA

Ø 3/8" x 3/8" @ 0.01

ACCESORIOS:

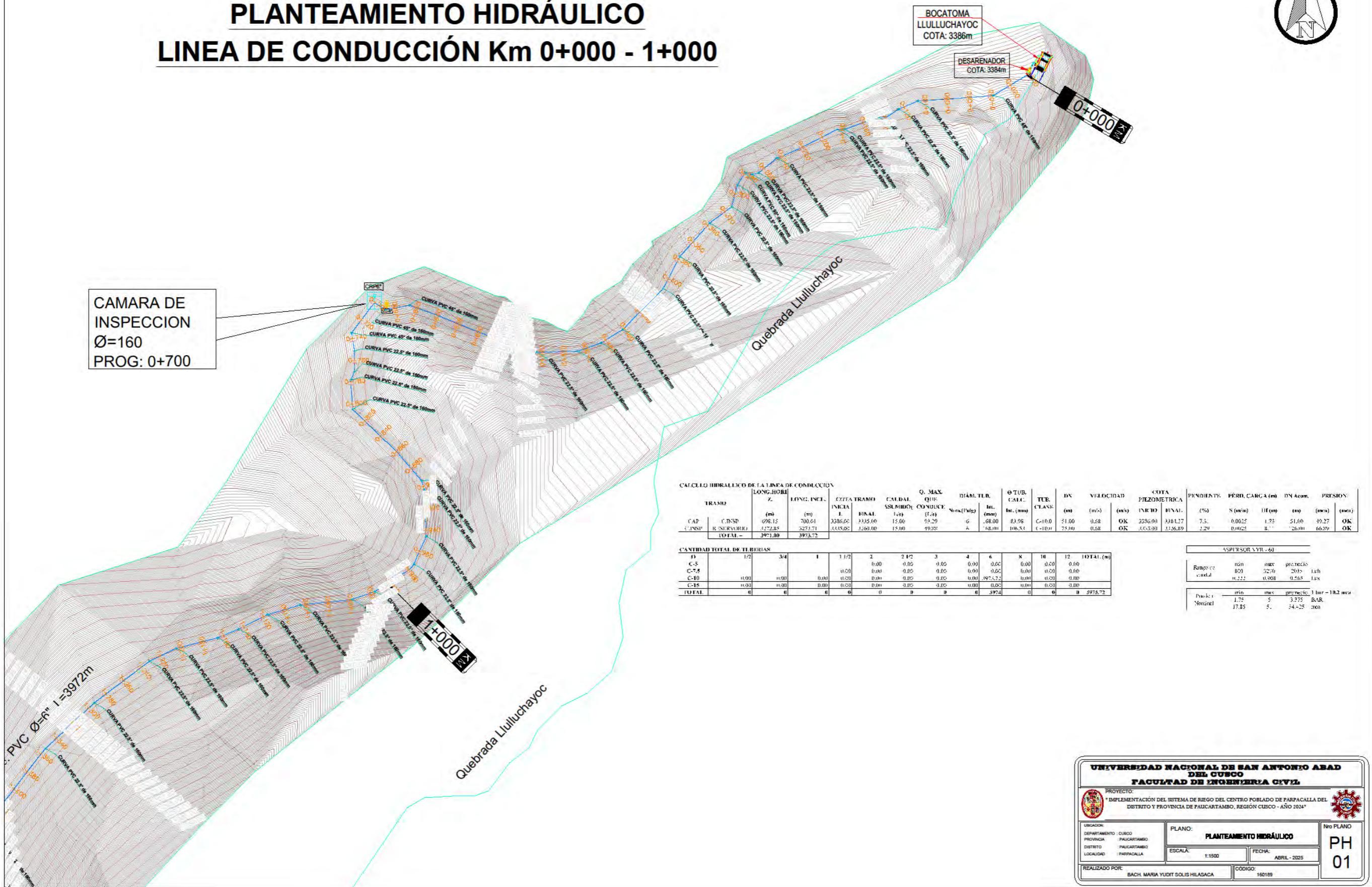
- 01 Canastilla PVC SAP de 6"
 - 02 Codo PVC SAP de 3" x 90°
 - 01 Rejilla 0.35x0.25 de Ø=3/8" @1cm
 - 01 Tapa Metalica de 0.60x0.60x1/8"
 - 01 Candado de 50mm
 - 10m Tuberia PVC SAP de 3"
 - 3m Tubería PVC SAP de 6"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
 PROYECTO: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO Poblado DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGION CUSCO - AÑO 2014*	
	
UBICACION: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : PAUCARTAMBO DISTRITO : PAUCARTAMBO LOCALIDAD : PARPACALLA	PLANO: PLANO DE DESBORDADOR - CAMARA DE CARGA ESCALA: INDICADA FECHA: ABRIL-2025 Nro PLANO D-C 01
REALIZADO POR: BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA	CODIGO: 160189



