

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA**



**ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO E HIDROLOGICO PARA LA
CONSTRUCCION DE LA PRESA CHACOYOCPAMPA DE LA
CUENCA LLANCAMA DEL DISTRITO DE OMACHA, PROVINCIA
DE PARURO, DEPARTAMENTO DEL CUSCO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DIAZ TAFUR JIMMY

Bach. VALER ROMERO JONATHAN

Para Optar al Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

ASESORA:

Dra. Mgt. Ing. Josefina Escalante Gutiérrez

CUSCO-PERU

2023

DEDICATORIA:

La presente tesis está dedicada a DIOS, a papá Qoyllur Ritty, a la virgencita María, ya que gracias a ellos estoy cumpliendo todos mis sueños y anhelos, a mi mamá Florentina Tafur Briceño, a mi papá Santos Diaz Gonzales que en paz descanse, porque siempre me brindaron su apoyo y me dieron consejos para salir adelante y ser una gran persona, a mi esposa Vanessa por estar siempre a mi lado brindándome consejos y cariño, a mis hijos Gian Piero y Yeshúa por ser el motor para seguir cumpliendo mis metas, a mi hermano Santos por los consejos y regaños, a mi tía Remigia y su hijo John por sus regaños y cuidarnos como una madre, a todos los docentes de mi casa de estudios UNSAAC, y finalmente le dedico por segunda vez a mi padre Santos Diaz Gonzales que gracias a sus regaños y consejos y su infinito apoyo ingrese a la universidad, te extraño papá.

Bach. DIAZ TAFUR JIMMY

DEDICATORIA:

El presente trabajo de tesis está dedicado en primera instancia a Dios, A mis padres, quienes siempre han creído en mí a mis hermanos y a todos mis seres queridos por el apoyo incondicional brindado en los momentos de flaqueza, a todos los docentes a mis compañeros de estudio y a mi casa de estudios UNSAAC, a la vida por ponerte a las personas indicadas en los momentos difíciles A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria y en memoria de mi Tío Jlinner Remo Candia Guevara Q.E.P. D

Bach. VALER ROMERO JONATHAN

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar una etapa maravillosa de nuestra vida, queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a quienes hicieron realidad este sueño, a quienes nos acompañaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza.

Esta especial mención a Dios, a nuestros padres, hermanos, esposa e hijos. Muchas gracias por demostrarnos que "el verdadero amor no es más que el inevitable deseo de ayudar a otro a superarse a sí mismo". Gracias también a la Escuela de ingeniería geológica, gracias a todos los docentes cuyo apoyo y enseñanza son la base de nuestra vida profesional. muchas gracias a todos.

RESUMEN

Actualmente se trabaja en la microcuenca Llancama en el distrito de Omacha provincia de Paruro, provincia del Cusco La microcuenca de LLANCAMA, físicamente se encuentra limitada por las Microcuencas de: Por el Norte delimita con la Cuenca de Accha. Por el Sur está delimitada por la laguna de Macpi. Por el Oeste, limita el Rio Velille. Por el Este, está limitada por el rio Apurimac.

es de vital importancia la construcción de una presa, para ello se debe disponer de una buena infraestructura, para el

abastecimiento del agua y así poder incrementar el volumen de almacenamiento, mejorando así el nivel de vida de la población dedicadas a las distintas actividades económicas.

La Temperatura media anual, es de 12.6°C a 2850 msnm. y 7.2°C en promedio a 4806 m.s.n.m., noviembre es el mes más cálido. Los meses de mayor frío son, junio, julio y agosto, época en que se manifiestan las heladas presentando temperaturas bajo 0° C.

El distrito de Omacha, las zonas de mayor aptitud forestal están ubicados en algunas comunidades; son zonas que anteriormente estuvieron cubiertas por pastos naturales y en algunos sectores con plantas de media estatura que en la actualidad se encuentran en extinción.

La geomorfología estudio las distintas formas del relieve terrestre considerando: origen, litología, clima, geología estructural, geotectónica, etc. Todo lo cual engloba las diferentes fuerzas endógenas y exógenas que influye en la disposición del paisaje.

La configuración de la zona de estudio, es el resultado de la influencia del modelamiento tectónico-estructural que dio lugar a eventos geológicos regionales que definieron el entorno geológico de la zona de estudio, pero que hasta la actualidad han sido constantemente modificados por procesos erosivos los cuales dan lugar a geoformas de relieve.

Geológicamente el área de emplazamiento de la presa **Chacoyocpampa** se encuentra sobre basamento de suelo cuaternario, consistentes en arenas y limos de origen coluvial, además entorno a esta zona se registra afloramientos rocosos como calizas y conglomerados compuestas por clastos polimícticos

Entorno a la geomorfología el área de la presa se emplaza sobre plataformas de suelos coluviales, cuyas pendientes varían de suave a moderado.

Entorno a la geología estructural hay registro de fallas geológica regional inversa al SW de dirección NW-SE

ABSTRACT

Currently, work is being done in the Llacama micro-basin in the district of Omacha, province of Paruro, province of Cusco. The LLANCAMA micro-basin is physically limited by the Micro-basins of Por el Norte, delimiting it with the Accha Basin. To the south it is delimited by the Macpi lagoon. On the west, it borders the Velille River. On the east, it is limited by the Apurimac river.

It is vitally important to build a dam, for this you must have a good infrastructure, for the water supply and thus be able to increase the volume of storage, thus improving the standard of living of the population dedicated to different economic activities.

The average annual temperature is 12.6 °C at 2850 masl. and 7.2°C on average at 4806 m.s.n.m., November is the warmest month. The coldest months are June, July and August, when frosts appear, presenting temperatures below 0° C.

In the Omacha district, the areas with the greatest forest aptitude are located in some communities; These are areas that were previously covered by natural pastures and in some sectors with medium-sized plants that are currently in extinction.

Geomorphology study the different forms of terrestrial relief considering: origin, lithology, climate, structural geology, geotectonics, etc. All of which encompasses the different endogenous and exogenous forces that influence the layout of the landscape.

The configuration of the study area is the result of the influence of tectonic-structural modeling that gave rise to regional geological events that defined the geological environment of the study area, but which until now have been constantly modified by erosive processes. which give rise to relief geofoms.

Geologically, the area where the Chacoyocpampa dam is located is located on a Quaternary soil basement, consisting of sand and silt of colluvial origin, and around this area there are rocky outcrops of conglomerate type composed of polymictic clasts.

Regarding the geomorphology, the dam area is located on colluvial soil platforms, whose slopes vary from gentle to moderate.

Regarding structural geology, there is a record of regional geological faults inverse to the SW in a NW-SE direction.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|------------------|
| <u>DEDICATORIA:</u> | <u>1</u> |
| <u>AGRADECIMIENTOS:</u> | <u>3</u> |
| <u>RESUMEN</u> | <u>4</u> |
| <u>ABSTRACT</u> | <u>5</u> |
| <u>ÍNDICE DE TABLAS</u> | <u>10</u> |
| <u>INTRODUCCIÓN</u> | <u>16</u> |
| <u>CAPITULO I: GENERALIDADES</u> | <u>17</u> |
| 1.1. UBICACIÓN | 17 |
| 1.2. UBICACIÓN POLÍTICA | 17 |
| 1.2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA..... | 17 |
| 1.2.2. UBICACIÓN HIDROGRAFICA | 20 |
| 1.2.3. DELIMITACIÓN | 20 |
| 1.3. ACCESIBILIDAD | 21 |
| 1.3. CLIMA..... | 23 |
| 1.4. FLORA Y FAUNA | 23 |
| 1.5. PROBLEMA DEL OBJETO DE INVESTIGACION | 23 |
| 1.5.1. PROBLEMA PRINCIPAL | 23 |
| 1.5.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS..... | 23 |
| 1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION | 24 |
| 1.6.1. OBJETIVO GENERAL..... | 24 |
| 1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | 24 |
| 1.7. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN | 24 |
| 1.7.1. HIPÓTESIS GENERAL..... | 24 |
| 1.7.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS | 25 |
| 1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO..... | 25 |
| 1.9. VARIABLES | 25 |
| 1.10. METODOLOGÍA..... | 26 |

| | |
|---|-----------|
| 1.10.1. METODOLOGIA GEOLOGICA..... | 26 |
| 1.10.2. METODOLOGIA GEOTECNICA | 26 |
| 1.10.3. NORMATIVA UTILIZADA | 27 |
| 1.10.4. ENSAYO DE CAMPO | 27 |
| 1.10.5. PERMEABILIDAD EN CAMPO (INFILTRACIÓN) | 27 |
| 1.10.5. ENSAYOS DE LABORATORIO | 28 |
| 1.10.6. GRANULOMETRIA (CLASIFICACION SUCS)..... | 28 |
| 1.10.7. INDICE DE CONSISTENCIA | 28 |
| 1.10.8. CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO | 29 |
| 1.10.9. PERMEABILIDAD EN LABORATORIO | 29 |
| 1.11. MARCO TEÓRICO | 29 |
| <u>CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA</u> | 37 |
| 2.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL | 37 |
| 2.1.1 BORDE NE DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL..... | 37 |
| 2.1.2 RIO VELILLE | 38 |
| 2.1.3 PALEOGEOGRAFIA | 38 |
| 2.1.4 PLANICIE DE ACCHA | 38 |
| 2.2. GEOMORFOLOGÍA LOCAL | 40 |
| 2.2.1 VALLE GLACIAR | 40 |
| 2.2.2 ZONAS MORRENICAS. | 41 |
| 2.2.3 LADERAS..... | 41 |
| 2.2.4 PENDIENTES. | 42 |
| 2.2.5 TOPOGRAFIA | 43 |
| <u>CAPITULO III: GEOLOGIA.....</u> | 44 |
| 3.1. GEOLOGÍA REGIONAL..... | 44 |
| 3.1.2 FORMACIÓN ANTA: EOCENO SUPERIOROLIGOCENO INFERIOR | 44 |
| 3.2. GEOLOGÍA LOCAL..... | 51 |
| 3.3. FORMACION ARCURQUINA | 52 |
| <u>CAPITULO IV HIDROLOGÍA</u> | 56 |
| 4.1 GENERALIDADES:..... | 56 |
| 4.2 CURVA HIPSOMETRICA. | 60 |

| | | |
|-------|--|-----------|
| 4.3 | ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS | 61 |
| 4.3.1 | TEMPERATURA | 61 |
| 4.3.2 | HORAS DE SOL | 62 |
| 4.3.3 | VELOCIDAD DEL VIENTO:..... | 63 |
| 4.3.4 | EVAPORACIÓN..... | 64 |
| 4.3.5 | HUMEDAD RELATIVA | 65 |
| 4.3.6 | EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL | 66 |
| 4.3.7 | PRECIPITACIÓN | 66 |
| 4.4 | REGIONALIZACIÓN DE LA PRECIPITACION | 69 |
| 4.5 | PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS. | 75 |
| 4.6 | PARÁMETRO ESTADÍSTICOS | 77 |
| 4.7 | ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE INFORMACION HIDROMÉTRICA | 78 |
| 4.7.1 | ESTIMACIÓN CAUDALES | 78 |
| 4.7.2 | PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS PARA DISTINTAS FRECUENCIAS | 80 |
| 4.7.3 | PRECIPITACIÓN MÁXIMA Y PERIODOS DE RETORNO..... | 80 |
| 4.7.4 | PERIODO DE RETORNO VS PRECIPITACION..... | 81 |
| 4.7.5 | INTENSIDAD MÁXIMA | 82 |
| 4.8 | CAUDAL MÁXIMO | 84 |
| 4.9 | CAPACIDAD DE EMBALSE DEL VASO DE LA PRESA..... | 85 |
| 4.10 | OFERTA HÍDRICA | 86 |
| | <u>CAPITULO V: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....</u> | 95 |
| 5.1 | GENERALIDADES | 95 |
| 5.2 | GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL | 95 |
| 5.2.1 | FORMACION ARCURIQUINA | 95 |
| 5.2.2 | GRUPO TACAHA: OLIGOCENO SUPERIOR (NEWELL, 1949)..... | 97 |
| 5.2.3 | GRUPO PUNO | 98 |
| 5.2.4 | FALLA POMACANCHI | 99 |
| 5.3 | GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL | 101 |
| 5.3.1 | FALLAS | 101 |
| 5.3.2 | FALLA DE HUANOQUITE-ACCHA..... | 101 |
| 5.3.3 | DIACLASAS Y FRACTURAS | 101 |

CAPITULO VI: GEOTECNIA..... 105

| | | |
|--------|--|-----|
| 6.1. | EXPLORACIÓN DE CAMPO | 105 |
| 6.2. | EXCAVACIÓN DE CALICATAS..... | 105 |
| 6.3. | EXTRACCIÓN DE MUESTRAS Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD 105 | |
| 6.4. | NIVEL FREÁTICO | 105 |
| 6.5. | ZONIFICACION SISMICA | 106 |
| 6.5.1 | TIPO DE SUELO Y PERIODO | 107 |
| 6.5.2 | ASPECTOS SISMICOS | 108 |
| 6.6. | PERFIL GEOTECNICO..... | 109 |
| 6.7. | PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL EJE DE LA PRESA | 114 |
| 6.8. | EJE DE LA PRESA | 116 |
| 6.8.1. | ENSAYOS DE LABORATORIO..... | 116 |
| 6.8.2. | ENSAYOS DE LABORATORIO..... | 121 |
| 6.8.3. | VASO DE LA PRESA | 121 |
| 6.8.4. | CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTO | 123 |
| | RESUMEN DE RESULTADOS | 132 |
| 6.9 | SELECCIÓN DEL TIPO DE PRESA..... | 135 |
| 6.10 | TIPO DE CIMENTACIÓN | 136 |
| 6.11 | EVALUACIÓN ESTÁTICA..... | 136 |
| 6.12 | EVALUACIÓN SÍSMICA | 137 |

CAPITULO VII: GEOFÍSICA..... 138

| | | |
|-----|----------------------------|-----|
| 7.1 | GENERALIDADES | 138 |
| 7.2 | PROSPECCION GEOFISICA..... | 138 |
| 7.3 | TRABAJO DE CAMPO | 139 |
| 7.4 | TRABAJO DE GABINETE | 142 |