PLANTEAMIENTO HIDRÁULICO

LINEA DE CONDUCCIÓN Km 0+000 - 1+000

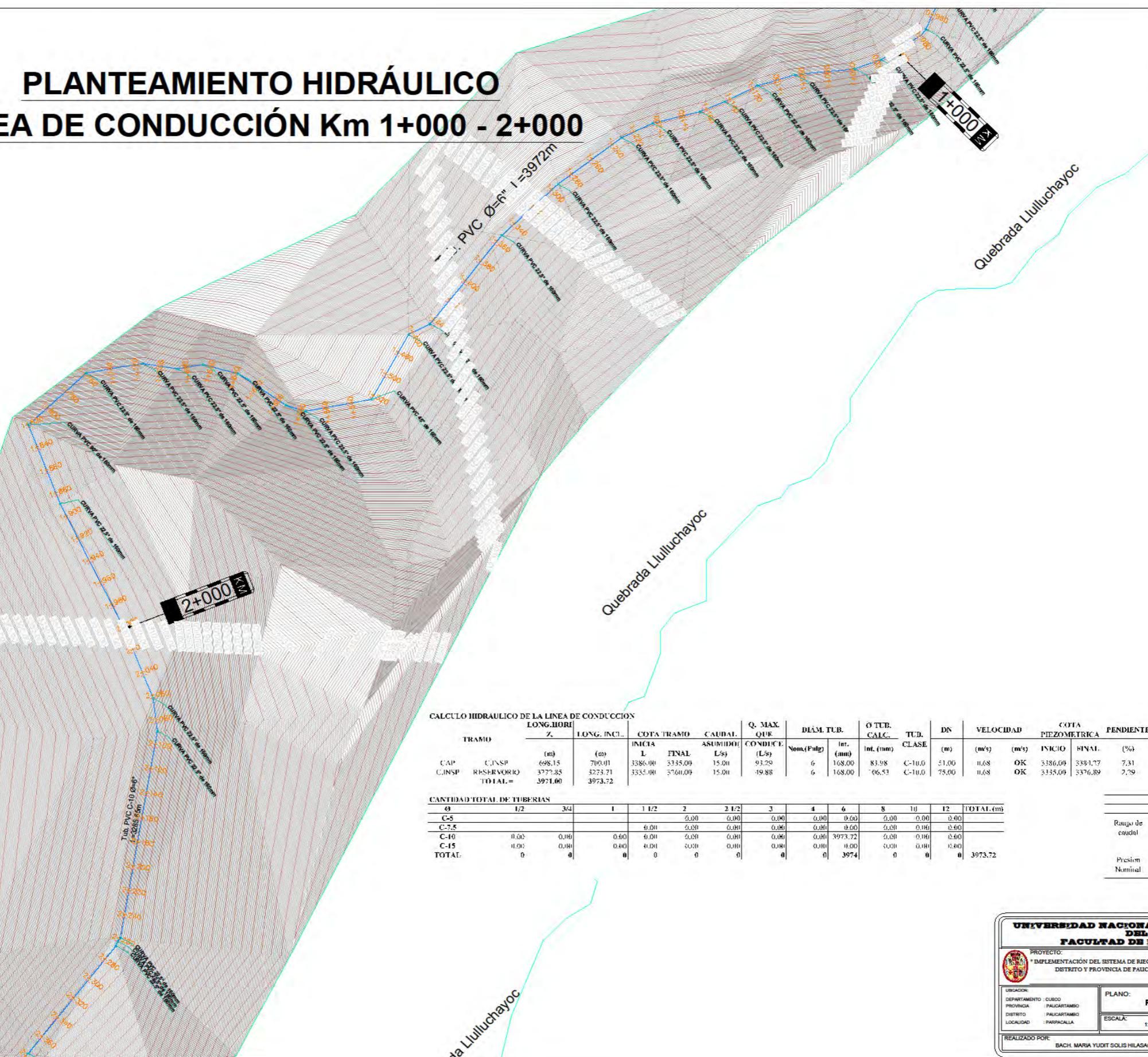


PLANTEAMIENTO HIDRÁULICO

LINEA DE CONDUCCIÓN Km 1+000 - 2+000



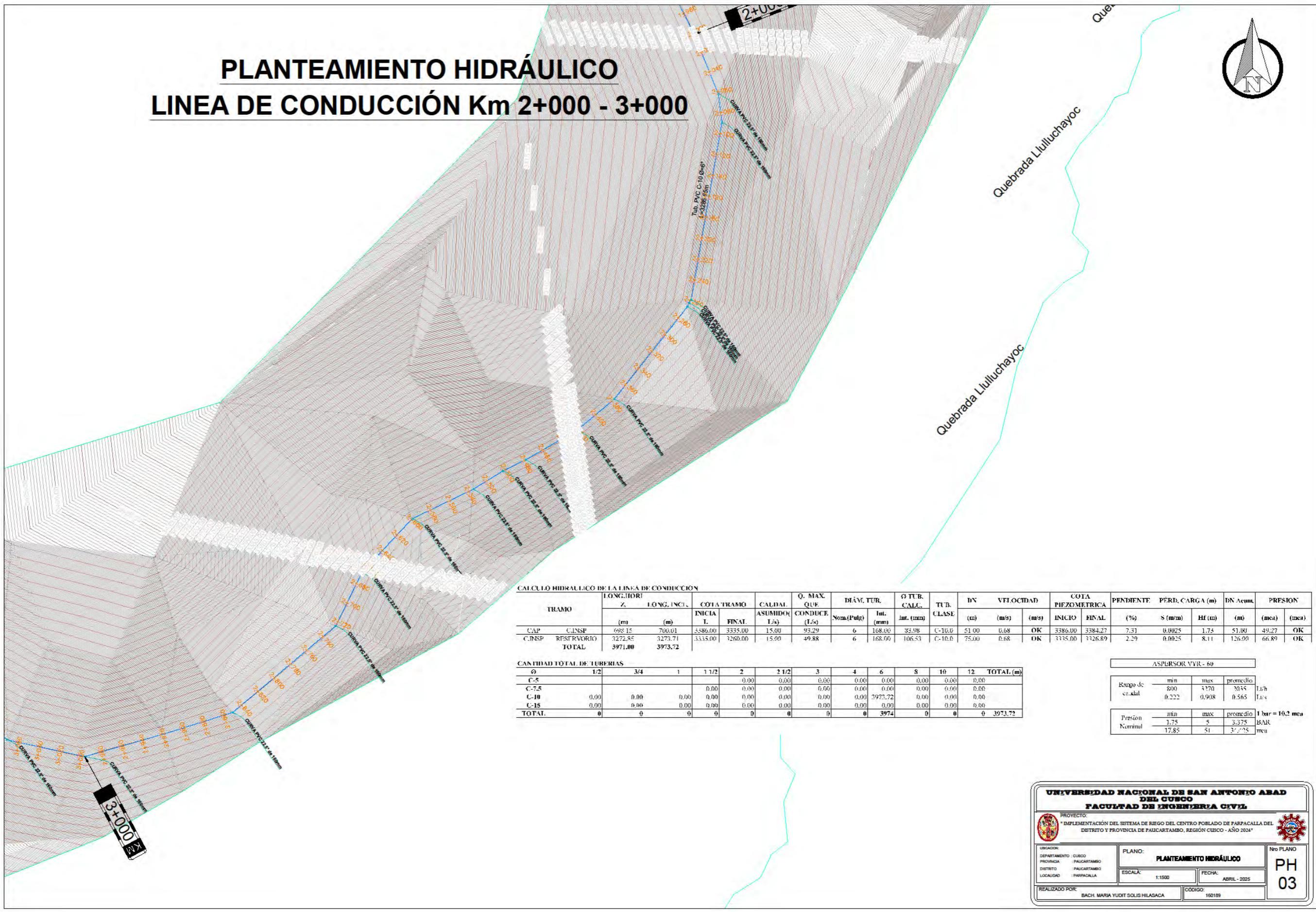
212

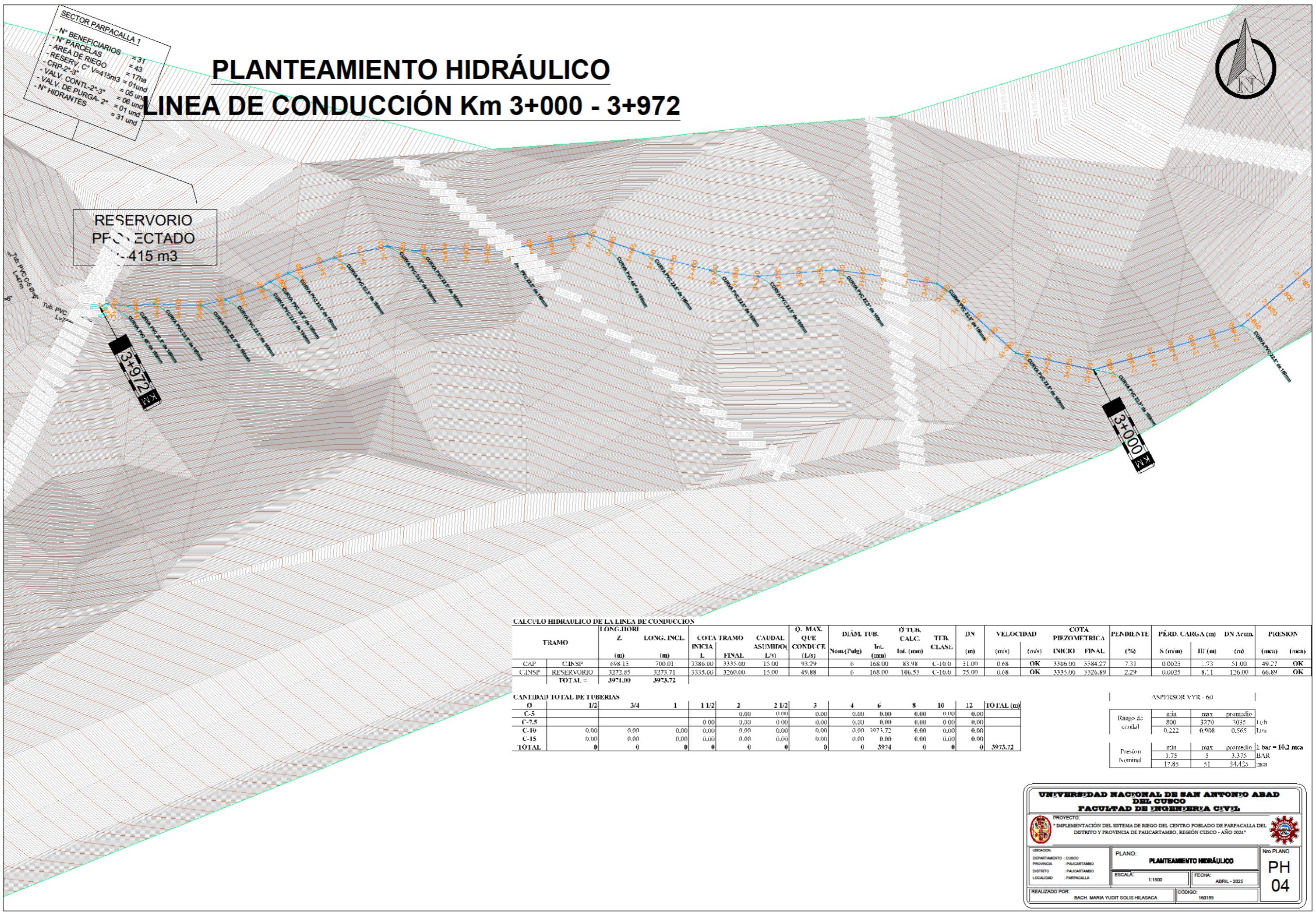


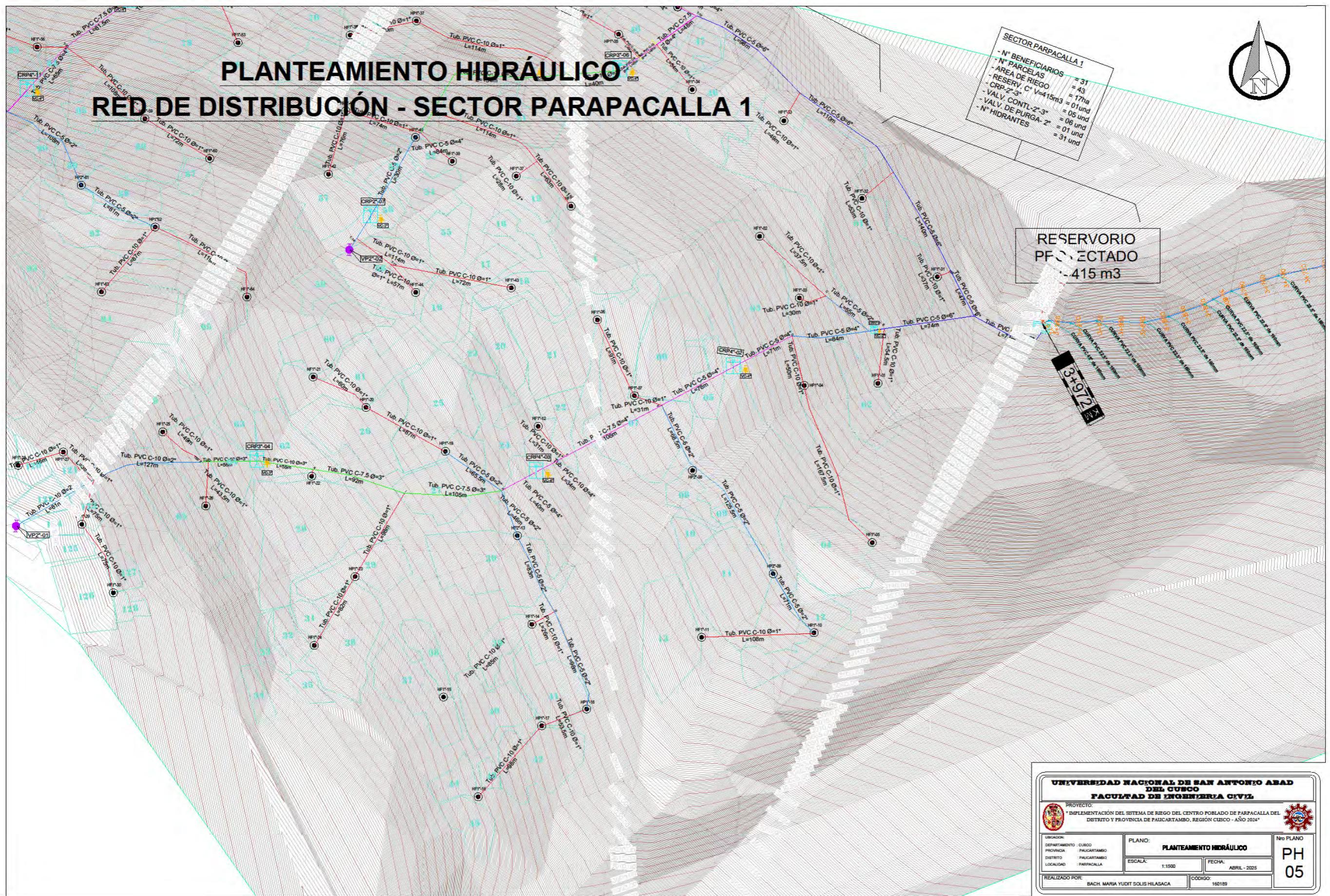
CANTIDAD/TOTAL DE TUBERIAS	Ø	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6	8	10	12	TOTAL
C-5						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C-7,5						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C-10	0,02	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3973,72	0,00	0,00	0,00
C-15	0,05	0,00		0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3974	0	0	3974