CONCLUSIONES..... 145

RECOMENDACIONES..... 146

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 147

ANEXOS..... 148

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Población | 17 |
| Tabla 2 Ubicación geográfica..... | 17 |
| Tabla 3 Ubicación hidrográfica | 20 |
| Tabla 4 Valoración de pendientes para susceptibilidad física | 42 |
| Tabla 5 Parámetros morfométricos de la cuenca..... | 58 |
| Tabla 6 Curva hipsométrica..... | 60 |
| Tabla 7 Análisis del tratamiento de la variable | 61 |
| Tabla 8 Horas de sol | 62 |
| Tabla 9 Velocidad del tiempo..... | 63 |
| Tabla 10 Evaporación..... | 64 |
| Tabla 11 Humedad Relativa | 65 |
| Tabla 12 Precipitación | 67 |
| Tabla 13 Regionalización | 70 |
| Tabla 14 Precipitación media anual..... | 70 |
| Tabla 15 Cuenca Llancoma | 74 |
| Tabla 16 : Precipitación máxima en 24 horas en estación Livitaca..... | 76 |
| Tabla 17 Estimación de Caudales..... | 78 |
| Tabla 18 Participación máxima y periodos de retorno | 81 |
| Tabla 19 Tabla de intensidades | 82 |
| Tabla 20 Capacidad de embalse del vaso de la presa | 85 |
| Tabla 21 Niveles de operación de la presa | 86 |
| Tabla 22 Generación de caudales medios mensuales para el año promedio | 87 |
| Tabla 23 medias mensuales generadas por la cuenca LLANCAMA | 88 |
| Tabla 24 Caudal y volúmenes generados al 75% de persistencia | 89 |
| Tabla 25 Caudal ecológico | 90 |
| Tabla 26 Célula de cultivo..... | 91 |
| Tabla 27 Evotranspiración método thornthwaite..... | 91 |
| Tabla 28 Estimación de demanda de recursos hídricos | 92 |
| Tabla 29 Balance hídrico sin proyecto | 92 |
| Tabla 30 Volumen de agua..... | 92 |
| Tabla 31 Balance hídrico con proyecto | 93 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 32 Balance hídrico con proyecto | 93 |
| Tabla 33 Sistema de fallas del afloramiento..... | 102 |
| Tabla 34 Nivel freático | 105 |
| Tabla 35 factores objetivo de seguridad para la estabilidad de taludes en las fases de construcción, operación y transición - evaluación estática; SEGÚN CDA..... | 109 |
| Tabla 36 Coordenadas de ubicación de las calicatas | 109 |
| Tabla 37 Calicata N 1 | 111 |
| Tabla 38 Calicata N 2 | 112 |
| Tabla 39 Calicata N°3..... | 113 |
| Tabla 40 Clasificación SUCS de calicatas | 116 |
| Tabla 41 Porcentajes de Grava, Arena y Finos | 118 |
| Tabla 42 Límites de calicata N.º 01 | 118 |
| Tabla 43 Contenido de Humedad | 119 |
| Tabla 44 Densidad Natural del suelo..... | 119 |
| Tabla 45 Cohesión y ángulo de fricción..... | 120 |
| Tabla 46 Métodos de asentamientos..... | 124 |
| Tabla 47 Asentamientos (Diseño por rigidez)..... | 125 |
| Tabla 48 Resumen de cantera de tierra..... | 125 |
| Tabla 49 Acceso a la cantera de suelo para conformación de la presa..... | 127 |
| Tabla 50 Cuadro proctor..... | 128 |
| Tabla 51 Cohesión y ángulo de fricción..... | 128 |
| Tabla 52 Cuadro resumen de cantera de Rocas | 129 |
| Tabla 53 Carga Puntual | 132 |
| Tabla 54 Coordenadas de los sondajes eléctricos | 141 |
| Tabla 55 Resultados de interpretación de sondajes eléctricos..... | 144 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 Curva Hipsométrica y frecuencia de altitudes de la cuenca Llacama | 60 |
| Figura 2 Temperatura media, máxima, mínima mensual en °C | 62 |
| Figura 3: Horas del sol (2001-2010)..... | 63 |
| Figura 4 Velocidad del viento M/S (2000-2009)..... | 64 |
| Figura 5 Evaporación..... | 65 |
| Figura 6 Humedad relativa (%) | 66 |
| Figura 7 Curva de doble mesa - estación Acomayo | 68 |
| Figura 8 Curva de doble masa - estación tambobamba | 68 |
| Figura 9 Curva de doble masa - Estación Livitaca | 68 |
| Figura 10 Curva de doble masa - estación Santo Tomas..... | 69 |
| Figura 11 Regresión lineal..... | 70 |
| Figura 12 Regresión polinómica..... | 71 |
| Figura 13 Regresión exponencial | 71 |
| Figura 14 Regresión Logarítmica | 72 |
| Figura 15 Regresión potencial..... | 72 |
| Figura 16 Regionalización altura VS Precipitación | 73 |
| Figura 17 Comportamiento mensual de la cuenca Llacama..... | 75 |
| Figura 18 Outlier Estación Livitaca..... | 76 |
| Figura 19 Estimación de caudales | 79 |
| Figura 20 Ajustes de una serie de datos a la distribución Gumbel Elaboración propia | 80 |
| Figura 21 Periodos de retorno VS precipitación, Elaboración propia | 82 |
| Figura 22 Curvas IDF Cuenca Llacama Elaboración propia..... | 83 |
| Figura 23 Capacidad de embalse de la presa | 85 |
| Figura 24 comportamiento de los caudales máximo y mínimo | 89 |
| Figura 25 Demanda hídrica | 90 |
| Figura 26 balance hídrico de la cuenca Llacama sin proyecto | 93 |
| Figura 27 Balance con proyecto | 94 |
| Figura 28 Perfil estratigráfico del eje de presa, Chacoyocpampa | 114 |
| Figura 29 perfil estratégico de eje | 115 |
| Figura 30 Curva Granulométrico. Fuente: Elaboración propia | 117 |
| Figura 31 Tasa de infiltración in situ..... | 121 |
| Figura 32 Taza de infiltración en laboratorio | 122 |

| | |
|--|-----|
| Figura 33 Corte geoelectrico SEV- 01 | 143 |
| Figura 34 Corte geoelectrico SEV-02 | 143 |
| Figura 35 Corte Geoelectrico Sev-03 | 144 |

ÍNDICE DE PLANOS

| | |
|--|-----|
| Plano 1 Mapa de ubicación de la Presa | 18 |
| Plano 2 Mapa de ubicación del VS Chacoyocpampa | 19 |
| Plano 3 Delimitación de la zona de estudio..... | 21 |
| Plano 4 Accesibilidad a la zona de estudio..... | 22 |
| Plano 5 Mapa geomorfológico regional de Vaso de Chacoyocpampa I..... | 39 |
| Plano 6 Mapa de Pendientes..... | 43 |
| Plano 7 Mapa Geológico Regional..... | 47 |
| Plano 8 Mapa geológico local | 51 |
| Plano 9 Plano hidrológico - orden drenajes..... | 59 |
| Plano 10 Mapa de pendiente cuenca LLacama | 59 |
| Plano 11 Vista de falla inversa al extremo sur y noreste de la presa..... | 95 |
| Plano 12 Sistema de fallas que controlan nuestra zona de estudio..... | 100 |
| Plano 13 Rumbos y Buzamientos..... | 103 |
| Plano 14 Familia de discontinuidades | 103 |
| Plano 15 falla inversa que atraviesa a unos 150 metros por el extremo sur de la zona de emplazamiento de la presa..... | 104 |
| Plano 16 Mapa de zonificación Sísmica del Perú..... | 106 |
| Plano 17 Mapa de cantera de tierra, para el uso constructivo de la presa Chacoyocpampa. | 126 |
| Plano 18 En la imagen se aprecia ruta de accesibilidad desde la vía principal hacia la cantera de suelos..... | 127 |
| Plano 19 Cantera de rocas | 130 |
| Plano 20 Acceso a la cantera de suelo para conformación de la presa Chacoyocpampa En la imagen se muestra el acceso a la cantera de suelos desde la carretera principal de Accha-Omacha..... | 131 |
| Plano 21 Puntos geofísicos | 141 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|---|-----|
| Fotografía 1: Eje de la presa | 41 |
| Fotografía 2 Afloramientos morrénicos regionales. Parte de la composición de la litología regional, se observan afloramiento de suelos morrénicos en el flanco izquierdo del eje de la presa..... | 48 |
| Fotografía 3 Suelos morrénicos en el flanco izquierdo de la presa Chacoyocpampa, la potencia de esta unidad podría alcanzar la decena de metros..... | 49 |
| Fotografía 4 Afloramiento de Conglomerado, Vista de la zona de presa, observando afloramiento de suelos cuaternarios y macizo rocoso, circundante al área de interés en estudio..... | 52 |
| Fotografía 5 Afloramiento de calizas en parte superior del vaso Chacoyocpampa. Se observan plegamientos con dominio estructural compresivo | 55 |
| Fotografía 6 plegamientos con dominio estructural compresivo..... | 55 |
| Fotografía 7 Se observa la geomorfología del Vaso Chacoyocpampa | 56 |
| Fotografía 8 Se observa dos familias de discontinuidades..... | 102 |
| Fotografía 9 Perfil Geotecnico | 110 |
| Fotografía 10 Granulometría de la calicata | 117 |
| Fotografía 11 Ensayo de infiltracion | 120 |
| Fotografía 12 la cantera de roca, y el muestreo para los ensayos de laboratorio Fuente: propia | 126 |
| Fotografía 13 el estudio geofísico realizado de los 3 sondeos | 140 |
| Fotografía 14 En el siguiente cuadro se muestran los sondajes eléctricos ejecutados | 140 |
| Fotografía 15: Ensayo de análisis granulométrico de CS, Chacoyocpampa | 149 |

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, que con la finalidad de disponer de una buena infraestructura para el suministro de agua y aumentar el volumen de acopio, que para mejorar el nivel de vida de la población dedicada a distintas actividades; es importante realizar un estudio geológico y geotécnico, para garantizar la sostenibilidad y estabilidad de la presa en el distrito de Omacha provincia de Paruro del departamento del Cusco. ubicada geográficamente en la zona 19L y coordenadas UTM: 84410101.97 m S, 201854.58 m E, con una altitud de 4504.4 m.s.n.m.

El presente estudio se basa en identificar las diversas formaciones geológicas de la plataforma donde se proyecta construir la presa Chacoyocpampa, identificar las diferentes unidades geomorfológicas sobre las cuales se proyecta la presa, identificar la actividad geodinámica interna y externa de la zona, y caracterizarla. Es necesario desarrollar estándares, criterios y enfoques que permitan diseñar y construir presas que aseguren alta calidad, durabilidad y seguridad, pero que al mismo tiempo permitan optimizar los costos de inversión durante la construcción. Los estudios geotécnicos realizados en este trabajo tienen como objetivo conocer las características físicas y mecánicas de la superficie inferior de la presa de Chacoyocpampa y obras de construcción conexas, así como las características de los materiales prestados utilizados en la construcción, También tienen como objetivo determinar las características geológicas y estructurales y aspectos constructivos de rutas a lo largo de carreteras principales y parámetros geotécnicos aproximados necesarios para su diseño. Este trabajo también se basa en varias disciplinas como la geología, geofísica, hidrología, ensayos de campo y mecánica de suelos, que correlacionan y evalúan, también nos permiten obtener la información necesaria para la evaluación y así en la elaboración de la tesis.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1.UBICACIÓN

1.2.UBICACIÓN POLÍTICA

Políticamente la PRESA CHACOYOCPAMPA se encuentra ubicada, en:

Tabla 1 Población

| | |
|--------------|---------------|
| Distrito | OMACHA |
| Provincia | PARURO |
| Departamento | CUSCO |
| Región | CUSCO |

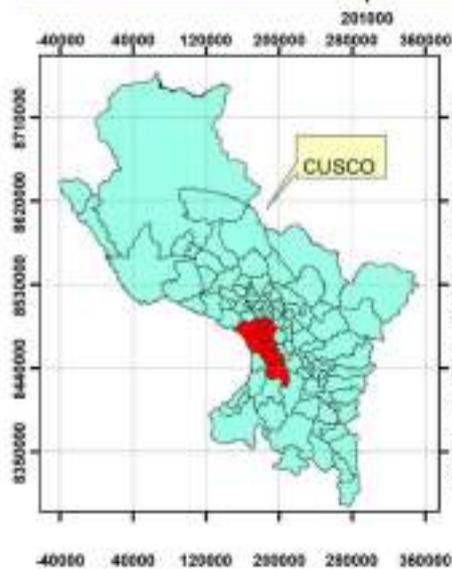
1.2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Geográficamente la PRESA CHACOYOCPAMPA se encuentra ubicada al este de la provincia de Paruro, a continuación, las coordenadas geográficas correspondientes a la PRESA CHACOYOCPAMPA:

Tabla 2 Ubicación geográfica

| UBICACIÓN POLITICA DE LA ZONA DE ESTUDIO | |
|---|------------------------|
| Departamento | Cusco |
| Provincia | Paruro |
| Distrito | Omacha |
| COORDENADAS UTM DE LA ZONA DE ESTUDIO | |
| VASO CHACOYOCPAMPA | |
| NORTE | 84410101.97 m S |
| ESTE | 201854.58 m E |
| ALTURA | 4504.4 m.s.n.m. |
| ZONA | 19 L |
| COORDENADAS UTM DE LA CANTERA DE ROCA | |
| NORTE | 8442152.00 m S |
| ESTE | 200559.00 m E |
| ALTURA | 4507 m.s.n.m. |
| ZONA | 19 L |

MAPA DE UBICACION DE LA PRESA



LEYENDA

- presa
- CANTERA

| | | |
|---|---------------------------|----------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO | | |
| TÍTULO: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION | | |
| DE LA PRESA CRISTOCOPAMPA DE LA CIENCA LLANURA DEL DISTRITO DE OMACHA, DEPARTAMENTO DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO | | |
| FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA | | |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | | |
| MAPA DE UBICACION | | |
| PROVINCIA: PARIJUBI | DISTRITO: OMACHA | DEPARTAMENTO: CUSCO |
| PROYECCION: UTM | ESCALA: 1:12.000 | ZONA: 18N |
| ESCALA INDICADA: | ALUMNOS: DRA. TAFEL SIMBY | DALE ROMERO JONATHAN |

Plano 1 Mapa de ubicación de la Presa

1.2.2. UBICACIÓN HIDROGRAFICA

La PRESA CHACOYOCPAMPA se encuentra ubicada en las coordenadas 14° 4' 10" de Latitud sur y 71° 44' 16" de Longitud oeste. Se emplaza a través de cuatro pisos ecológicos: Quechua Bajo, Quechua Alto, Suni y en menor medida, la Puna; su altitud es de 3887m.s.n.m.

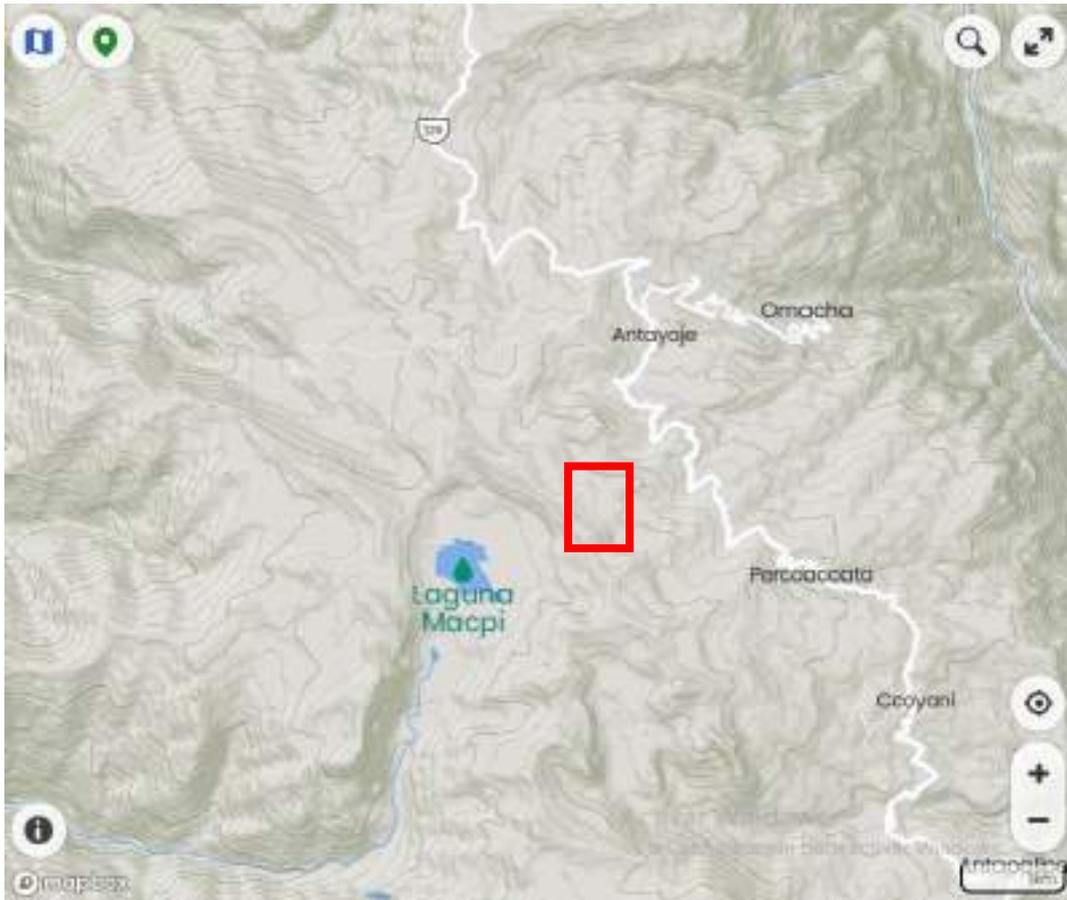
Tabla 3 Ubicación hidrográfica

| Elementos generales de superficie de la Microcuenca LLANCAMA | | |
|--|-------|-----------------|
| Área de la microcuenca | 12.89 | Km ² |

1.2.3. DELIMITACIÓN

La microcuenca de LLANCAMA, físicamente se encuentra limitada por las Microcuencas de:

- Por el Norte delimita con la Cuenca de Accha.
- Por el Sur está delimitada por la laguna de Macpi.
- Por el Oeste, limita el Rio Velille.
- Por el Este, está limitada por el rio Apurimac.