ASPERSOR VYR - 60			
Rango de caudal	min	max	promedio
80H	3.270	20.35	1.6 h
0.222	0.908	0.565	1.6 s
Prestim	min	max	promedio 1 hr = 10.2 mca
Nominal	1.75	5	3.375 BAR
	12.85	51	34.425 mca

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
	
PROYECTO: * IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO Poblado DE PARCALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE FAUCAMTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024"	
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : FAUCAMTAMBO DISTRITO : FAUCAMTAMBO LOCALIDAD : PARCALLA	
PLANO: PLANTEAMIENTO HIDRÁULICO	
ESCALA: 1:1500 FECHA: ABRIL - 2025	
REALIZADO POR: BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA CÓDIGO: 160189	
Nro PLANO PH 02	



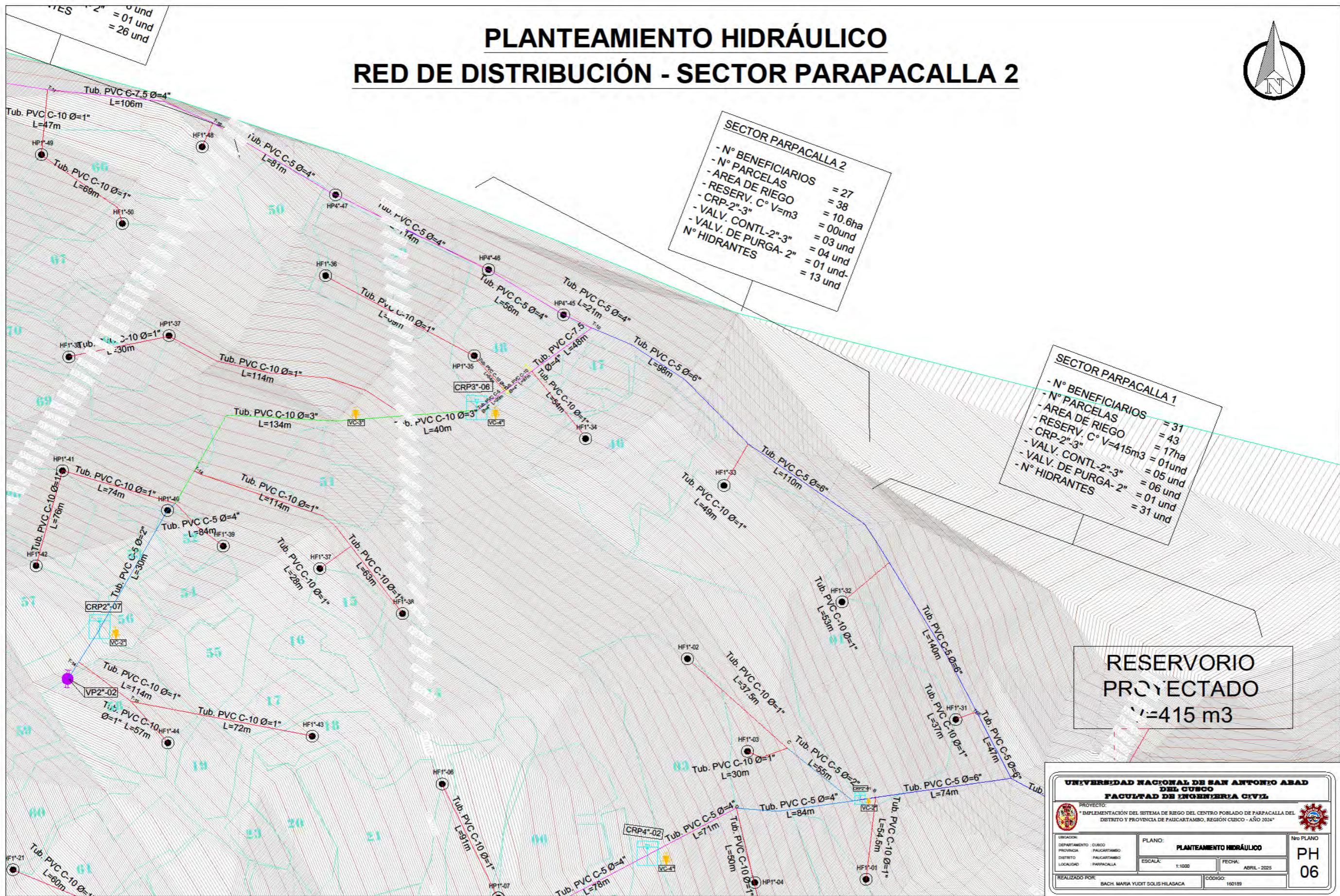






PLANTEAMIENTO HIDRÁULICO

RED DE DISTRIBUCIÓN - SECTOR PARAPACALLA 2



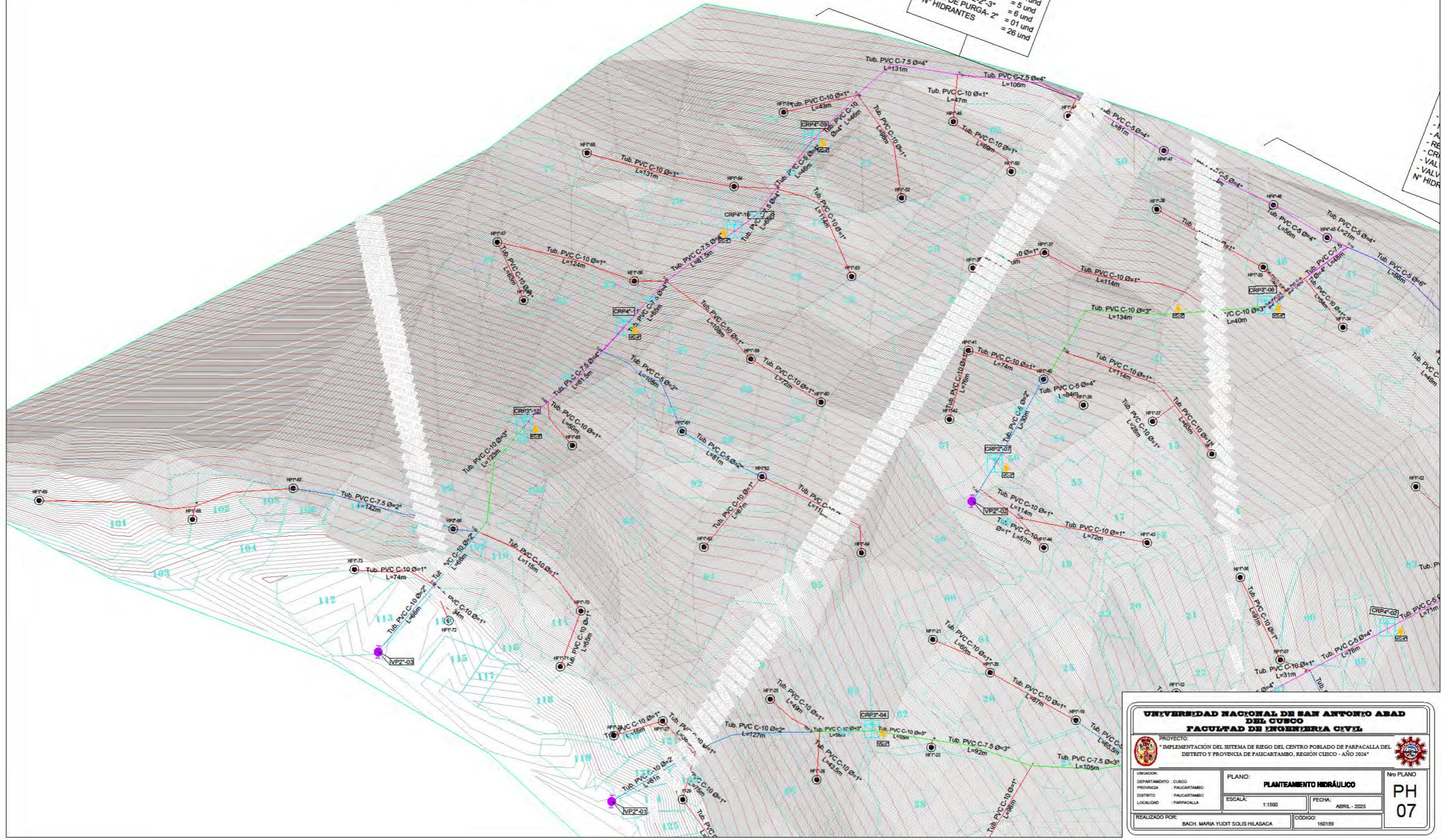
PLANTEAMIENTO HIDRÁULICO

RED DE DISTRIBUCIÓN - SECTOR PARAPACALLA 3



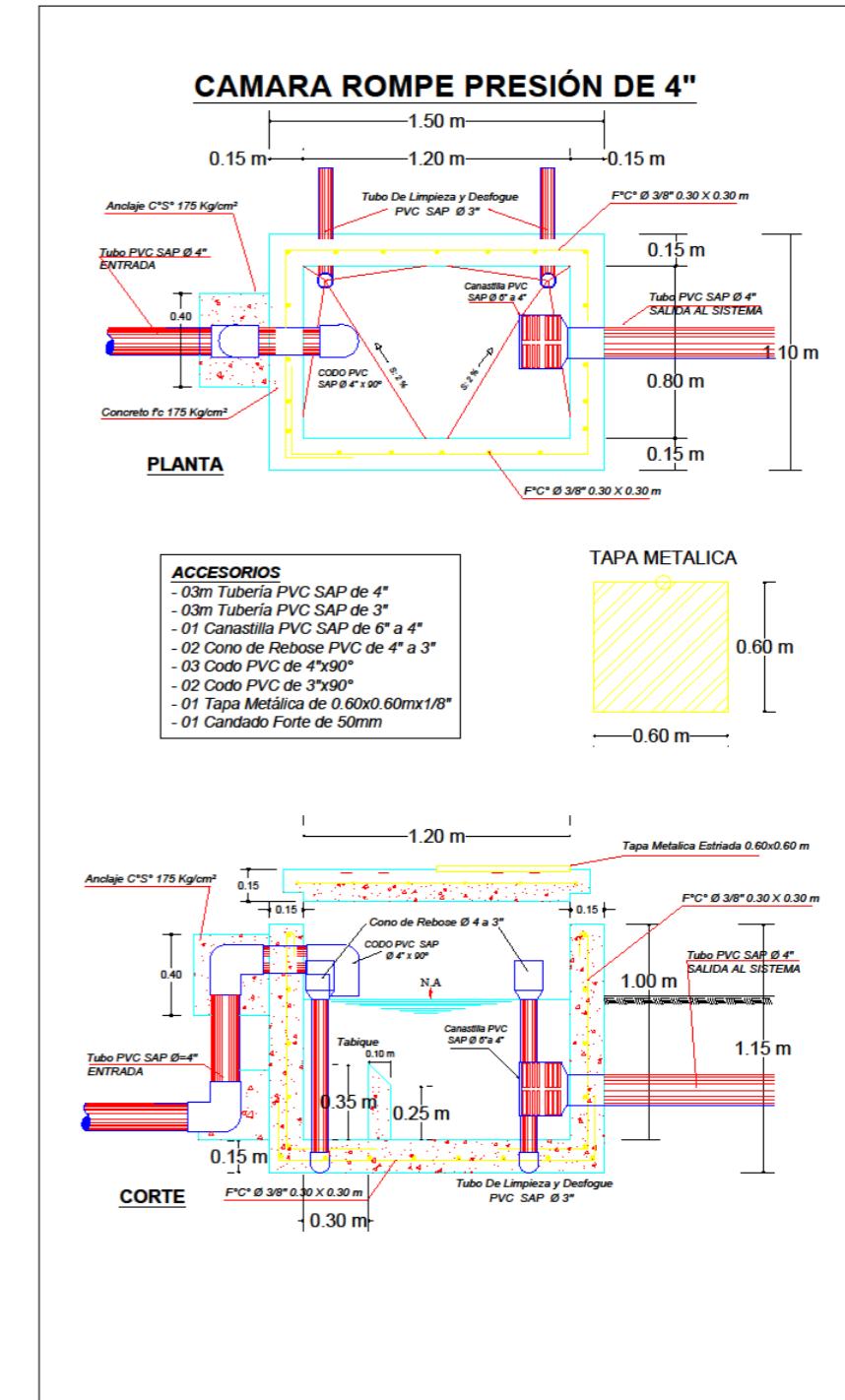
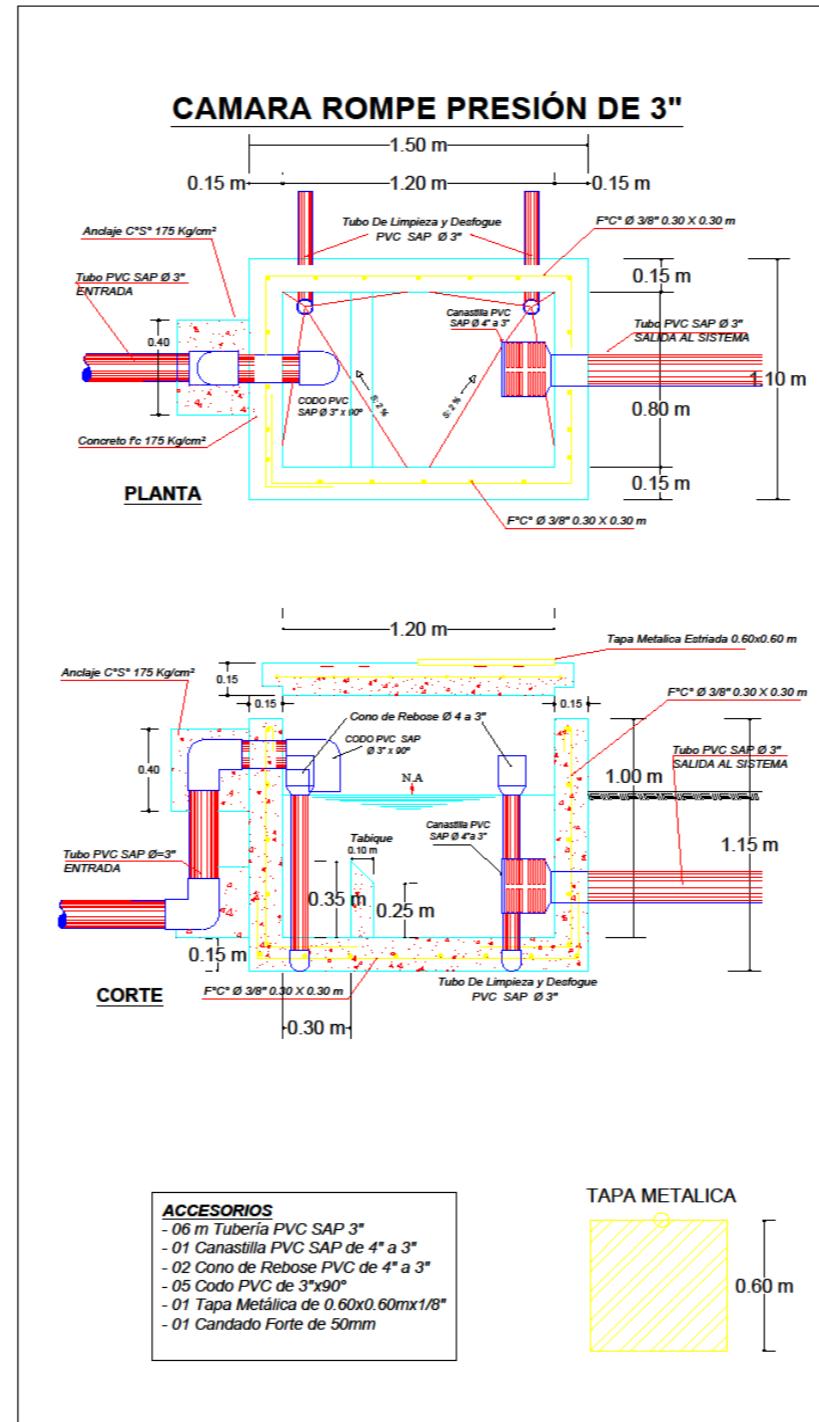
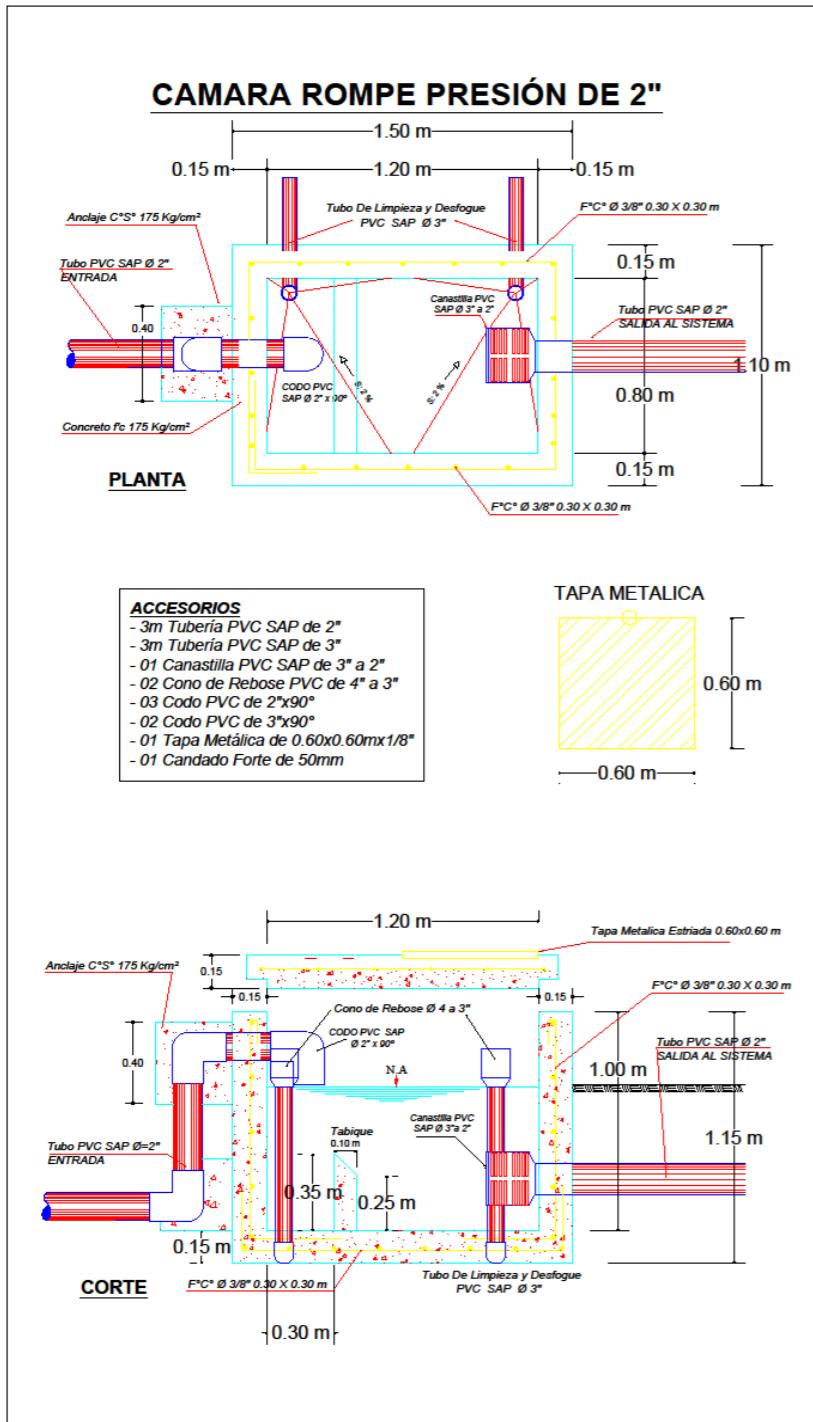
SECTOR PARAPACALLA 3