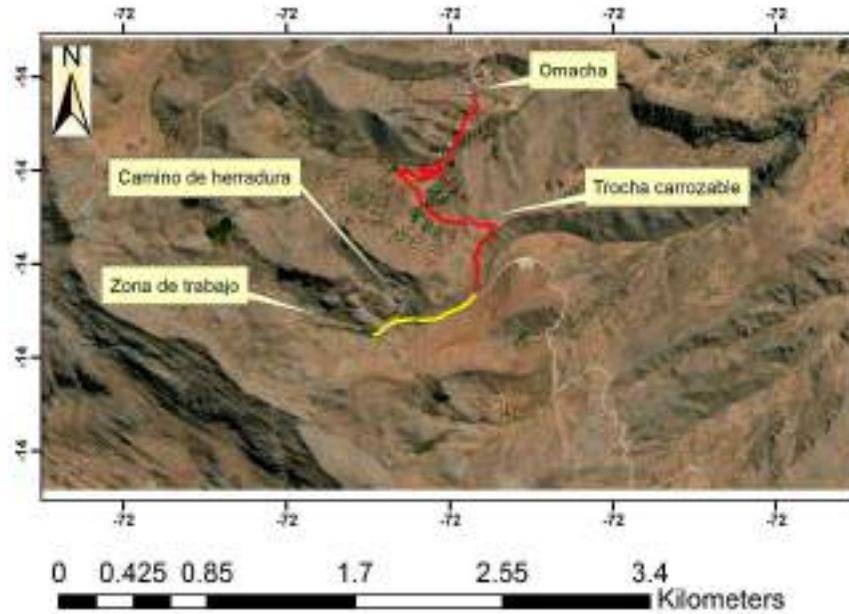
Plano 3 Delimitación de la zona de estudio

1.3. ACCESIBILIDAD

Los accesos principales son: La trocha carrozable C.P Antayaje – C. P. Huasquillay. Desde la ciudad de Cusco pasando por la capital de la provincia de Paruro hasta el distrito de Accha un promedio de 4 horas de viaje. Prosiguiendo al distrito de Omacha exactamente al Centro Poblado de Antayaje con un tiempo de viaje adicional de 1 hora y finalmente el tramo de C.P. Antayaje en ruta al C.P. de Huasquillay con 20 min de viaje, ingresando a una trocha carrozable para llegar a la PRESA de CHACOYOCPAMPA.

Así mismo se cuenta con una red de caminos de herradura que cruzan axial y transversalmente la microcuenca

MAPA DE ACCESIBILIDAD



| | | | |
|---|--|-----------------------|--|
|  UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO  | | | |
| FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | | | |
| TEMA: EFECTOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS HEDROLOGICOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA PISTA LINDERO PARA DEL CUSCO (LINDERO) DEL CENTRO DE OMACHA, PROVINCIA DE MARA, DEPARTAMENTO DE CUSCO | | | |
| INSTITUCION: CUSCO | | TITULO: ACCESIBILIDAD | |
| PROFESOR: LUIS | | ALUMNO: | |
| ESCALA: 1:50000 | | FECHA: 2015 | |

| | |
|---|---------------------|
| LEYENDA | |
|  | Camino de herradura |
|  | Trocha carrozable |
|  | RED VIAL NACIONAL |

Plano 4 Accesibilidad a la zona de estudio

1.3.CLIMA

La Temperatura media anual, es de 12.6°C a 2850 msnm. y 7.2°C en promedio a 4806 m.s.n.m., noviembre es el mes más cálido. Los meses de mayor frío son, junio, julio y agosto, época en que se manifiestan las heladas presentando temperaturas bajo 0° C.

La Humedad relativa media anual en la zona oscila entre 55% en el mes de Julio y 78% en el mes de enero, febrero y marzo con un promedio anual del 66.9 %. Se muestra un mayor porcentaje de humedad o vapor de agua en la atmósfera de enero a marzo, disminuyendo para los meses de junio a octubre, debido al cambio de estación.

La precipitación media anual es de 1296 mm. La época de lluvias se inicia en el mes de septiembre y termina en el mes de abril, los meses de mayor precipitación pluvial son de octubre a abril alcanzando 232 mm, y 56 mm entre mayo y Setiembre.

En Omacha, los veranos son cortos y frescos; los inviernos son cortos, fríos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -4 °C a 18 °C y rara vez baja a menos de -6 °C o sube a más de 21 °C.

1.4.FLORA Y FAUNA

El distrito de Omacha, las zonas de mayor aptitud forestal están ubicados en algunas comunidades; son zonas que anteriormente estuvieron cubiertas por pastos naturales y en algunos sectores con plantas de media estatura que en la actualidad se encuentran en extinción.

El mapa de deforestación nos muestra que el distrito de Omacha, muestran una deforestación ligera, básicamente de las especies forestales como son el eucalipto.

1.5. PROBLEMA DEL OBJETO DE INVESTIGACION

1.5.1. PROBLEMA PRINCIPAL

- ¿Como son los parámetros geológicos, geotécnicos, geomecánicos e hidrológicos para garantizar la sostenibilidad y estabilidad en la construcción de la presa CHACOYOCPAMPA?

1.5.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuál es el entorno geológico, geomecánico, geomorfológico y estructural sobre el cual se construirá la presa CHACOYOCPAMPA?

- ¿Cuáles son características físico - mecánicas, de estabilidad y de consolidación de los diferentes materiales existentes en la zona necesarios para la construcción de la presa CHACOYOCPAMPA y las obras conexas?
- ¿Cuáles son los parámetros de permeabilidad e infiltración del eje y vaso de la presa CHACOYOCPAMPA?
- ¿Cuál es el volumen de material de cantera de suelo y roca necesarios para la construcción de la presa CHACOYOCPAMPA?

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar los parámetros geológicos, geotécnicos, geomecánicos e hidrológicos para garantizar la sostenibilidad y estabilidad para construcción de la presa CHACOYOCPAMPA.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar los estudios geológicos, geotécnicos e hidrológicos para garantizar la sostenibilidad y estabilidad para construcción de la presa CHACOYOCPAMPA.
- Determinar las características físico - mecánicas, de estabilidad y de consolidación de los diferentes materiales existentes en la zona necesarios para la construcción de la presa CHACOYOCPAMPA y las obras conexas.
- Determinar los parámetros de permeabilidad e infiltración del eje y vaso de la presa CHACOYOCPAMPA.
- Determinar el volumen de material de cantera de suelo y roca necesarios para la construcción de la presa CHACOYOCPAMPA.

1.7.HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. HIPÓTESIS GENERAL

- Los parámetros geológicos, geotécnicos e hidrológicos son favorables para garantizar la construcción de la presa y los materiales existentes en la zona.

1.7.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

- Es posible determinar el entorno geológico, geomorfológico y estructural sobre el cual se construirá la presa CHACOYOCPAMPA, en función a los datos de campo obtenidos.
- Es posible determinar las características físico - mecánicas, de estabilidad y de consolidación de los diferentes materiales existentes en la zona necesarios para la construcción de la presa CHACOYOCPAMPA y las obras conexas.
- Es posible determinar los parámetros de permeabilidad e infiltración del eje y vaso de la presa CHACOYOCPAMPA, en función a pruebas in-situ y de laboratorio.
- Es posible determinar el volumen de material de cantera de suelo y roca necesarios para la construcción de la presa CHACOYOCPAMPA

1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

El fin de este estudio es determinar las propiedades físicas, físico-mecánicas del suelo y de la roca de la presa, por otra parte, conocer la capacidad portante y asentamientos de la estructura, para luego plantear las recomendaciones acordes al resultado final de la evaluación in situ y gabinete de los suelos y roca encontrados de esta manera garantizar una estructura sólida competente y sostenible para el almacenamiento de recurso hídrico.

1.9. VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE

- Geología
- Geotecnia
- Hidrología

VARIABLE DEPENDIENTE

- Construcción de la presa Chacoyocpampa
- INDICADORES

Petrología

Estructural

Propiedades geomecánicas de rocas

Propiedades geotécnicas de suelos

1.10.METODOLOGÍA

1.10.1. METODOLOGIA GEOLOGICA

Para el presente análisis geológico, se ha realizado en tres etapas y/o fases, donde estas son de suma importancia para obtener mejores resultados finales en el informe que a continuación se detallan:

FASE 1: SELECCIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA

En este proceso y/o etapa se procedió a la recolección de la información existente sobre la zona de estudio, en cuanto a los informes técnicos de las entidades responsables, se inventario los planos, cartas nacionales, mapas a escala 1/100 000 y 1/50 000, enfocando al ámbito geográfico de nuestra área de estudio. También se recolecto la información sobre la cartografía base, cartografía temática significativa, imágenes satelitales, fotografías aéreas a escala mediana y semidetallada de las entidades responsables.

FASE 2: TRABAJOS DE CAMPO

Seguida de la fase 1 con data secundaria, esta etapa consiste en la recolección de la información primaria y el contraste de ello, con el fin de registrar la litología en la zona de la presa Chacoyocpampa, detalles geológicos, geomorfológicos, pendientes y cobertura vegetal en el ámbito de interés, contempladas en este proyecto de inversión, además de los puntos de análisis geotécnicos que acompañan esté presente informe.

FASE 3: INTERPRETACIÓN E INFORME FINAL

Esta etapa comprende del desarrollo del informe de análisis geológico y el planteamiento de las conclusiones y recomendaciones.

1.10.2. METODOLOGIA GEOTECNICA

ETAPA DE GABINETE

- Revisión bibliográfica de la zona de exploración (geología, geomorfología, acceso, personal, equipos disponibles en la zona, etc.)
- Planificación de exploración con todo el equipo de trabajo, se realizar una planificación con todo el equipo de trabajo.
- Charla de orientación de la planificación

ETAPA DE CAMPO

- Coordinaciones con las autoridades y personal de trabajo (mano de obra)

- Programación de actividades extracción de muestras
- Recojo de las muestras según los cogidos por tipo de los ensayos
- Transado de muestras de campo a laboratorio

ETAPA DE LABORATORIO

- Registro de las muestras traídas de campo
- Planificación para la realización de los ensayos respectivos
- Ejecución de los ensayos para el eje de la presa y para el vaso.

1.10.3. NORMATIVA UTILIZADA

Para la elaboración del presente trabajo se toma las siguientes normas técnicas:

Interpretación y Análisis de Resultados

- Norma E - 050, Suelos y Cimentaciones.
- Norma E - 030, Diseño Sismo resistente.

Ensayos en Laboratorio

Manual De Ensayos De Materiales (EM-2016)

1.10.4. ENSAYO DE CAMPO

Los ensayos de campo fueron realizados en campo de acorde al TDR y para el EJE DE LA PRESA, CANTERA DE SUELO, Y VASO DE LA PRESA:

- Ensayo de Densidad de Campo
- Ensayo de Auscultación con el equipo DPL
- Ensayo de infiltración
- Resistencia de la roca por el número de golpes

1.10.5. PERMEABILIDAD EN CAMPO (INFILTRACIÓN)

ASTM D2434-22: Standard Test Method for Permeability of Granular Soils

Este método de ensayo cubre la determinación del coeficiente de permeabilidad por un método de cabeza constante para el flujo laminar de agua a través de suelos granulares.

El procedimiento consiste en establecer valores representativos del coeficiente de permeabilidad de los suelos granulares que pueden presentarse en depósitos naturales colocados en terraplenes, o cuando se utilizan como capas base bajo pavimentos.

ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO INSITU MEDIANTE EL METODO DEL CONO DE ARENA

ASTM D422: Standard Test Method for particle -Size of Solis

MTC E 117: ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO INSITO MEDIANTE EL METODO DEL CONO DE ARENA

Establecer el método de ensayo estándar para determinar la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena.

Este método puede ser usado para determinar la densidad in-situ de depósitos de suelos naturales, agregados, mezcla de suelos u otro material similar

1.10.5. ENSAYOS DE LABORATORIO

El Estudio de Mecánica de Suelos se ha desarrollado siguiendo los lineamientos y recomendaciones que están contenidos en el manual de ensayo de materiales que incluyen las normas de la ASTM (American Society for Testing Materials), la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

Para la interpretación de los resultados obtenidos en laboratorio e in-situ, y verificar si los materiales cumplen con los requerimientos mínimos establecidos por la norma se utilizaron las siguientes referencias:

1.10.6. GRANULOMETRIA (CLASIFICACION SUCS)

ASTM D422: Standard Test Method for particle -Size of Solis

MTC E 201: Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado

Describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasa por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N.º 200).

1.10.7. INDICE DE CONSISTENCIA

NTP 339.129: Método de Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.

MTC E 110: Determinación del límite líquido de los suelos

MTC E 101: Determinación del límite plástico (L.P) de los suelos e índice de plasticidad (IP)

El límite líquido expresa el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se encuentra entre el estado líquido y plástico. El límite plástico (L.P) es la humedad más baja con la que se puede formar baritas de suelos de 3.2 mm (1/8”) de diámetro.

El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.

1.10.8. CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

MTC E 101: Determinación del contenido de humedad de un suelo

ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo
Contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas

1.10.9. PERMEABILIDAD EN LABORATORIO

ASTM D2434-22: Standard Test Method for Permeability of Granular Soils

Este método de ensayo cubre la determinación del coeficiente de permeabilidad por un método de cabeza constante para el flujo laminar de agua a través de suelos granulares.

El procedimiento consiste en establecer valores representativos del coeficiente de permeabilidad de los suelos granulares que pueden presentarse en depósitos naturales colocados en terraplenes, o cuando se utilizan como capas base bajo pavimentos.

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

MTC E 115: Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado)

NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).

ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ((2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)).

1.11. MARCO TEÓRICO

PRESAS

Tiene la finalidad de embalsar el agua en el cauce fluvial para su posterior aprovechamiento en abastecimiento o regadío, para elevar su nivel con el objetivo de derivarla a canalizaciones de riego, para laminación de avenidas (evitar inundaciones aguas abajo de la presa) o para la producción de energía mecánica al transformar la energía potencial del

almacenamiento en energía cinética y ésta nuevamente en mecánica al accionar la fuerza del agua un elemento móvil.

(Ven Te Chow, 1983), En ingeniería se denomina presa o represa a una barrera fabricada de piedra, concreto o materiales sueltos, que se construye habitualmente en una cerrada o desfiladero sobre un río o arroyo. Tiene la finalidad de embalsar el agua en el cauce fluvial para elevar su nivel con el objetivo de derivarla, mediante canalizaciones de riego, para su aprovechamiento en abastecimiento o regadío, en eliminación de avenidas (evitar inundaciones de aguas abajo de la presa) o para la producción de energía mecánica al transformar la energía potencial del almacenamiento en energía cinética y está nuevamente en mecánica y que así se accione un elemento móvil con la fuerza del agua. La energía mecánica puede aprovecharse directamente, como en los antiguos molinos, o de forma indirecta para producir energía eléctrica, como se hace en las centrales hidroeléctricas.

CAPACIDAD DE UN EMBALSE

La capacidad de un embalse se mide por el volumen de agua contenido en su vaso de almacenamiento para una altura dada de la presa y de su aliviadero. Para calcular la capacidad se utilizan los planos levantados del vaso de almacenamiento. Para ello, una vez que hallamos fijado el sitio de la presa y la cota del fondo del río, comenzamos por medir con el planímetro las áreas abarcadas por cada una de las curvas de nivel. Luego, si calculamos la semisuma de las áreas entre curvas y las multiplicamos por el intervalo entre las mismas obtenemos el volumen almacenado entre curvas o volumen parcial. Si se acumulan luego los volúmenes parciales, se obtienen el volumen almacenado por cada cota o altura sobre el fondo del río (Castillo T Jorge L, 2006).

ESTRUCTURAS QUE CONFORMAN EL EMBALSE

(Castillo T Jorge L, 2006) Todo embalse consta de las siguientes estructuras básicas: la presa, el aliviadero y las obras de toma.

La presa, dique o represa, es la estructura de retención de las aguas y resiste un empuje. Debe ser, por lo tanto, impermeable y estable, conjuntamente con su fundación y sus estribos.

El aliviadero o estructura de alivio o descarga de los excedentes que llegan al embalse, los cuales no se desean almacenar. Sus características más importantes es la de evacuar con facilidad las máximas crecientes que llegan al vaso de almacenamiento. Su insuficiencia provoca el desborde del agua por encima de la cresta de la presa y el posible colapso de esta estructura si se trata de una presa de tierra o enrocado.

Las obras de toma son un conjunto de estructuras formado por una estructura de entrada o toma, un túnel o conducto a través de un estribo o de la presa y una estructura de salida. Este conjunto permite tomar las aguas del embalse y pasarlas al canal principal. Debe tener suficiente capacidad para descargar las aguas abastecer a la zona de riego con el gasto necesario, de acuerdo a los requerimientos de los suelos para niveles mínimos del embalse.

VASO DE LA PRESA

Es la parte del valle que, inundándose, contiene el agua embalsada. Una de las condiciones básicas que debe reunir un embalse es su estanqueidad. Sin embargo, dependiendo del uso del mismo, las pérdidas de agua pueden ser más o menos tolerables. Así, un embalse de regulación de avenidas no requiere la misma estanqueidad que para abastecimiento o regadío. Por otro lado, las condiciones de impermeabilidad también deben ser analizadas en función de las necesidades del aprovechamiento, ya que, en ocasiones, puede ser económicamente rentable proceder a tratamientos de impermeabilización en zonas concretas (González de Vallejo Luis I, 2004).

CIMENTACIÓN DE LA PRESA

(Ray K.Linsley & Joseph B. Franzini, 1978), La cimentación: es la parte de la estructura de la presa, a través de la cual se transmiten las cargas al terreno, tanto las producidas por la presión hidrostática como las del peso propio de la estructura.

La cimentación debe proporcionar un apoyo estable para el terraplén en todas sus condiciones de carga y saturación.

Debe tener resistencia a la filtración para evitar daños por erosión y pérdidas de agua.

El área de la fundación de la presa se debe limpiar totalmente removiendo todos los árboles, malezas, raíces, piedras, tierra vegetal, basuras, materiales permeables, etc., hasta llegar a una capa de suelo resistente y adecuado. La superficie obtenida para la fundación deberá ser escarificada antes de comenzar a construir el terraplén.

El área de fundación correspondiente a cauces de arroyos deberá ser limpiada, profundizada y ampliada hasta remover todas las piedras, grava, arena, y cualquier material indeseable. La limpieza de los cauces se efectúa profundizando de manera que los taludes de la excavación sean estables.

Cuando se encuentre roca durante la preparación de la fundación, es importante que ésta quede perfectamente limpia removiéndose de su superficie toda costra o fragmento de roca. Para esta operación no se podrá emplear ningún tipo de explosivos.

Es importante que se realice simultáneamente la preparación de la fundación y la excavación para la tubería de toma de agua de acuerdo con las pendientes y dimensiones mínimas indicadas en planos.

En esta etapa de la construcción es importante tomar todas las previsiones para controlar el agua hasta que se concluya la obra.

CIMENTACIONES EN ROCA

En general no presentan problemas de resistencia a la capacidad portante. El principal problema lo constituyen las filtraciones excesivas por fisuras y grietas.

CIMENTACIONES EN LIMO ARCILLA

El problema estriba no tanto en las filtraciones como en la estabilidad del suelo de la cimentación

CIMENTACIONES SATURADAS

Es necesario estudiar el grado de consolidación del suelo previa identificación del mismo. El estudio es extensivo y puede resultar costoso. Algunas medidas constructivas son: reemplazar o quitar los suelos blandos, instalar sistemas de drenaje durante la construcción, suavizar los taludes del terraplén

CIMENTACIONES RELATIVAMENTE SECAS

Son suelos buenos desde que la relación de vacíos sea adecuada. Si el suelo es seco y de baja densidad pueden surgir asentamientos considerables cuando se cargue la presa y se sature el suelo, causando la falla bien sea por asentamientos totales y disminución del borde libre de la presa, o por asentamientos parciales que pueden partir el núcleo impermeable. Medidas constructivas a tomar son: reemplazo del suelo; delantales impermeables aguas arriba; filtro permeable aguas abajo; humedecimiento previo del suelo.

CIMENTACIONES EN ARENA Y GRAVA

Frecuentemente la cimentación de presas flexibles consiste en depósitos aluviales de arena y grava relativamente permeables. Se presentan los siguientes problemas básicos: magnitud de las filtraciones subterráneas, presiones producidas por las filtraciones; tubificaciones; y licuefacción. Arenas sin cohesión de baja densidad son peligrosas como fundación. Al presentarse pérdidas de agua del embalse hay que hacer la consideración sobre qué sale más caro: si el agua que se pierde o el tratamiento anti filtrante.

Todas las presas construidas sobre material permeable deben tener un dren aguas abajo.

(González de Vallejo Luis I, 2004), la elección del tipo de presa depende en primer lugar de las condiciones de cimentación. Cualquier tipo de presa de hormigón exige que las deformaciones en el macizo rocoso sean compatibles con las del hormigón; es decir, que no

se superen ciertos niveles de deformación no soportables por la estructura de la presa; así, no es posible cimentar este tipo de presas en suelos o rocas blandas. Tampoco una presa de hormigón sería una solución adecuada si la profundidad de la cimentación requiriera una excavación muy profunda (por presencia de materiales muy alterados o tectonizados en relación con la altura de la presa); en estas situaciones el volumen de excavación supondría un coste elevado.

PARTES DE LA PRESA

CERRADA

(González de Vallejo Luis I, 2004), En general, las cerradas deben reunir condiciones de baja permeabilidad. Los efectos de las filtraciones, prácticamente presentes en la mayoría de los macizos, bien a través de fracturas o discontinuidades o a través de zonas alteradas, son especialmente críticos para las cimentaciones al ocasionar los siguientes problemas:

Supresiones en la base de la presa.

Inestabilidades en la zona de aguas abajo de la presa.

Creación de gradientes elevados con altas velocidades de filtración y riesgo de erosiones internas. Inestabilidad de taludes en los estribos.

Pérdidas significativas de caudales.

TALUDES

Son las dos superficies principales que limitan el cuerpo de la presa, el interior o de aguas arriba, que está en contacto con el agua, y el exterior o de aguas abajo.

ALIVIADERO

También denominado vertedero hidráulico es la estructura hidráulica por la que rebosa el agua excedentaria cuando la presa ya está llena.

Son las estructuras que permiten el vaciado del embalse a través de la propia presa o por medio de estructuras independientes. Se diseñan para caudales máximos estimados en base al estudio de las series históricas de precipitación, conocidas o evaluadas, en la cuenca de recepción afectada por la cerrada. La localización y configuración del aliviadero depende del tipo de presa, y de las condiciones topográficas o geológico-geotécnicas de la cerrada y su entorno. En las presas de materiales sueltos el aliviadero se construye con independencia al cuerpo de presa (González de Vallejo Luis I, 2004).

(González de Vallejo Luis I, 2004), en una presa de materiales sueltos la insuficiencia de aliviadero puede producir su rotura. Aun antes de volcar las aguas, el rompiente de las olas

puede abrir brechas en coronación, que determinan el paso de las aguas y el arrastre de la presa.

DESAGUE DE FONDO

Permite mantener el denominado caudal ecológico aguas abajo de la presa y vaciar la presa en caso de ser necesario. Las tomas son también estructuras hidráulicas, pero de menor entidad, y son utilizadas para extraer agua de la presa para un cierto uso, como puede ser abastecimiento a una central hidroeléctrica o a una ciudad

PROCESOS DE LA SATURACIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Cuando se está construyendo una obra sobre suelos parcialmente saturados, es preciso tener en cuenta que el proceso de saturación en sí mismo puede inducir efectos más importantes que si el suelo hubiera estado saturado desde antes de construir una cimentación. Como luego se verá, la saturación implica cambios de volumen del suelo, que en determinados casos pueden ser importantes. En estas condiciones, es más perjudicial que dichos cambios tengan lugar cuando la obra ya está construida y en servicio. Los suelos granulares (gravas y arenas) apenas sufren cambios de volumen al saturarse. El problema se reduce a los suelos de grano fino.

El criterio más influyente en las presas de materiales sueltos es la disponibilidad de materiales. Los núcleos impermeables precisan suelos de baja permeabilidad (en general inferior a 10^{-5} cm/s) y se descartan los suelos colapsables, orgánicos, solubles y de alta plasticidad. El entorno geológico habitual donde se sitúan estas presas puede responder a formaciones sedimentarias, suelos aluviales, arcillas sobre consolidadas o rocas blandas. Se deben descartar los materiales erosionables, dispersivos y solubles, y los de alta permeabilidad (González de Vallejo Luis I, 2004).

SUELOS EXPANSIVOS EN LA CIMENTACIÓN

El comportamiento descrito es típico de los suelos finos normales, con deformaciones significativas pero moderadas (expansiones del orden del 1% o ligeramente superiores). Sin embargo, existen algunos suelos en los que la expansión por saturación es significativamente superior. Estos suelos se denominan "expansivos".

El carácter expansivo de un suelo suele estar asociado a la presencia de algunos minerales arcillosos, que tienen la propiedad de admitir moléculas de agua en el interior de su red cristalina. De ellos el más frecuente es la montmorillonita. El carácter expansivo de estas especies mineralógicas va asociado a una gran actividad, que se manifiesta también en una elevada plasticidad, siendo frecuentes límites líquidos incluso superiores a 100%. Esto

permite identificar la posible presencia de estos minerales, y por tanto adoptar las medidas para evaluar y tener en cuenta su carácter expansivo.

PRESIÓN DE POROS EN LA CIMENTACIÓN

En un material agregado como el suelo, la presión de poros es la presión del agua que llena los espacios vacíos. Ocurre que cuando esa presión llega a cierto valor, el suelo se vuelve inestable, debido a que las partículas pierden cohesión entre sí. En un suelo se debe controlar la presión de los líquidos lixiviados, mediante un adecuado drenaje.

En cualquier material trifásico (sólido, líquido, gaseoso) como los suelos naturales o artificiales (como es el caso de terraplenes de presas) la presión de poro corresponde a la presión del agua entre los espacios intersticiales de los sólidos. En estos materiales la resistencia mecánica está en función del esfuerzo efectivo (esfuerzo total - presión de poro) y a mayores presiones de poro menor es su resistencia.

En los suelos es importante controlar la presión de poros para aumentar su resistencia mecánica. Esto se logra mediante la colocación de drenes profundos, capas de geotextil drenante y sistemas de canales para la evacuación.

Según Cavero P. Cristina (2010) La presión de poros está definida como la presión que ejerce un fluido en los espacios porosos de la roca. También es llamada presión de formación o presión poral, está en función de los fluidos de formación y de las cargas que están soportando.

(Terzaghi, 1925, 1936; Skempton, 1960), El esfuerzo total que obra en cualquier punto de una sección de suelo saturado o de roca, puede dividirse en dos partes. Una de ellas, llamada presión intersticial, presión de poro o esfuerzo neutro actúa en el agua y en el sólido con igual intensidad y en todas direcciones. La otra parte, conocida como esfuerzo efectivo p , representa el exceso sobre el esfuerzo neutro, y actúa exclusivamente entre los puntos de contacto de los componentes sólidos.

COMPACTACIÓN DE SUELOS

La compactación es un proceso por el cual se disminuye el índice de poros de los suelos, sin variar su contenido de humedad (cuando se disminuye la humedad, se suele hablar de "deseccación", no de compactación). Aunque hay procesos naturales de compactación, el interés se centra en los procesos artificiales. Suele distinguirse entre:

Compactación superficial: la que se consigue mediante el paso de elementos compactadores sobre la superficie del terreno. Es el procedimiento usual para construcción de rellenos, terraplenes o presas de materiales sueltos.

Compactación profunda: se aplica para mejorar las características de terrenos o rellenos preexistentes, de espesor considerable. Se realiza en el interior del terreno mediante diversos procedimientos (vibroflotación, columnas de grava, voladuras, inyecciones, etc.). Todos ellos requieren el uso de maquinaria especializada.

Aunque gran parte de los conceptos son generales, nos referiremos en lo que sigue a la compactación superficial.

El alcance de la compactación en profundidad es pequeño, por lo que el material se extiende pequeños espesores (del orden de decímetros), compactando cada capa antes de extender la siguiente. En general se utilizan rodillos estáticos o vibratorios, que provocan presión estática e impacto. efecto dinámico de la vibración es especialmente eficaz en suelos granulares. En el caso de suelos arcillosos (por ejemplo, en núcleos impermeables de presas de tierras), se emplean rodillos de pata de cabra, que inducen compactación por amasado.

PROCESO DE COMPACTACIÓN

La compactación es un proceso rápido. La actuación de los elementos compactadores sobre cada punto dura escasos segundos, por lo que no da tiempo a que se produzca expulsión de agua del interior del terreno.

En consecuencia, el proceso tiene lugar sin drenaje, por lo que sólo tiene sentido en el caso de suelos parcialmente saturados. En un suelo saturado en el que no se produce variación del contenido de agua, el volumen no varía, al ser incompresibles tanto el agua como las partículas sólidas.

CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA

La geomorfología estudio las distintas formas del relieve terrestre considerando: origen, litología, clima, geología estructural, geotectónica, etc. Todo lo cual engloba las diferentes fuerzas endógenas y exógenas que influye en la disposición del paisaje.

La configuración de la zona de estudio, es el resultado de la influencia del modelamiento tectónico-estructural que dio lugar a eventos geológicos regionales que definieron el entorno geológico de la zona de estudio, pero que hasta la actualidad han sido constantemente modificados por procesos erosivos los cuales dan lugar a geoformas de relieve.

La zona donde se emplaza el proyecto “CONTRUCCION DE LA PEQUEÑA PRESA DE CHACOYOCAMPANA, se formó en relieves naturales donde clasifican las formas del paisaje y la relación de la geología, clima e hidrología característicos de esta área de estudio, donde representa a una clasificación de región frío seca, en el campo y con la ayuda de la imagen satelital, boletines, cartas nacionales de la 29S (Livitaca), se pudo clasificar e identificar los relieves más característicos de influencia de la zona de estudio como:

2.1.GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

2.1.1 BORDE NE DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL

Está localizado al SO de los cuadrantes II y III. Corresponde a una zona con relieves relativamente planos cuyas altitudes alcanzan 4000 msnm, con cumbres entre 4200 y 4300 msnm. Sin embargo,

la incisión de los ríos Velille y Apurímac le da a esta unidad una topografía accidentada.

Destacan las montañas de Quepuro-Tauca Orcco de dirección NNO-SSE y las Montañas de Sihuina y Quintir, entre otras, que superan los 4000 msnm. Todas estas montañas se han desarrollado sobre conglomerados de la Formación Anta del Eoceno superior-Oligoceno inferior.

El límite con el Altiplano es bastante irregular ya que corresponde a cambios de dominios paleogeográficos, controlados por fallas regionales importantes como las de dirección NO-SE Cusibamba Acomayo y NNO-SSE Huanquite-Accha. Estas fallas son parte del sistema Cusco-Lagunillas-Mañazo y controlan los principales sistemas de drenajes, por donde discurren los ríos Velille o parte del Apurímac.

2.1.2 RIO VELILLE

Río Velille es una corriente ubicada en el departamento del cusco que se encuentra a una altitud de 2,920 metros sobre el nivel del mar. En nuestra zona de estudio una incidencia es que el agua del río Velille es usada para regar los campos de cultivo y sirve como fuente de agua para los animales y personas de las comunidades aledañas al río. 2 distritos usan el agua, Omacha y Accha de la provincia de Paruro.