- N° BENEFICIARIOS = 32
- N° PARCELAS = 43
- AREA DE RIEGO = 12.4ha
- RESERV. C² V=415m³ = 01 und
- CRP-2*3* = 5 und
- VALV. CONTL-2*3* = 6 und
- VALV. DE PURGA-2* = 01 und
- N° HIDRANTES = 26 und

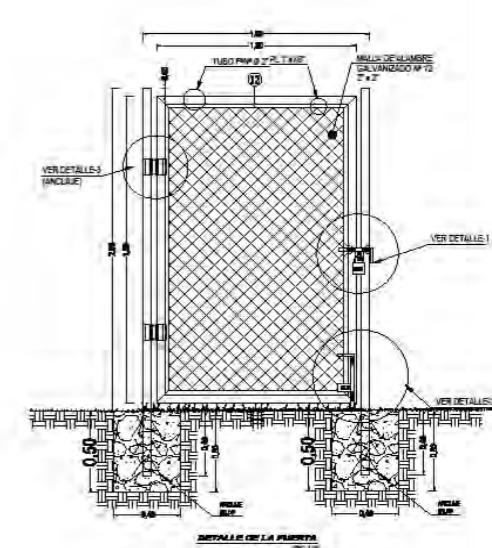
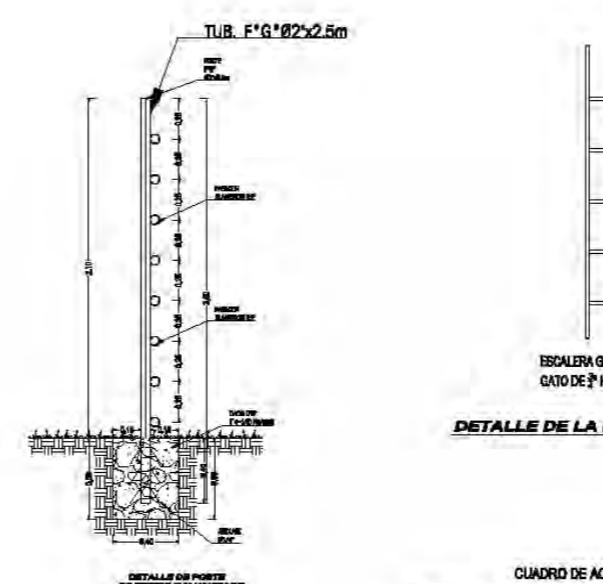
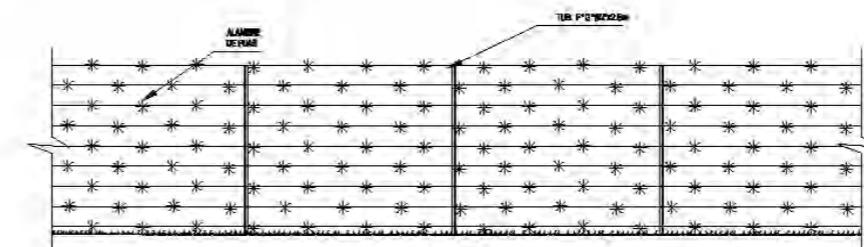
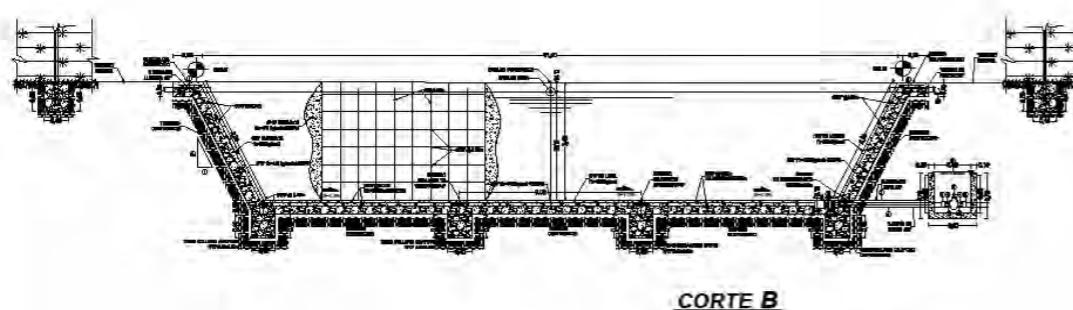
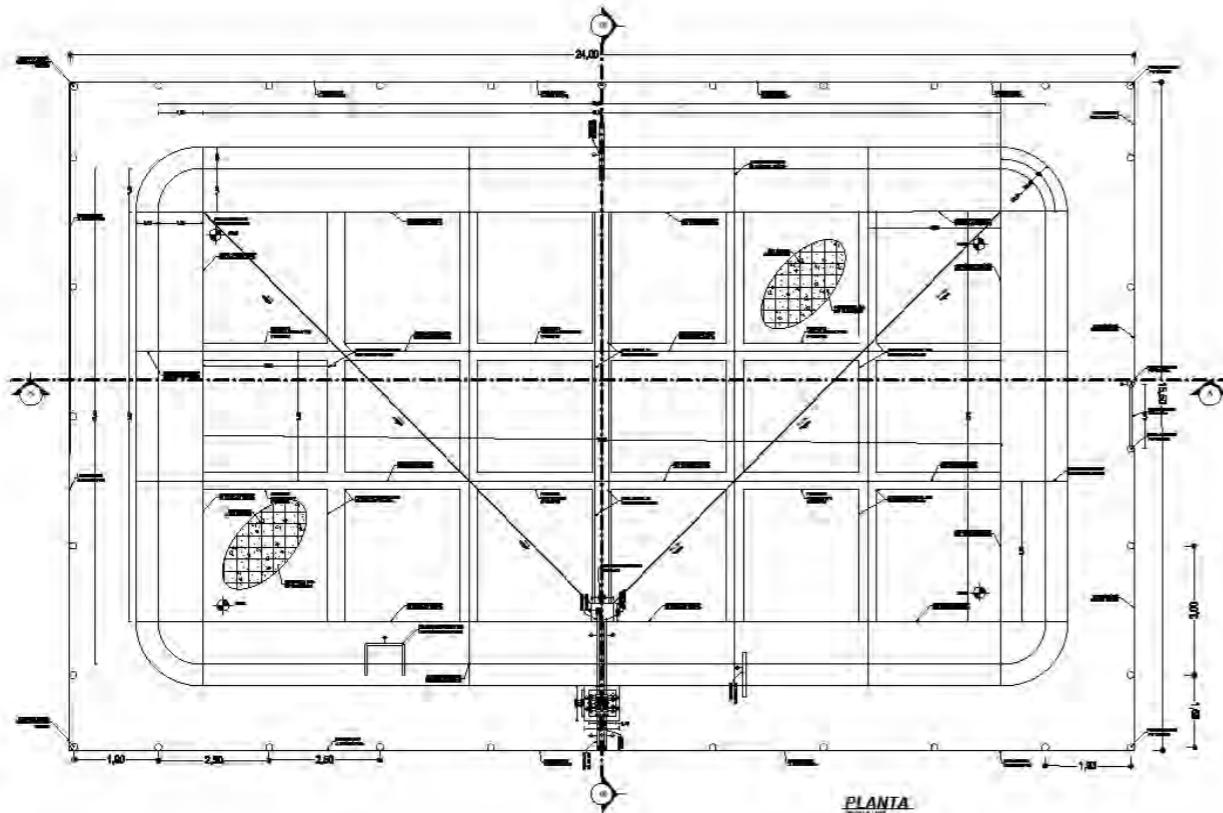


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO: * IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO Poblado DE PARAPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGION CUSCO - AÑO 2024*	
UBICACION:	CURSO
DEPARTAMENTO:	PAUCARTAMBO
PROVINCIA:	PAUCARTAMBO
DISTRITO:	PAUCARTAMBO
LOCALIDAD:	PARAPACALLA
PLANO:	PLANTEAMIENTO HIDRÁULICO
ESCALA:	1:1500
FECHA:	ABRIL - 2025
REALIZADO POR:	BACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA
CÓDIGO:	160189