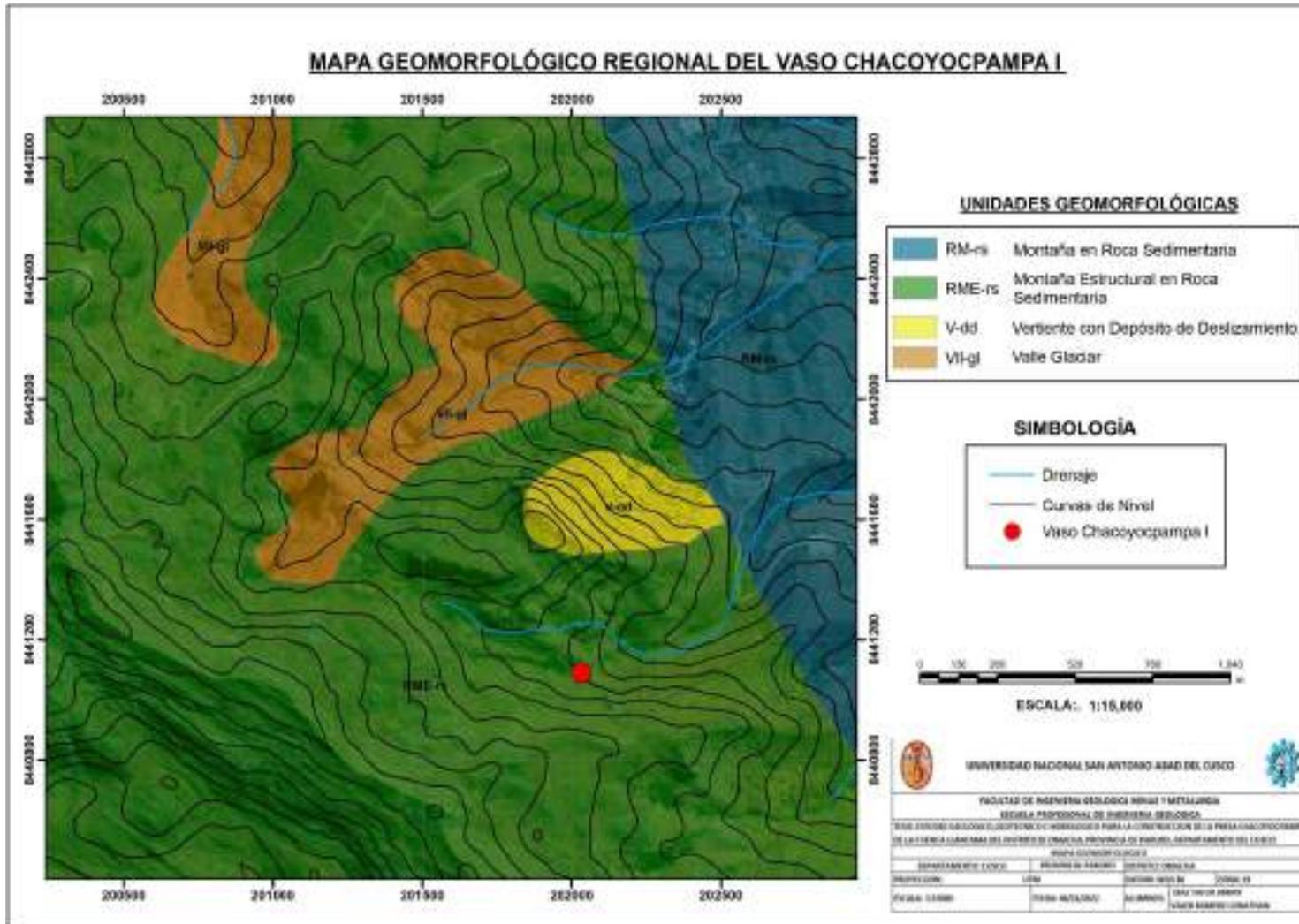
2.1.3 PALEOGEOGRAFIA

Desde el punto de vista paleogeográfico corresponde al borde NE de la cuenca occidental mesozoica sur peruano. Aquí afloran areniscas cuarzosas de la Formación Soraya (Cretácico inferior) del Grupo Yura y calizas de la Formación Ferrobamba (Albiano-Turoniano). Sobreyaciendo en discordancia están los conglomerados de la Formación Anta (Eoceno superior Oligoceno inferior) y del Grupo Tacaza. Intrusivos eocenos del borde norte del Batolito Andahuaylas-Yauri cortan a las unidades mesocenoicas, produciendo en algunos casos zonas de skarn y de mineralizaciones, como el yacimiento de Accha

2.1.4 PLANICIE DE ACCHA

La planicie de Accha situada entre 3550 y 3600 msnm se reconoce como una unidad local. Se trata de una zona con relieve plano que corresponde a depósitos lacustres que evidencian la formación de un lago durante el Pliocuaternario. Esta planicie se encuentra rodeada por las montañas de Sihuina-Cangal-Tahui y las montañas de Inticahuarina-Quintir de dirección NO-SE, con alturas desde 4300 msnm a 4500 msnm. Estas montañas son cortadas por los ríos Velille y Apurímac, formando laderas muy empinadas. Finalmente, se reconocen las montañas de QuepuroTauca Orcco de dirección casi N-S en la margen izquierda del río Velille, donde también forman laderas muy empinadas. Esta unidad se encuentra irregularmente distribuida en los cuadrángulos de Cusco y Livitaca. Sus desniveles están comprendidos entre los 4,200 a 4,985 m.s.n.m. Morfológicamente, se caracteriza por presentar colinas con pendientes pronunciadas y en algunos casos picos pronunciados.

La glaciación cuaternaria es particularmente interesante en parte de los Andes, pues la mayoría de las porciones más elevadas han sido afectadas por la escarpación, mientras que en las partes aledañas están cubiertas por depósitos morrénicos y principalmente por depósitos fluvio-glaciares, los que a su vez se encuentran parcialmente ocultos debajo de otros materiales clásticos.



Plano 5 Mapa geomorfológico regional de Vaso de Chacoyocpampa I

2.2.GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Dentro del contexto de la geomorfológica local la zona de emplazamiento de la presa CHACOYOCPAMPA, está en unidad de plataforma estructural, es decir que la superficie suave o casi llana se originó producto de la falla adyacente a esta presa, con pendientes suaves con algunas resaltantes a manera de pequeñas colinas. Su origen está relacionado a los procesos físicos de arranque y abrasión por el que el glaciar fluyo sobre superficies fracturadas de lecho de roca, puliendo las paredes, profundizando, ensanchando y depositando roca fragmentada en el fondo del valle, dándole el aspecto que muestra actualmente.

2.2.1 VALLE GLACIAR

Esta unidad geomorfológica es bastante reducida en cuanto a longitud se refiere ya que desde los tramos iniciales hasta la zona de salto vertical donde termina el valle glaciar tiene un aproximado de 2.5 km. Sus flancos laterales sur este contrasta de manera abrupta con el fondo de valle y con el flanco noreste que tiene menos altura.

El valle en general presenta una sección transversal en “u” , característico de un valle glaciar su origen está relacionado a los procesos físicos de arranque y abrasión por la acción erosiva del glaciar.



Fotografía 1: Eje de la presa y vista del valle glaciar

Se observa el eje de la presa y una vista del valle glaciar con sección transversal en U propio de dicho valle

2.2.2 ZONAS MORRENICAS.

Son geformas de tipo deposicionales que están constituidos por fragmentos rocosos que se deslizan o son transportados dentro de una masa de hielo, este fenómeno se da mayormente en laderas con una pendiente considerable, en terrenos de sedimentación.

2.2.3 LADERAS

Esta morfología en el terreno presenta una variación de pendiente siendo en algunos sectores de los cerros fuerte a moderado, en su mayoría está constituido por el macizo rocoso, siendo el resultado de la acción desintegradora de agentes físicos como el hielo, la lluvia, que intemperizaron las rocas.



Vista de las laderas del cerro con diferentes pendientes. FUENTE: Propia

2.2.4 PENDIENTES.

Vale la pena decir que para la preparación del mapa de pendientes se empleó una guía de elevación digital elaborado a partir de las curvas de nivel en donde se puede distinguir las clases, al principio la clasificación se efectuó por porcentajes, manteniendo en cuenta que es la más empleada para manifestar la variable de pendientes, hay que destacar que está establecida su interpretación de acuerdo con los intervalos utilizados de la siguiente manera:

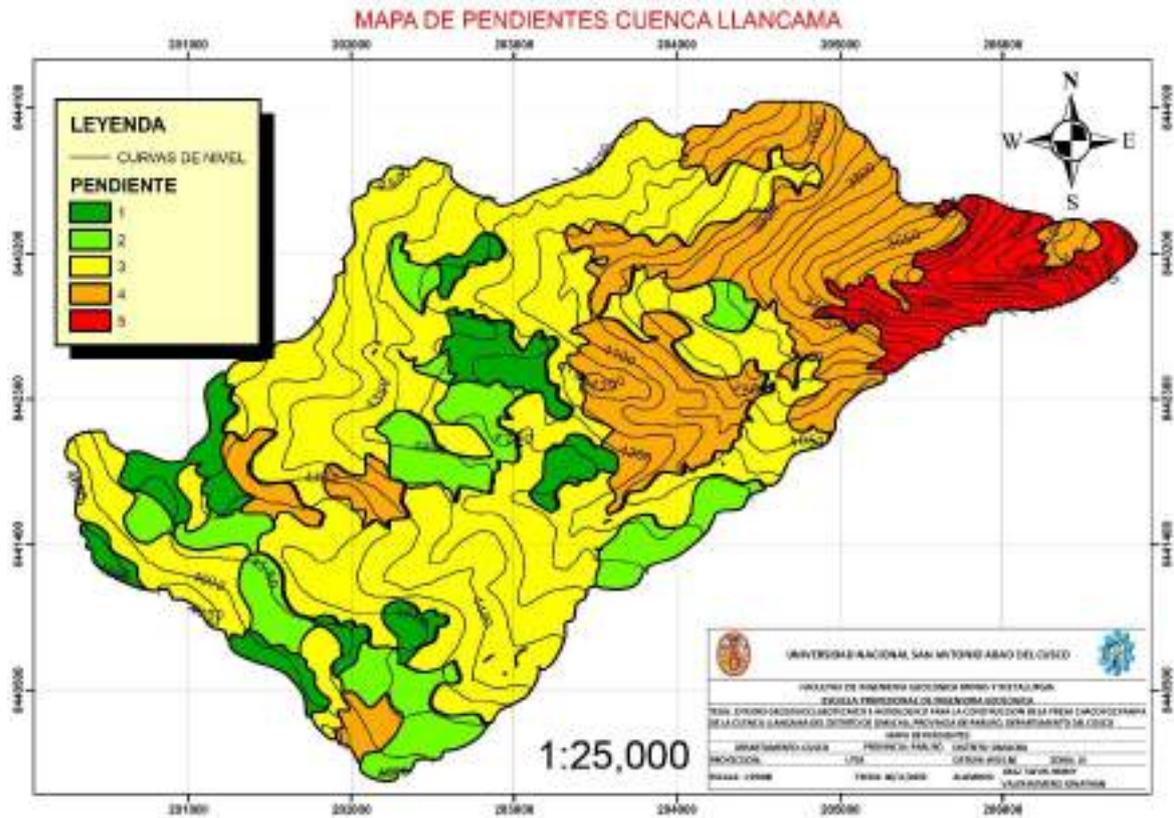
Tabla 4 Valoración de pendientes para susceptibilidad física

| VALORACION DE PENDIENTES PARA SUCEPTIBILIDAD FISICA | | |
|---|----------------------------------|---------------------------------|
| GRADO DE SUCEPTIBILIDAD | RANGO DE PENDIENTES | CRITERIO: RANGO DE PENDIENTE |
| BAJO | Plana a casi plana 0 – 2 % | 1 |
| | Ligeramente inclinada 2 – 4 % | |
| MEDIO | Moderadamente inclinada 4 – 8 % | 1.5 |
| | Fuertemente inclinada 8 – 15 % | 1.8 |
| ALTO | Moderadamente empinada 15 – 25 % | 2 |
| | Empinada 25 – 50 % | |
| MUY ALTO | Muy empinada 50 – 75 % | 3 |
| | Extremadamente empinada > 75 % | |

Fuente: MINAN

2.2.5 TOPOGRAFIA

Para la topografía se elaboró con sus respectivas curvas de nivel a cada 10 metros, para poder observar de manera más minuciosa al momento de elaborar el mapa, en el plano topográfico, se realizó el plano topográfico en base a la información obtenida de los cuadrángulos del INGEMMET.



Plano 6 Mapa de Pendientes

CAPITULO III: GEOLOGIA

El análisis y evaluación geológico de la zona de emplazamiento de la presa Chacoyocpampa, juega un rol muy importante en la toma de decisiones tanto en la ubicación y emplazamiento del eje de la presa antes mencionada, además influye de manera directa en el diseño estructural, cuyo fin de este estudio es de plantear las recomendaciones acordes al resultado final de la evaluación in situ y gabinete.

En este contexto; este estudio estará enfocado en la identificación y caracterización de los materiales que sirven de basamento al eje de la presa, además de analizar el material morrénico que actúa como dique y cantera de material de préstamos para la conformación del dique de la presa antes mencionada.

3.1.GEOLOGÍA REGIONAL

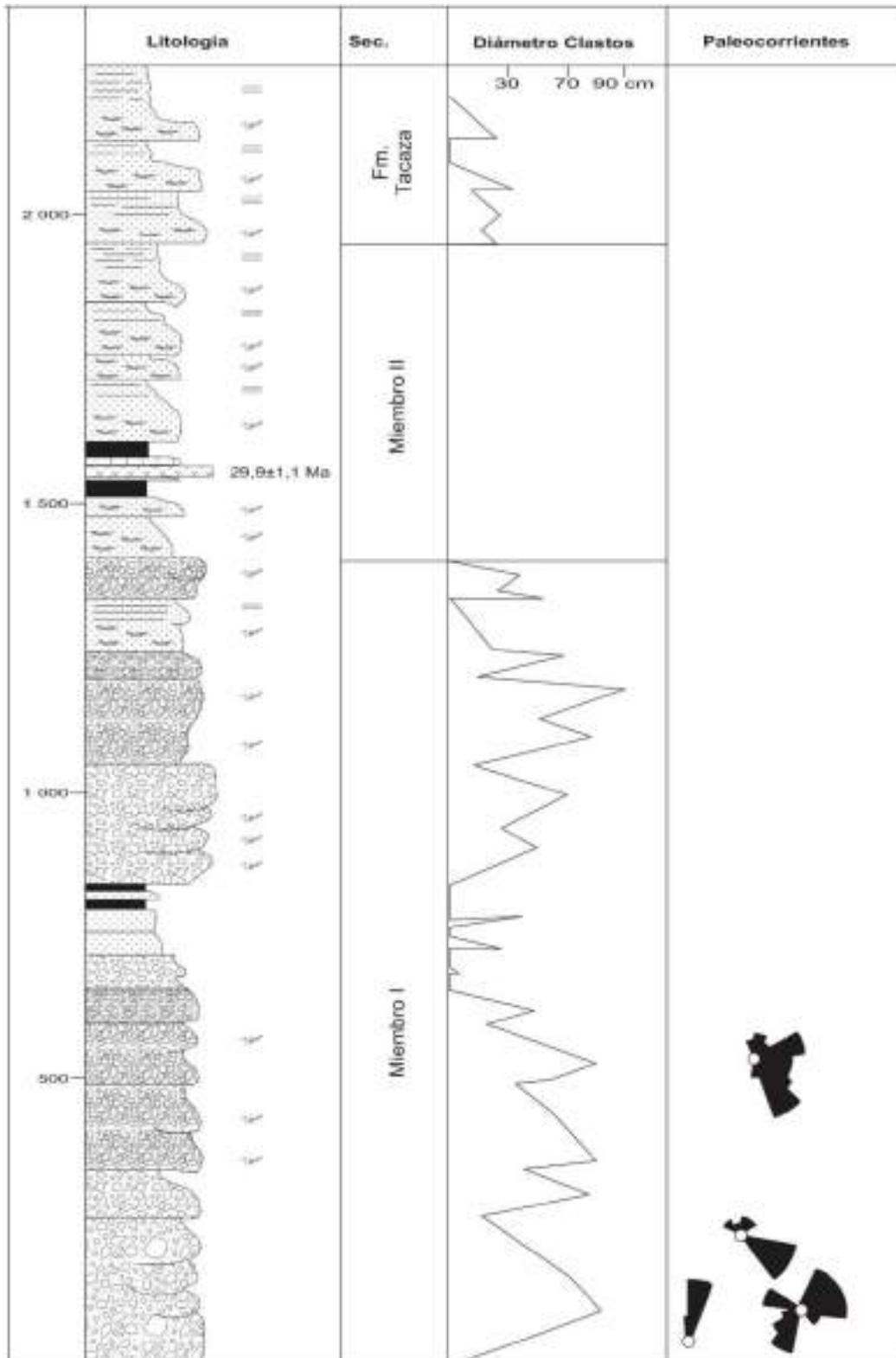
Dentro del contexto litológico regional, la presa está situada sobre material no consolidado de tipo coluvial, que además esta se emplaza sobre suelo de tipo morrénico, con potencias variables que pueden alcanzar las decenas de metros.

Como basamento rocoso la presa se emplaza sobre la formación Anta, litológicamente consistente en una serie de rocas sedimentarias como calizas, areniscas y conglomerados, la profundidad de ubicación de este basamento en el eje de la presa podría superar los 8.00 metros por debajo de la superficie.

3.1.2 FORMACIÓN ANTA: EOCENO SUPERIOROLIGOCENO INFERIOR

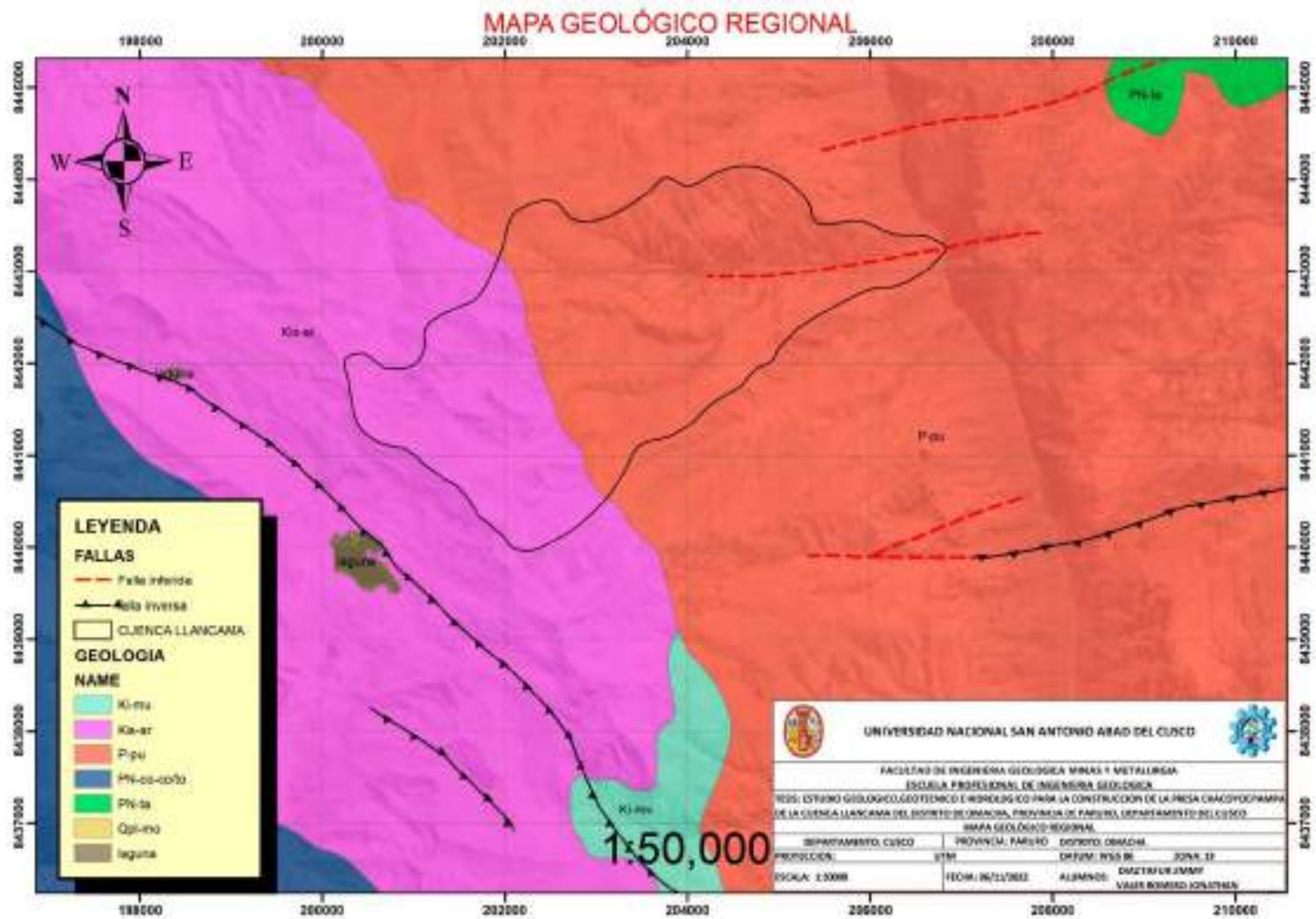
La Formación Anta (CARLOTTO et al, 1996) aflora ampliamente en el borde norte de la Cordillera Occidental, entre Huanquite, Paccaritambo, Coyabama-Accha y Acomayo-Pomacanchis. Esta unidad sobreyace en discordancia erosional sobre la Formación Auzangate en la carretera que va de Sangarara hacia Acomayo y en discordancia angular sobre la Formación Ayavacas o sobre intrusivos como de Acomayo o Accha. Desde el punto de vista paleogeográfico es el equivalente proximal de la Formación Soncco (CARLOTTO, 1998). La formación ha sido dividida en dos miembros. El Miembro I (1 500-2 500 m) está compuesta esencialmente por conglomerados de conos aluviales con clastos esencialmente volcánicos, de calizas y cuarcitas, intercalados con areniscas feldespáticas, limolitas rojas y además algunos niveles de brechas, aglomerados y coladas volcánicas. Esta unidad es más gruesa y potente hacia el sur, particularmente en el anticlinal de Coyabamba, donde se tiene más de 3,000 m de sedimentos principalmente gruesos. El Miembro II (500 m) está constituido por intercalaciones de areniscas y lutitas fluviales con ocasionales bancos de

conglomerados y clastos de rocas piroclásticas. La edad de esta unidad está dada, por una parte, por sobre yacer a unidades paleocenas e intrusivos datados entre 44 y 42 Ma, y por tener dos dataciones radiométricas. En efecto, esta unidad reposa sobre rocas intrusivas en Limatambo (cuadrángulo de Urubamba) datados por el método K/Ar sobre hornblendas en $43,3 \pm 1,9$ Ma (CARLOTTO, 1998). Los plutones de Pomacanchis y Acopia infrayacentes a la Formación Anta han sido datadas en 42 Ma (CARLIER et al., 1996). Igualmente, en el Cuadrante III, los macizos de Accha y Acomayo han sido datados por el método K/Ar sobre plagioclasas en $44,6 \pm 1,1$ y $48,5 \pm 5,3$ Ma respectivamente y están sobreyacidos por los conglomerados de la Formación Anta. En las partes media y superior de la formación (en Anta Chinchaypujio, Cuadrángulo de Cotabambas), coladas volcánicas han dado edades K/Ar sobre anfíboles de $38,4 \pm 1,5$ y $37,9 \pm 1,4$ Ma (CARLOTTO, 1998). En Pomacanchis, al límite sur del cuadrángulo, en el Miembro II, una lava basáltica intercalada con calizas lacustres y areniscas fluviales, ha dado una edad K/Ar sobre roca total de $29,9 \pm 1,1$ Ma (CARLOTTO, 1998). Estos datos permiten atribuir a la Formación Anta una edad comprendida entre el Eoceno medio al Oligoceno inferior ($\sim 41-40$ a 29 Ma).



Columna estratigráfica de la Formación Anta, levantada entre Pomacanchis y el cerro Minaspatá (Tomado de Carlotto, 1998; modificado).

Fuente: INGEMMET



Plano 7 Mapa Geológico Regional

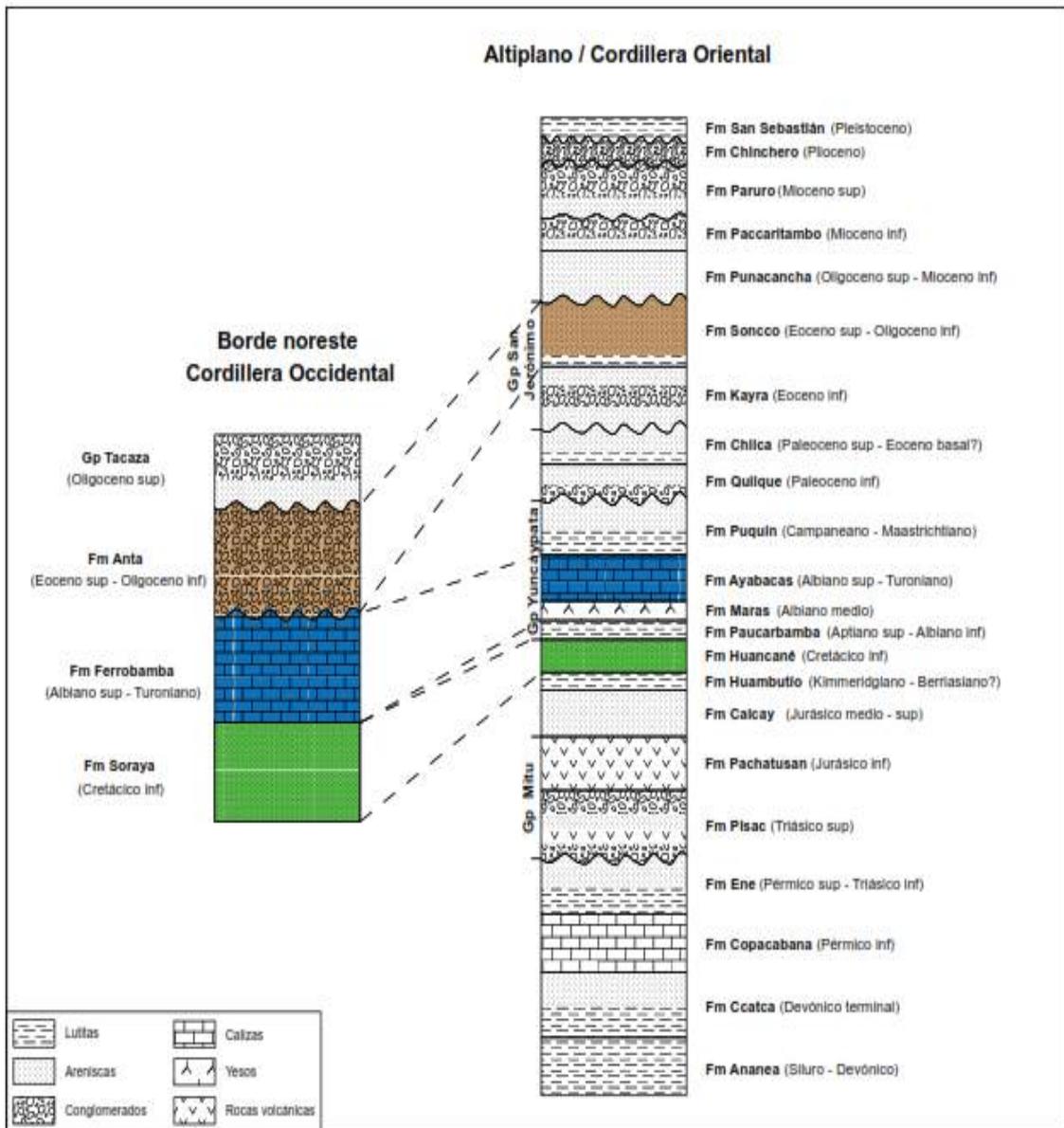


Fotografía 2 Afloramientos morrénicos regionales. Parte de la composición de la litología regional, se observan afloramiento de suelos morrénicos en el flanco izquierdo del eje de la presa

Se observa suelo morrénico que son geofomas de tipo deposicionales que están constituidos por fragmentos rocosos que se deslizan o son transportados dentro de una masa de hielo, este fenómeno se da mayormente en laderas con una pendiente considerable, en terrenos de sedimentación. En el área de estudio encontramos áreas morrénicas con material sedimentario y los podemos observar en el franco izquierdo de nuestra presa.



Fotografía 3 Suelos morrénicos en el flanco izquierdo de la presa Chacoyocpampa, la potencia de esta unidad podría alcanzar la decena de metros

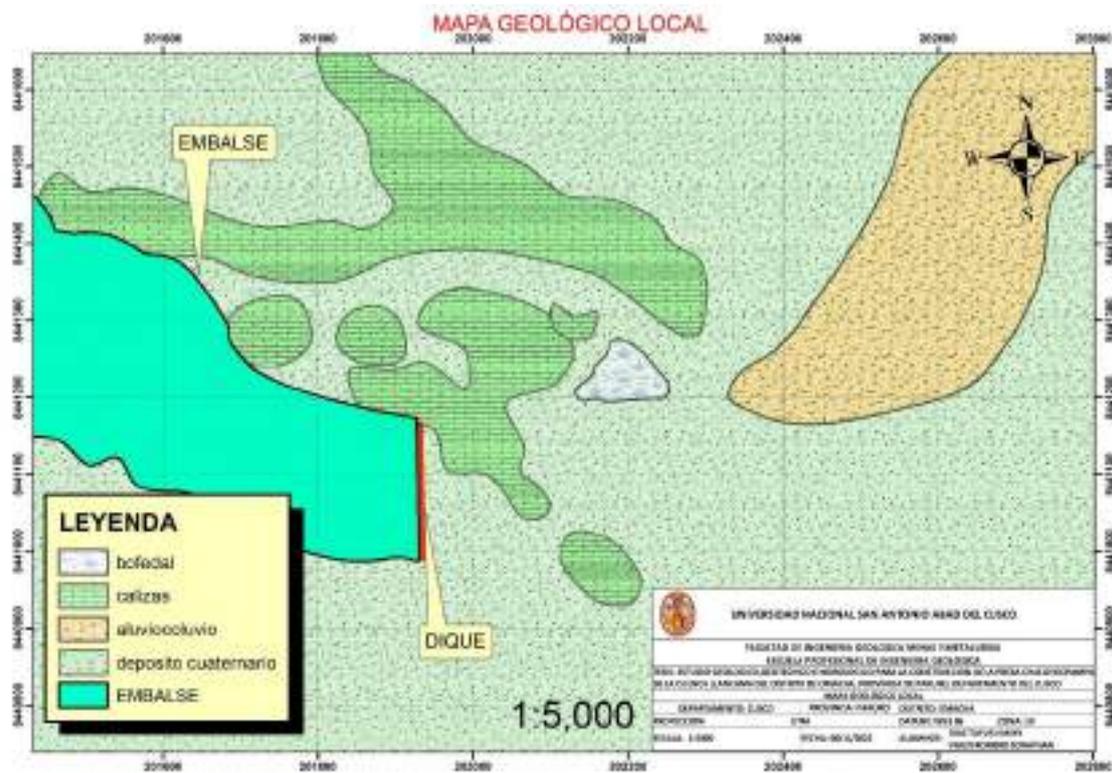


COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA REGION DEL CUSCO

FUENTE: cuadrángulo 28s

3.2.GEOLOGÍA LOCAL

Parte del contexto litológico local la presa se emplaza sobre suelos cuaternarios de origen coluvio - aluvial.



Plano 8 Mapa geológico local



Fotografía 4 Afloramiento de Conglomerado, Vista de la zona de presa, observando afloramiento de suelos cuaternarios y macizo rocoso, circundante al área de interés en estudio

3.3. FORMACION ARCURQUINA

Esta denominación fue establecida por Jenks W. (1948) y ratificada por Benavides V. (1962) para la secuencia calcárea que sobreyace a los clásticos Murco al noroeste de Arequipa, pero por Abancay Marocco R. (1975) y Pecho V. (1981) emplean el término Ferrobamba para la secuencia calcárea de posición estratigráfica similar a la Formación Arcurquina. Posteriormente (Mendivil, 1994) usa el término de Arcurquina diferenciando tres miembros para el área de Livitaca, pero aclara que esta unidad debe ser reclasificada, puesto que puede ser dividida en varias unidades con la categoría de formación e integrantes de un grupo, no habiéndose efectuado tal modificación porque no se han realizado las observaciones correspondientes. En el área de los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca se han incluido a todos los afloramientos calcáreos del Cretáceo en una sola unidad litoestratigráfica, que por su igualdad litológica y similar secuencia estratigráfica; se le considera como la prolongación lateral de la Formación Arcurquina, razón por la cual se mantiene dicha denominación. Los afloramientos cartografiados se hallan al oeste del valle de Apurímac más exactamente al Oeste de la línea conformada por los pueblos de Livitaca, Omacha y Accha, formando

cuerpos alargados y unitarios de gran extensión o de reducida área. Los principales y más representativos afloramientos se encuentran en la mina Katanga hacia el norte pasando por la señal Tiyuno y continúa hasta las cercanías de Accha. Todos los afloramientos citados están rodeados en su mayor parte por el Batolito de Abancay, razón por la cual las calizas se encuentran recristalizadas, aunque hay área en las que se observa la roca fresca como al norte de Capacmarca, o cuando están colindando en rocas sedimentarias.