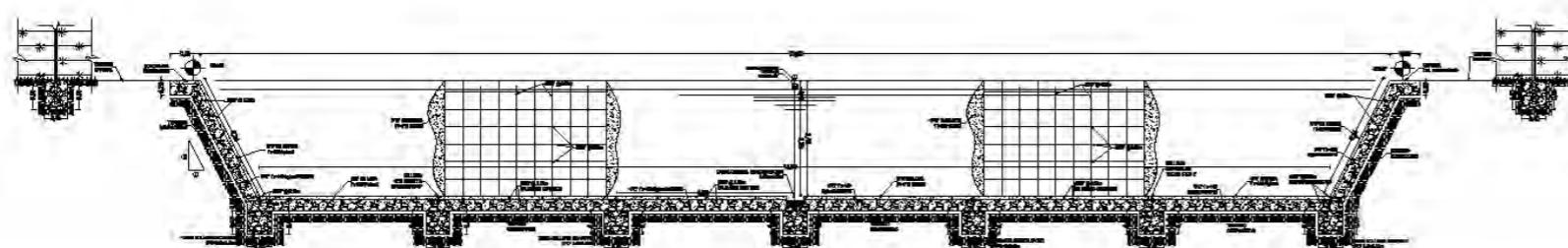
Nro PLANO
PH 07



RESERVORIO (VOLUMEN =415M3)



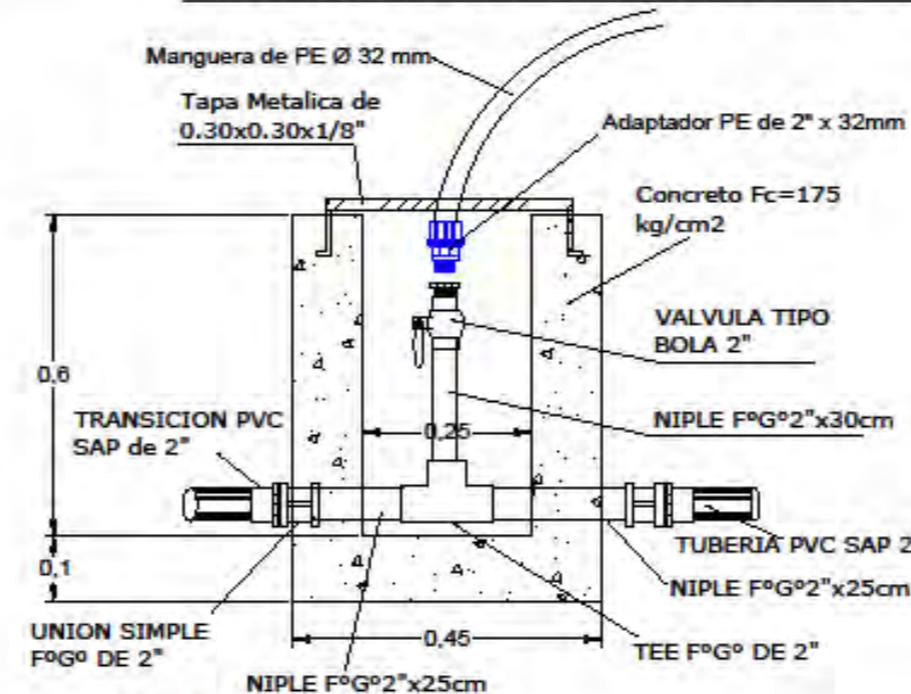
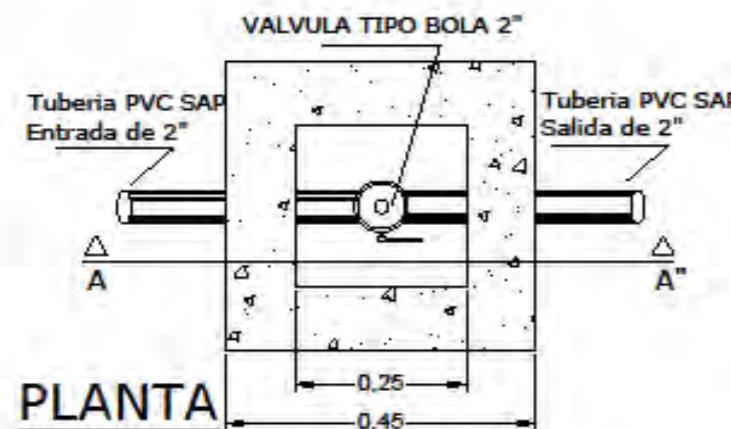
ESPECIFICACIONES TECNICAS RESERVORIO			
1.- CONDICIONES DE DISEÑO:			
- CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO	:	0.2 Kg/cm ²	
- CAUDAL DE CIRCULACION	:	1.36l/s	
2.- CONCRETOS:			
- CAMARA DE VALVULAS (INGRESO)	:	C'A' f'=210 Kg/cm ²	
- CANAL CENTRAL (RESERVOARIO)	:	C'A' f'=210 Kg/cm ²	
- VIGAS DE APOYO Y DADOS DE C'C'	:	C'C' f'=140 Kg/cm ² +30Psi	
- CAMARA DE VALVULAS (SALIDA)	:	C'A' f'=175 Kg/cm ²	
- RESERVOARIO NOCTURNO	:	C'S' f'=210 Kg/cm ²	
3.- ACERO:			
- ESFUERZO DE FLUENCIA	:	F'f=4200 Kg/cm ²	
- MÓDULO DE ELASTICIDAD	:	E=2100 Kg/cm ²	
4.- REVESTIMIENTOS:			
- EN CONTACTO CON AGUA Y SUELO	:	r=7.00 cm	
- EN CONTACTO CON EL MEDIO AMBIENTE	:	r=4.00 cm	
5.- ANCLAS, EMPALMES Y GANCHOS:			
DIÁMETRO (In)	ANCLAE (Lo)	EMPALME (La)	GANCHO 80° (Ln)
- 6 3/8"	0.30 m	0.46 m	0.16 m
- 6 1/2"	0.30 m	0.45 m	0.21 m
6.- PARTES Y ACCESORIOS:			
- ACCESORIOS PVC:	:	PESADOS	
- ACCESORIOS F'G'	:	PESADOS	
- ACCESORIOS F'P'	:	PESADOS	
- ACCESORIOS BRONCE	:	PESADOS	
- TAPAS METALICAS	:	PLANCHA LAC 3/16"	
- ESCALERAS DE GATO	:	TIERRA USO Ø3/4"	
- CERCO PERIMETRICO	:	ALAMBRAS DE PUAS Y POSTES DE TUB. F'G'	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO Poblado DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE FAUCARABAMBO, REGION CUSCO - AÑO 2014*	
UBICACION:	DISTrito: CUSCO PROVINCIA: FAUCARABAMBO DISTRITO: PARPACALLA LOCALIDAD: PARPACALLA
PLANO:	PLANO DE RESERVOARIO
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	ABRIL - 2020
REALIZADO POR:	RACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA
CÓDIGO:	160189
Nro. PLANO:	PR 01

HIDRANTES PASANTES 2" Y 4"

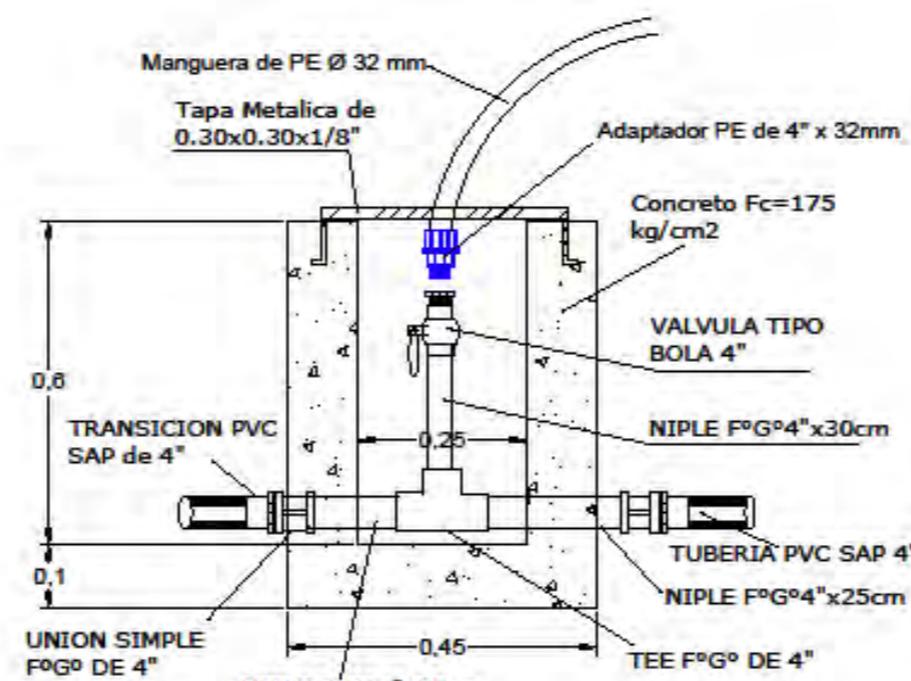
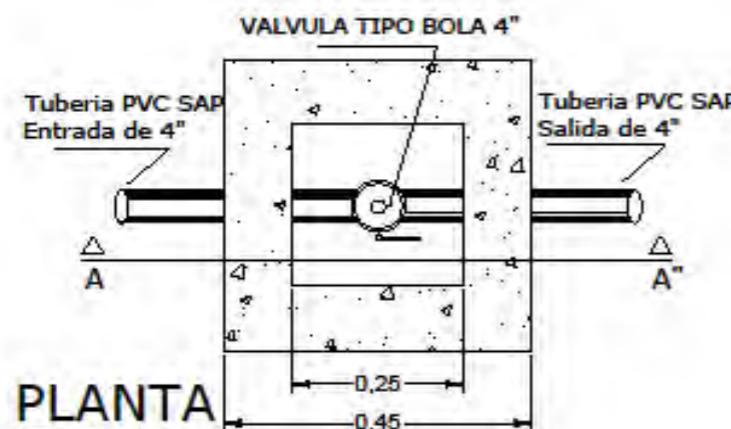
HIDRANTE PASANTE DE 2"