Morfológicamente, ofrece un paisaje más agreste que las rocas colindantes, constituyendo los lugares de mayor altitud en el área, con frecuencia se han formado escarpas abruptas y aristas agudas controladas por las capas de estratificación, también se puede apreciar superficies cársticas de aspecto rugoso debido a la acción de la meteorización que ha formado dolinas, cavernas, siendo la caverna de mayor amplitud aquella ubicada en las inmediaciones de Livitaca, con importancia espeleológica reconocida a nivel nacional.

La Formación Arcurquina es una secuencia calcárea de calizas gris a gris oscuras, dolomías en capas medianas, margas y lutitas en porcentaje reducido, constituyendo conjuntos afines que se caracterizan por su composición, textura y secuencia, razones por las cuales Mendivil S. (1978) diferenció tres unidades con categoría de miembros las cuales seguidamente se describen:

Miembro A: Constituido por una gruesa secuencia de calizas grises, oscuras, pardas y amarillentas, con pátina gris-blanquecina o amarillo-rosada, la estratificación es definida en capas gruesas hasta de 2 metros, cuyas comisuras son muy conspicuas, fácilmente observables a gran distancia, hecho que se considera como característica no solo de esta unidad, sino de toda la formación.

En algunos lugares, como en Capacmarca, ocurren algunas intercalaciones de lutitas gris oscuras hasta negras, cuyo conjunto laminar forma estratos delgados, generalmente de 2 a 5 cm., raras veces pasan del citado espesor, con frecuencia las lutitas varían a limolitas y viceversa. También existen estratos de margas, y/o calizas margosas marrón grisáceas. Asimismo, en algunos lugares se ha observado bandeamiento dentro de las calizas. Hacia la parte superior, la estratificación es más delgada mientras que hacia la base se tiene estratos con abundantes nódulos.

Miembro B: Consiste de calizas, dolomías y margas gris claras, en capas medianas a gruesas, algo brechoides con abundantes nódulos de chert de forma irregular, generalmente aplanados, alargados o dispuestos paralelamente a la estratificación, por meteorización el chert destaca nítidamente dentro del resto de la superficie de cada capa, formando salientes alargadas, pero en detalle tiene forma irregular. También se presentan lutitas y limolitas con

cierto incremento hacia la parte superior, intercalándose indistintamente con las margas; generalmente muestra una estratificación más delgada que la unidad anterior y por estar dolomitizada o en parte ser verdaderas dolomías ofrecen paisajes ruiformes.

Miembro C: Está compuesto por calizas gris oscuras en parte azuladas, calizas margosas y margas en estratos gruesos con estratificación bien definida, esta unidad no siempre se encuentra debido a la acción erosiva actual. En cuanto al ambiente de sedimentación de la Formación Arcurquina dada las características litológicas, texturales y consideraciones regionales cae dentro del ambiente nerítico, tal vez localmente con influencia parálida. La Formación Arcurquina presenta relaciones estratigráficas propias para el área, ya que su posición espacio-temporal constituye un cambio litológico en sentido ecuatorial, así se tiene que en el área de Livitaca cubre a la Formación Chillorolla en contacto normal; mientras que el techo se presenta descubierto, conformando los picos más elevados; estas relaciones son puntuales pero observando el contacto regional tanto la base como el techo representan contactos tipo “traslape”, es decir que hacia el este llega a estar dentro del Grupo Moho a manera de lengua constituyendo la Formación Arcurquina sólo por el miembro B y hacia el oeste la Formación Arcurquina consta de los tres miembros citados. En cuanto al espesor dada la conformación litológica-estructural se estima en unos 350 metros, disminuyendo hacia el Este.

Edad y correlación: Por las relaciones estratigráficas regionales y tomando en cuenta la fauna reportada en localidades aledañas, ya que en el presente estudio no se ha encontrado fósiles se adopta dichas conclusiones y por tanto se le asume desde el Albiano hasta el Coniaciano, pero de acuerdo a las relaciones estratigráficas indicadas, la edad varía en ambos contactos hacia el oriente restringiéndose al Cenomaniano. La Formación Arcurquina se correlaciona con las unidades calcáreas del centro y norte del Perú, tales como Chulec, Pariatambo, Pullucana, Quilquiñán y Cajamarca; a la vez es equivalente del Grupo Moho.



Fotografía 5 Afloramiento de calizas en parte superior del vaso Chacoyocampa. Se observan plegamientos con dominio estructural compresivo



Fotografía 6 plegamientos con dominio estructural compresivo

CAPITULO IV HIDROLOGÍA

4.1 GENERALIDADES:

El estudio hidrológico está comprendido por la existencia de una microcuenca, llamada Llancama, en donde se emplazará la nueva presa Chacoyocpampa, para el estudio hidrológico, se recabo información hidrometeorológica del SENAMHI, ANA, también generamos información de estaciones cercanas a nuestra área de estudio que fueron necesarias como; Paruro , Acomayo, Livitaca, Tambobamba, , Santo Tomas, entre otros, posteriormente con el estudio realizado determinamos nuestras dimensiones de nuestra presa, como también el balance hídrico para así garantizar nuestra oferta y demanda de agua para dicho proyecto.

HIDROLOGIA DE LA MICROCUENCA

PARAMETROS MORFOMETRICOS DE LA CUENCA

MICROCUENCA LLANCAMA

La microcuenca Llancama, tiene un área 12.89 km² siendo un área de menor proporción que los 25 km² tiene la denominación de Microcuenca según Campos Aranda (1992); esta tiene una forma estrecha cuya cota mínima es de 2950 m.s.n.m. y su cuota superior es de 4650 m.s.n.m. se trata de una microcuenca en “U” con taludes moderadamente empinado.

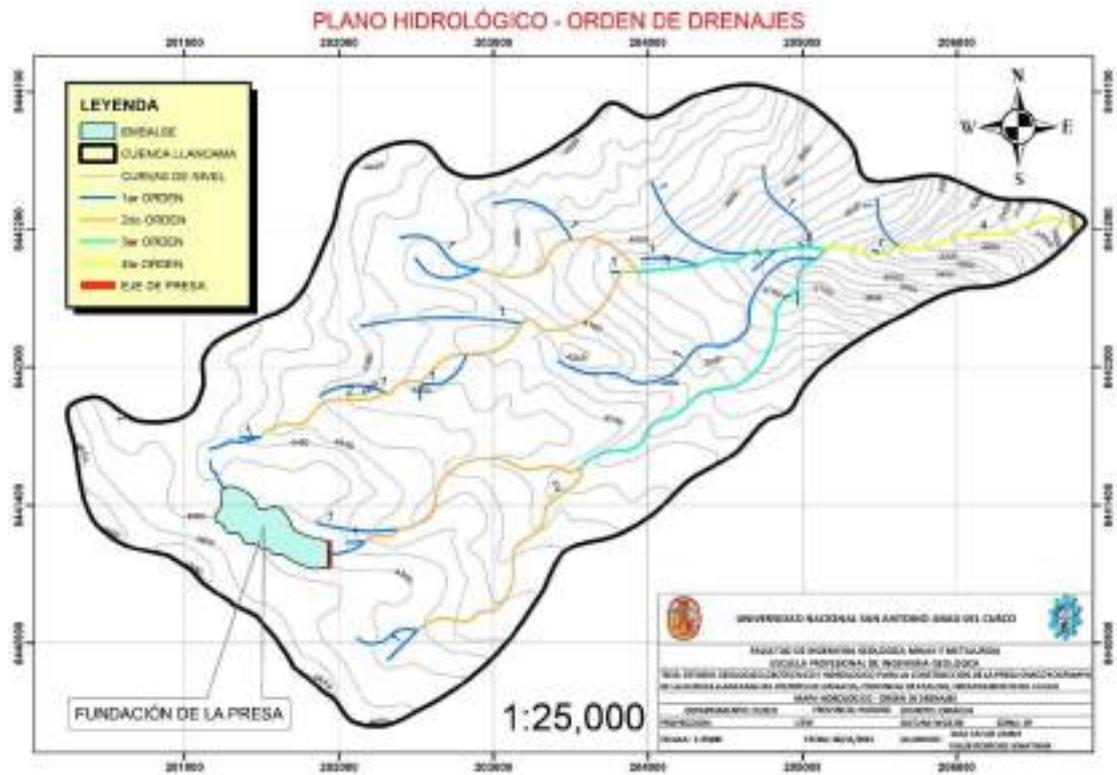


Fotografía 7 Se observa la geomorfología del Vaso Chacoyocpampa

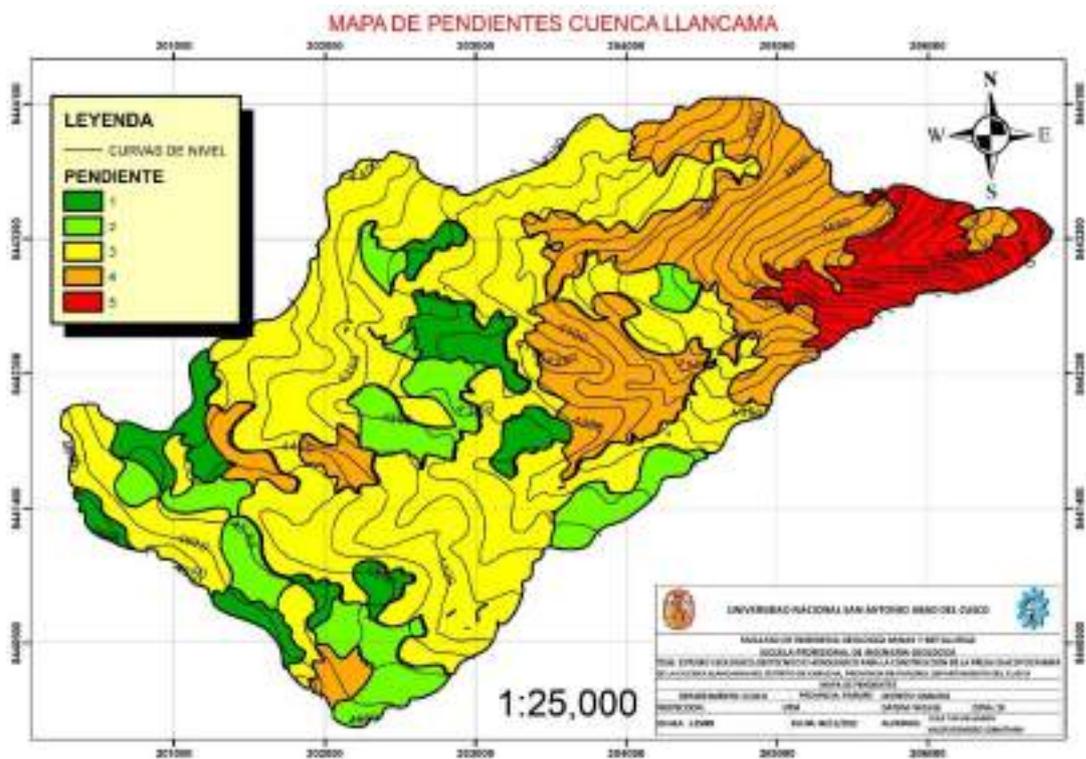
En la realización del estudio se observó que la microcuenca produce agua superficial con fines de recarga mediante una pequeña laguna, algunas fuentes de agua se forman por precipitaciones y por las nevadas de la zona. Esta información se corrobora por los pobladores de la zona lo que garantiza el correcto llenado de nuestra presa

Tabla 5 Parámetros morfométricos de la cuenca

| PARAMETROS MORFOMETRICOS DE LA MICROCUENCA LLANCAMA | | |
|---|---------|------------|
| DE LA SUPERFICIE | | |
| AREA | Km2 | 12.89 |
| PERIMETRO | Km | 17.32 |
| COMPACIDAD | Kc | 1.35 |
| COTAS | | |
| Cota máxima | msnm | 4650 |
| Cota mínima | msnm | 2950 |
| CENTROIDE | | |
| x centroide | m | 203210.98 |
| y centroide | m | 8442262.85 |
| ALTITUD | | |
| altitud media | msnm | 4185 |
| Altitud más frecuente | msnm | 4200 |
| Altitud de frecuencia media | msnm | 4194 |
| PENDIENTE | | |
| Pendiente Promedio de la cuenca | % | 42.68 |
| DE LA RED HIDRICA | | |
| longitud del curso principal | Km | 7.43 |
| orden de la red hídrica | UND | 4 |
| longitud de la red hídrica | Km | 24.74 |
| pendiente promedio de la red hídrica | % | 3.33 |
| PARAMETROS GENERADOS | | |
| tiempo de concentración | minutos | 32.9 |
| pendiente del cauce principal | % | 22.9 |



Plano 9 Plano hidrológico - orden drenajes



Plano 10 Mapa de pendiente cuenca Llanccama

4.2 CURVA HIPSOMETRICA.

Tabla 6 Curva hipsométrica

| N° | COTA (msnm) | | | AREA (Km2) | | | | PROMEDIO* REA PÁRCIAL |
|----|-------------|------|----------|------------|-----------|--------|---------|--------------------------|
| | MIN | MAX | PROMEDIO | INTERVALO | ACUMULADO | % ACUM | % inter | |
| 1 | 2950 | 3050 | 3000 | 0.0472 | 12.8892 | 100.00 | 0.37 | 141.6 |
| 2 | 3050 | 3150 | 3100 | 0.0940 | 12.842 | 99.63 | 0.73 | 291.4 |
| 3 | 3150 | 3250 | 3200 | 0.1192 | 12.748 | 98.90 | 0.92 | 381.5 |
| 4 | 3250 | 3350 | 3300 | 0.1344 | 12.6288 | 97.98 | 1.04 | 443.5 |
| 5 | 3350 | 3450 | 3400 | 0.1924 | 12.4944 | 96.94 | 1.49 | 654.2 |
| 6 | 3450 | 3550 | 3500 | 0.2396 | 12.302 | 95.44 | 1.86 | 838.6 |
| 7 | 3550 | 3650 | 3600 | 0.2472 | 12.0624 | 93.59 | 1.92 | 890.0 |
| 8 | 3650 | 3750 | 3700 | 0.2820 | 11.8152 | 91.67 | 2.19 | 1043.4 |
| 9 | 3750 | 3850 | 3800 | 0.4148 | 11.5332 | 89.48 | 3.22 | 1576.2 |
| 10 | 3850 | 3950 | 3900 | 0.6652 | 11.1184 | 86.26 | 5.16 | 2594.3 |
| 11 | 3950 | 4050 | 4000 | 0.8532 | 10.4532 | 81.10 | 6.62 | 3412.8 |
| 12 | 4050 | 4150 | 4100 | 1.2484 | 9.6 | 74.48 | 9.69 | 5118.5 |
| 13 | 4150 | 4250 | 4200 | 2.1768 | 8.3516 | 64.80 | 16.89 | 9142.6 |
| 14 | 4250 | 4350 | 4300 | 1.6368 | 6.1748 | 47.91 | 12.70 | 7038.3 |
| 15 | 4350 | 4450 | 4400 | 1.5636 | 4.538 | 35.21 | 12.13 | 6879.9 |
| 16 | 4450 | 4550 | 4500 | 1.8864 | 2.9744 | 23.08 | 14.64 | 8488.8 |
| 17 | 4550 | 4650 | 4600 | 1.088 | 1.088 | 8.44 | 8.44 | 5004.8 |