ACCESORIOS HIDRANTE 2":

- 01 Válvula Bola Bronce de 2"
- 01 Niples F°G° de 2" x 0.30m
- 01 Tee F°G° de 2"
- 02 Niples F°G° de 2" x 0.25m
- 01 Unión Simple F°G° de 2"
- 01 Transición PVC de 2" (UPR)
- 01 Candado de 50mm
- 01 Tapa Metálica de 0.30x0.30x1/8"

HIDRANTE PASANTE DE 4"



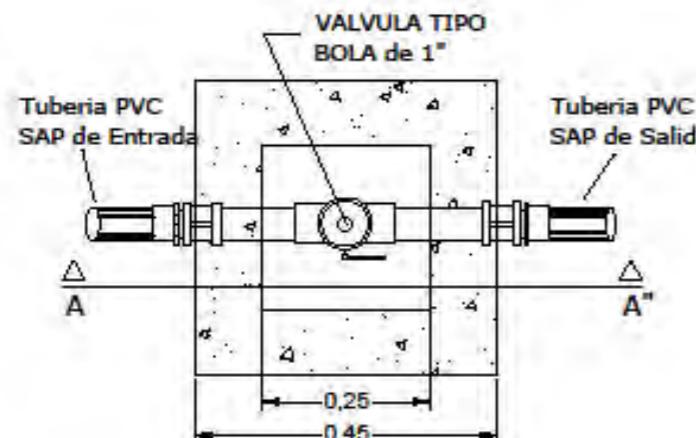
ACCESORIOS:

- 01 Válvula Bola Bronce de 4"
- 01 Niples F°G° de 4" x 0.30m
- 01 Tee F°G° de 4"
- 02 Niples F°G° de 4" x 0.25m
- 01 Unión Simple F°G° de 4"
- 01 Transición PVC de 4" (UPR)
- 01 Candado de 50mm
- 01 Tapa Metálica de 0.30x0.30x1/8"

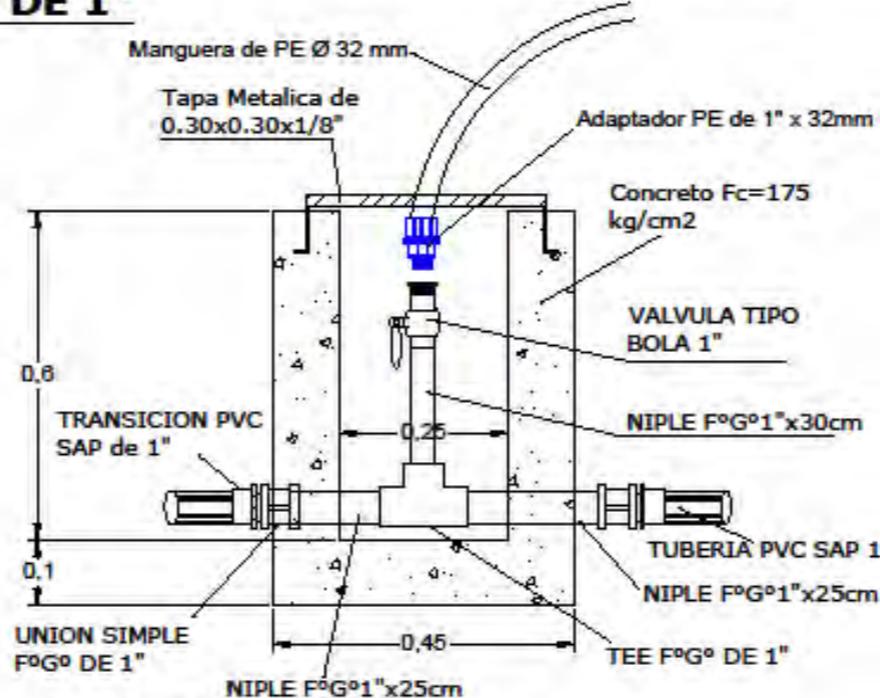


HIDRANTES PASANTE Y FIN 1"

HIDRANTE PASANTE DE 1"

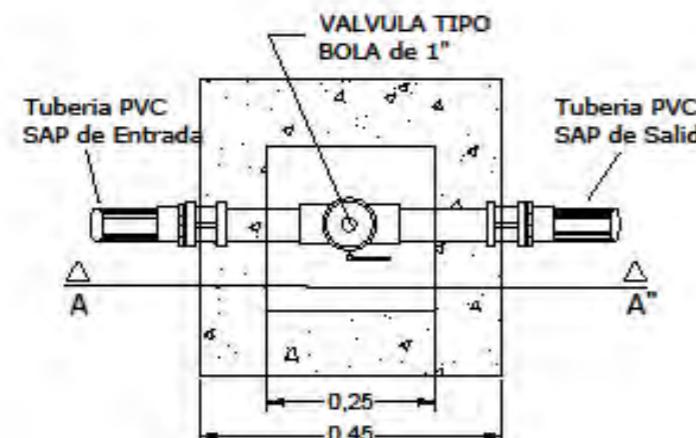


PLANTA

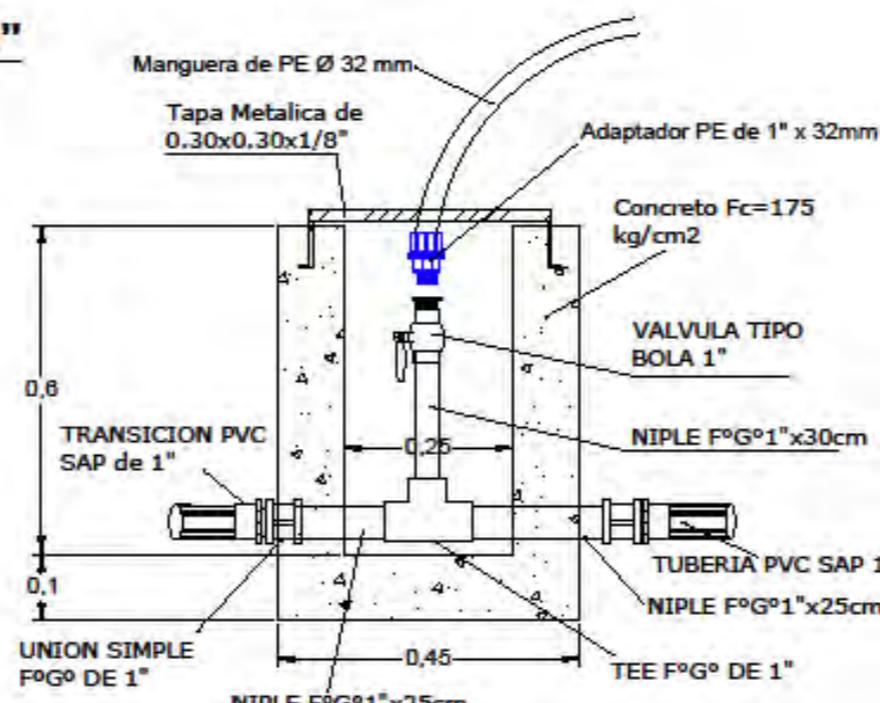


CORTE A-A"

HIDRANTE FIN DE 1"



PLANTA



CORTE A-A"

ACCESORIOS HIDRANTE PASO 1"

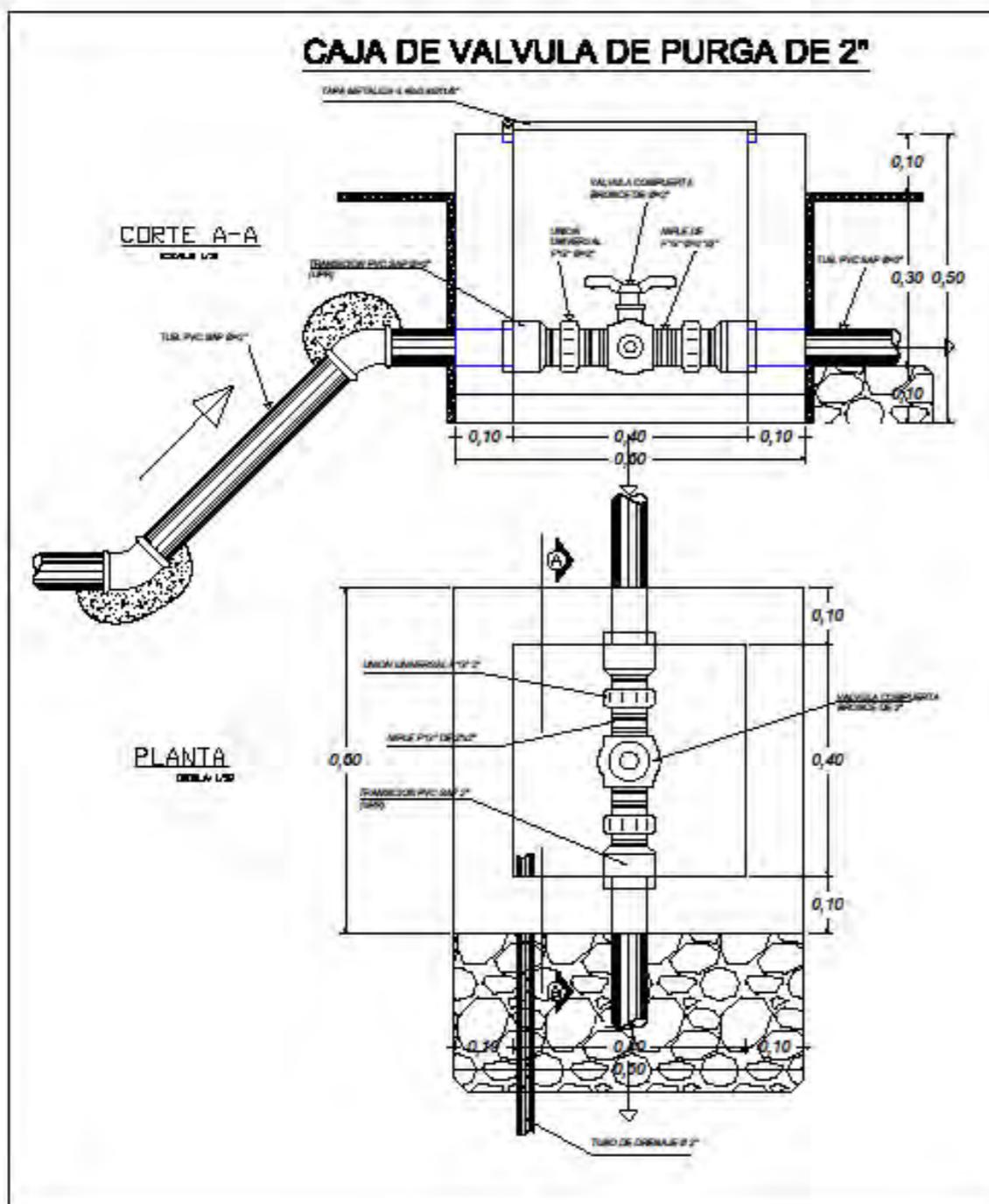
- 01 Válvula Bola Bronce de 1"
 - 01 Niples F°G° de 1" x 0.30m
 - 01 Tee F°G° de 1"
 - 02 Niples F°G° de 1" x 0.25m
 - 02 Unión Simple F°G° de 1"
 - 02 Transición PVC de 1" (UPR)
 - 01 Candado de 50mm
 - 01 Tapa Metálica de 0.30x0.30x1/8"

ACCESORIOS HIDRANTE FIN 1":

- 01 Válvula Bola Bronce de 1"
 - 01 Niples F°G° de 1" x 0.30m
 - 01 Tee F°G° de 1"
 - 02 Niples F°G° de 1" x 0.25m
 - 01 Unión Simple F°G° de 1"
 - 01 Transición PVC de 1" (UPR)
 - 01 Tapón Hembra F°G° de 1"
 - 01 Candado de 50mm
 - 01 Tapa Metálica de 0.30x0.30x1/8"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FAACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
 PROYECTO: "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIESGO DEL CENTRO POTOSÍO DE PARACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PARACARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024"		
TITULAR: DEPARTAMENTO : CUSCO PROPIETARIO : DIRECCIÓN DE DESARROLLO ASOCIADO : DIRECCIÓN DE DESARROLLO SUBORDINADO : DIRECCIÓN DE DESARROLLO	PLANO: PLANO DE HERRAMIENTA <hr/> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> VERSIÓN: 1/10 </div> <div style="width: 45%;"> FECHA: AGOSTO - 2024 </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> REVISADO POR: MAX. SOLIS TINTI - DIRECCIÓN DE DESARROLLO </div> <div style="width: 45%;"> CÓDIGO: 100108 </div> </div>	Ref. PLANO PH 01

VÁLVULA DE PURGA



ACCESORIOS

- 01 Válvula Compuerta Bronce de 2"
- 02 Niples F°G° de 2"x2"
- 02 Uniones Universales F°G° de 2"
- 02 Transiciones PVC de 2" (UPR)
- 02 Codo PVC de 2"x45°
- 01 Tapa Metálica de 0.40x0.40mx1/8"
- 01 Candado de 50mm

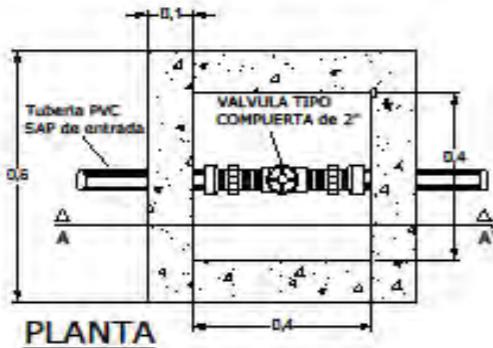
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
"IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL CENTRO Poblado DE PARPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PAUCARTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2024"

VERSIÓN:	PLANO:	Nro. PLANO
MATERIALIZADO : CEDDO	PLANO DE VÁLVULA DE PURGA	VP
ENTIDAD : PAUCARTAMBO	FECHA: 1/10	FECHA: ABRIL - 2025
LUGAR : PARPACALLA	REALIZADO POR:	CÓDIGO: 160169
	RACH. MARIA YUDIT SOLIS HILASACA	

VÁLVULAS DE CONTROL

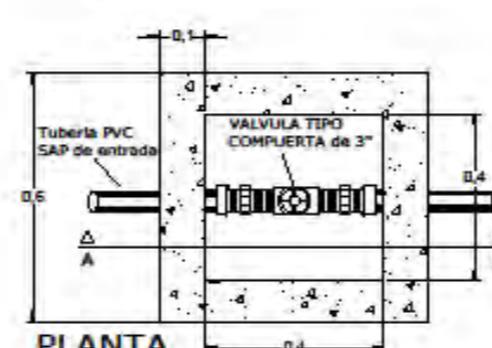
CAJA DE VALVULA DE CONTROL DE 2"



The diagram shows a vertical concrete pipe section labeled "Corte A-A". The top part is a "Tapa Metalica de 0.4x0.4x1/8" (Metallic cap of 0.4x0.4x1/8). Below it is a "VALVULA TIPO COMPIERTA de 2''" (2-inch bell valve). A "Niple FPG® de 2'' x 2''" (FPG® nipple of 2'' x 2'') connects to a "Union Univ. FPG® de 2''" (Universal union FPG® of 2''). A "Transicion PVC SAP de 2'' de salida" (PVC SAP transition of 2'' outlet) is at the bottom. A "Uberta PVC SAP de 2'' de salida" (PVC SAP outlet) is also present. Dimensions shown include 0.4, 0.5, 0.1, and 0.6.

CORTE A-A"

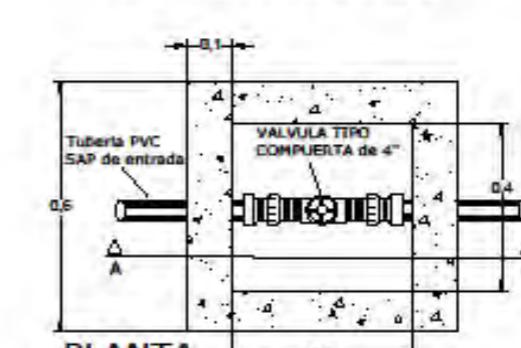
CAJA DE VALVULA DE CONTROL DE 3"



Detailed description: This technical drawing shows a cross-section of a concrete pipe. The top part is labeled 'Tapa Metalica d 0.4x0.4x1/8''. Below it is a rectangular opening with dimensions 0.4 x 0.4. The main body of the pipe is labeled 'VALVULA TIPO COMPUERTA de 3'''. To the left, there's a vertical column with 'creto Simple' and '175 kg/cm²' written on it, with a height dimension of 0.6 above the base. At the bottom left, it says 'Transicion PVC SAP de 3'''. On the right side, there are two fittings: 'Niple PPG° de 3'' x 3''' and 'Union Univ. PPG° de 3'''. The bottom of the pipe has a thickness of 0.6 and a width of 0.1.

CORTE A-A"

CAJA DE VALVULAS DE CONTROL DE AIRE



CORTE A-A

ACCESORIOS VAL. CONTROL 2°

- 01 Válvula Compuerta Bronce de 2"
 - 02 Niples F°G° de 2" x 2"
 - 02 Uniones Universales F°G° de 2"
 - 02 Transiciones PVC de 2"
 - 01 Candado de 50mm
 - 01 Tapa Metálica de 0.40x0.40x1/8"
 - 03 Tubería de PVC SAP 2"

ACCESORIOS VAL. CONTROL 3":

- 01 Válvula Compuerta Bronce de 3"
 - 02 Niples F°G° de 3" x 3"
 - 02 Uniones Universales F°G° de 3"
 - 02 Transiciones PVC de 3"
 - 01 Candado de 50mm
 - 01 Tapa Metálica de 0.40x0.40x1/8"

ACCESORIOS VAL. CONTROL 4":

- 01 Válvula Compuerta Bronce de 4"
 - 02 Niples F°G° de 4" x 4"
 - 02 Uniones Universales F°G° de 4"
 - 02 Transiciones PVC de 4"
 - Candado de 50mm
 - 01 Tapa Metálica de 0.40x0.40x1/8"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
	PROYECTO N°	
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIESGO DEL CENTRO POBLADO DE PAPACALLA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE PASCARANTAMBO, REGIÓN CUSCO - AÑO 2014		
	PLANO:	
TIPOLOGÍA: IMPLEMENTACIÓN	PLANO:	PLANO DE SALVAGUARDAS DE CONTROL
PROPIETARIO: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	ESCALA:	FECHA: 0000 - 0000
ASOCIADO: INSTITUCIÓN	1/15	
DEPARTAMENTO PARA ESTRUCTURAS, TÉCNICAS, MATERIALES Y MEDIO AMBIENTAL		COMODATO: 1000-000
		Ref. PLANO VC 01