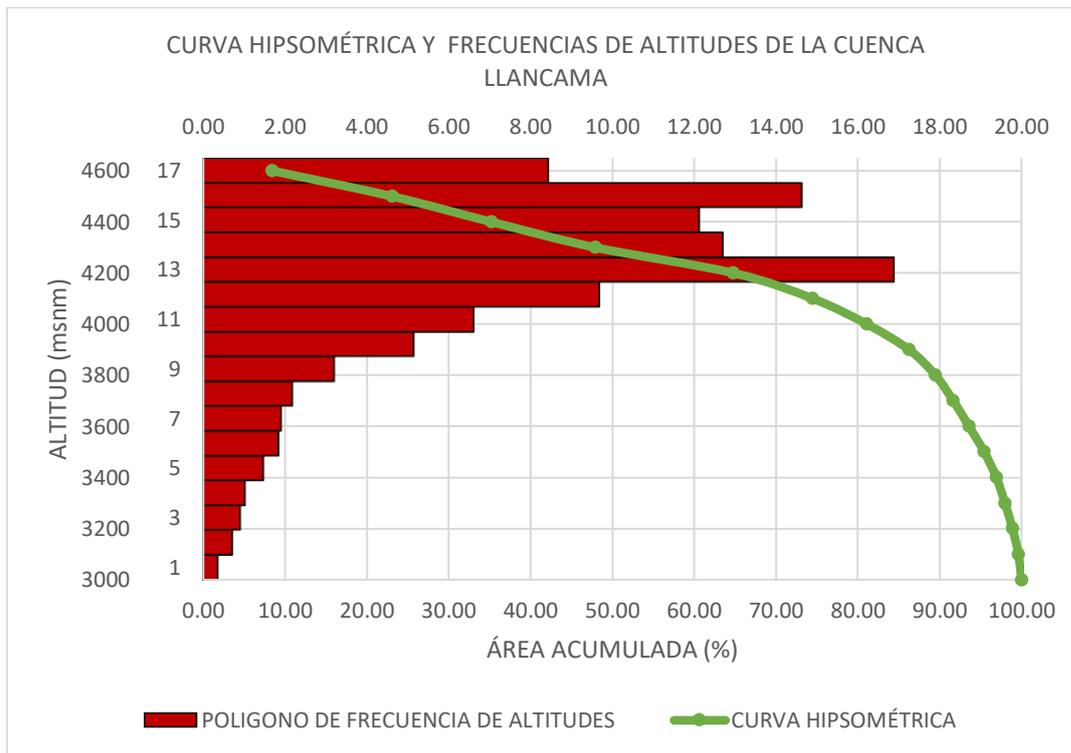


Figura 1 Curva Hipsométrica y frecuencia de altitudes de la cuenca Llanccama

4.3 ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLOGICAS

Para el análisis y tratamiento de las variables climáticas se usaron las siguientes estaciones:

Tabla 7 Análisis del tratamiento de la variable

| NOMBRE | UBICACIÓN | | | COORDENADAS | | ALTITUD (msnm) |
|-------------|--------------|--------------|------------|-------------|------------|----------------|
| | DEPARTAMENTO | PROVINCIA | DISTRITO | LATITUD | LONGITUD | |
| PARURO | CUSCO | PARURO | PARURO | -13.7675 | -71.8447 | 3084 |
| ACOMAYO | CUSCO | ACOMAYO | ACOMAYO | -13.9169 | -71.6836 | 3160 |
| LIVITACA | CUSCO | CHUMBIVILCAS | LIVITACA | -14.316944 | -71.683611 | 3741 |
| TAMBOBAMBA | APURIMAC | COTABAMBAS | TAMBOBAMBA | -13.9456 | -72.1756 | 3279 |
| SANTO TOMAS | CUSCO | CHUMBIVILCAS | LLUSCO | -14.3994 | -72.0886 | 3253 |

4.3.1 TEMPERATURA

Se registro las temperaturas (mínima, media y máxima) De tres estaciones Paruro, Acomayo y Pomacacanchi, con registros de 18 años.

la temperatura mínima anual es de 4.7 °C, la temperatura máxima anual es de 20.04 °C y la temperatura media anual es de 12.6°C.

| TEMPERATURA MEDIA MAXIMA | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|
| AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SETIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| PARURO | 22.3 | 21.9 | 22.3 | 23.3 | 23.1 | 22.3 | 22.2 | 23.3 | 24.0 | 24.2 | 24.7 | 23.0 |
| ACOMAYO | 20.1 | 19.7 | 20.1 | 21.0 | 21.0 | 20.7 | 20.5 | 21.7 | 22.3 | 22.4 | 22.6 | 21.0 |
| POMACANCHI | 16.4 | 16.2 | 16.4 | 16.9 | 17.1 | 16.7 | 16.4 | 17.5 | 18.1 | 18.3 | 18.4 | 17.1 |
| MEDIA MENSUAL | 19.6 | 19.3 | 19.6 | 20.4 | 20.4 | 19.9 | 19.7 | 20.8 | 21.5 | 21.6 | 21.9 | 20.4 |
| MEDIA ANUAL | 20.4 | | | | | | | | | | | |

| TEMPERATURA MEDIA MINIMA | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|
| AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SETIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| PARURO | 7.1 | 7.1 | 6.6 | 4.4 | 1.5 | 0.0 | -0.1 | 1.5 | 4.0 | 5.8 | 6.0 | 6.6 |
| ACOMAYO | 8.6 | 8.5 | 8.2 | 6.5 | 3.3 | 1.4 | 1.3 | 3.1 | 5.6 | 7.3 | 7.7 | 8.1 |
| POMACANCHI | 7.1 | 7.1 | 6.6 | 4.4 | 1.5 | 0.0 | -0.1 | 1.5 | 4.0 | 5.8 | 6.0 | 6.6 |
| MEDIA MENSUAL | 7.6 | 7.5 | 7.1 | 5.1 | 2.1 | 0.5 | 0.3 | 2.0 | 4.5 | 6.3 | 6.6 | 7.1 |
| MEDIA ANUAL | 4.7 | | | | | | | | | | | |

| TEMPERATURA MEDIA | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|
| AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SETIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| PARURO | 14.7 | 14.5 | 14.4 | 13.8 | 12.3 | 11.2 | 11.0 | 12.4 | 14.0 | 15.0 | 15.3 | 14.8 |
| ACOMAYO | 14.3 | 14.1 | 14.2 | 13.7 | 12.1 | 11.0 | 10.9 | 12.4 | 13.9 | 14.9 | 15.1 | 14.6 |
| POMACANCHI | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 10.7 | 9.3 | 8.4 | 8.1 | 9.5 | 11.1 | 12.0 | 12.2 | 11.9 |
| MEDIA MENSUAL | 13.6 | 13.4 | 13.4 | 12.7 | 11.3 | 10.2 | 10.0 | 11.4 | 13.0 | 14.0 | 14.2 | 13.7 |
| MEDIA ANUAL | 12.6 | | | | | | | | | | | |

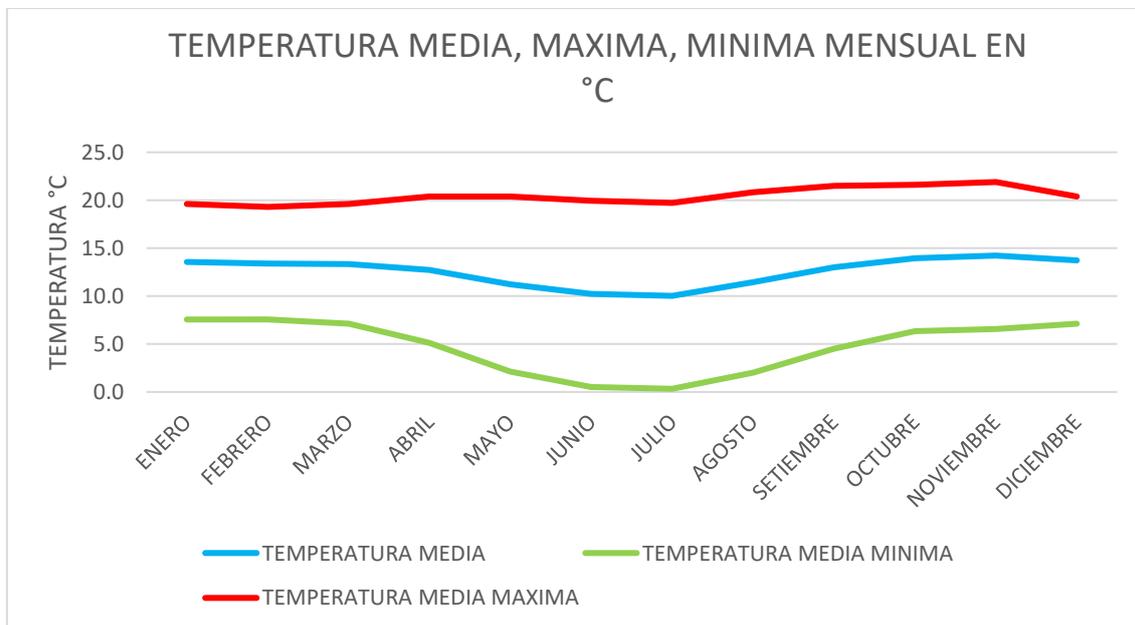


Figura 2 Temperatura media, máxima, mínima mensual en °C

Tabla 8 Horas de sol

| HORAS Y DECIMAS DE SOL (2001-2010) | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ESTACIONES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
| CURAHUASI | 166.24 | 149.07 | 156.73 | 184.04 | 199.17 | 180.12 | 188.04 | 216.00 | 212.39 | 212.34 | 216.14 | 169.97 |
| YAURI | 166.89 | 162.37 | 189.44 | 221.89 | 271.97 | 262.11 | 270.79 | 258.71 | 246.76 | 247.21 | 240.82 | 197.37 |
| MEDIA MENSUAL | 166.56 | 155.72 | 173.09 | 202.97 | 235.57 | 221.12 | 229.42 | 237.36 | 229.58 | 229.78 | 228.48 | 183.67 |
| MEDIA ANUAL | 207.77 | | | | | | | | | | | |

4.3.2 HORAS DE SOL

Contamos con registros de horas sol de 10 años de la estación Yauri y Curahuasi y desde los años 2001 hasta 2010; la mayor cantidad registradas lo pudimos obtener en el mes de agosto con 237.36 horas y la mínima lo obtuvimos en el mes de febrero con 155.72 horas, y una cantidad de horas media anual de 207.77 horas de sol y un total de 2262.67 horas anual.

En el Cuadro se muestra los valores de horas sol para el área de estudiada

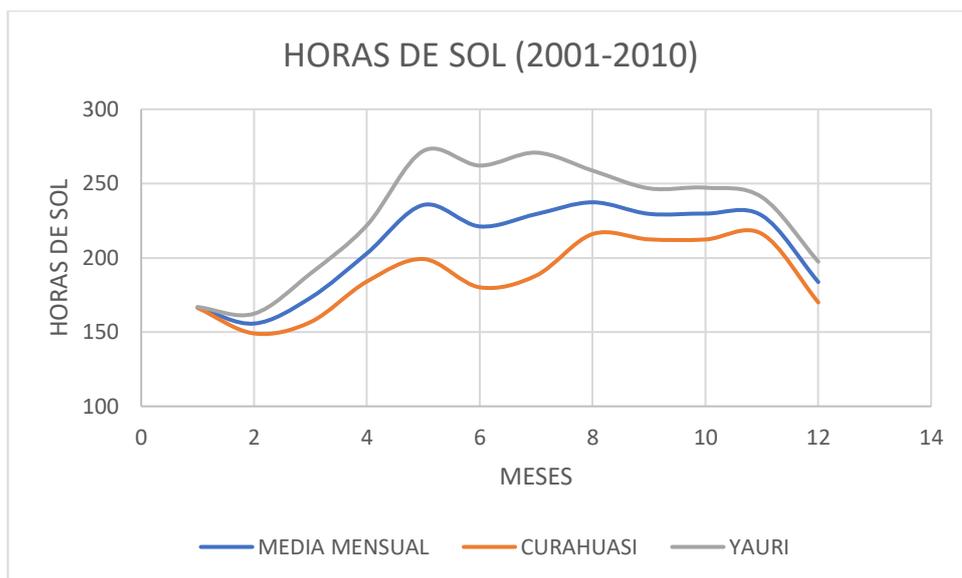


Figura 3: Horas del sol (2001-2010)

4.3.3 VELOCIDAD DEL VIENTO:

Contamos con los registros de viento de dos estaciones en un rango de 10 años (periodo del 2000- 2009); Santo Tomas, Tambobamba , en el siguiente cuadro se muestra los valores media mensuales de viento por estación, se tiene como velocidad máxima de viento (m/s) el mes de octubre con 3.025 m/s, velocidad mínima de viento el mes de abril con 2.09 m/s, y una velocidad media anual de viento con 2.49375 m/s, para el área de estudio.

Tabla 9 Velocidad del tiempo

| VELOCIDAD DEL VIENTO | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------------|---------|------------|------------|
| | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBR E | OCTUBRE | NOVIEMBR E | DICIEMBR E |
| AÑO | | | | | | | | | | | | |
| SANTO TOMAS | 1.28 | 1.41 | 1.38 | 1.26 | 1.15 | 1.07 | 1.42 | 1.26 | 1.59 | 1.62 | 1.48 | 1.34 |
| TAMBOBAMB A | 3.35 | 2.83 | 2.8 | 2.97 | 4.38 | 3.93 | 4.3 | 3.57 | 3.93 | 4.43 | 3.77 | 3.33 |
| MEDIA MENSUAL | 2.315 | 2.12 | 2.09 | 2.115 | 2.765 | 2.5 | 2.86 | 2.415 | 2.76 | 3.025 | 2.625 | 2.335 |
| MEDIA ANUAL | 2.49375 | | | | | | | | | | | |

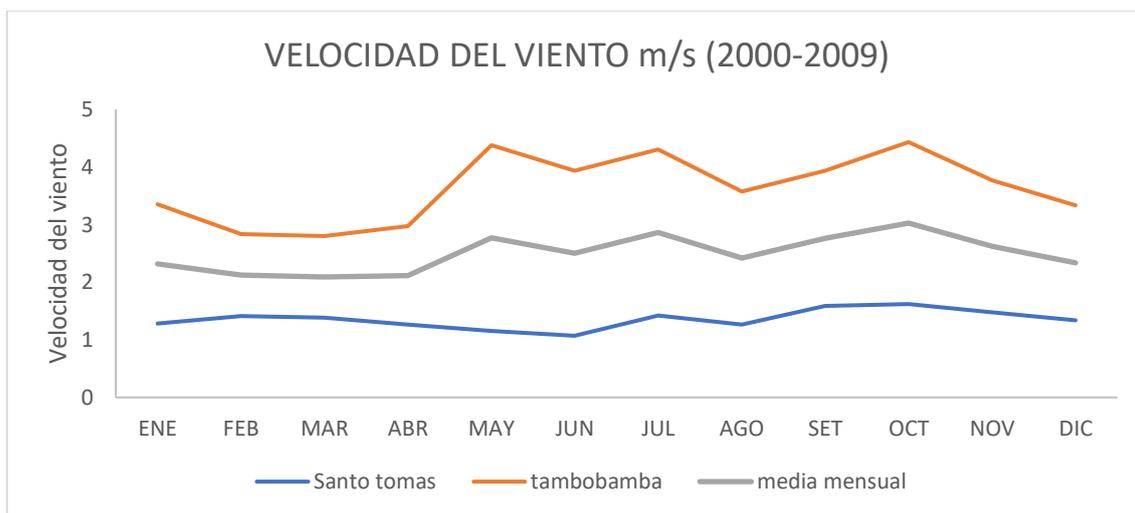


Figura 4 Velocidad del viento M/S (2000-2009)

4.3.4 EVAPORACIÓN

Se cuenta con registros de las estaciones Macusani, Chuquibambilla, en nuestra zona de estudio produce mayor evaporación es el mes de octubre con 93,4 mm y el que tiene menor evaporación es el mes de febrero con 81,7 mm, la media anual mensual es de 87.28 mm.

Tabla 10 Evaporación

| EVAPORACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO (mm) | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ESTACIÓN | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
| MACUSANI | 48.7 | 50.5 | 53.0 | 52.4 | 41.7 | 38.3 | 40.9 | 48.0 | 47.5 | 49.0 | 58.7 | 47.1 |
| CHUQUIBAMBI LLA | 121.1 | 113.0 | 126.0 | 127.3 | 130.2 | 128.2 | 127.3 | 133.2 | 128.6 | 137.9 | 112.7 | 133.4 |
| MEDIA MENSUAL | 84.9 | 81.7 | 89.5 | 89.9 | 86.0 | 83.3 | 84.1 | 90.6 | 88.1 | 93.4 | 85.7 | 90.3 |
| MEDIA ANUAL | 87.28 | | | | | | | | | | | |

En el siguiente cuadro se describe.

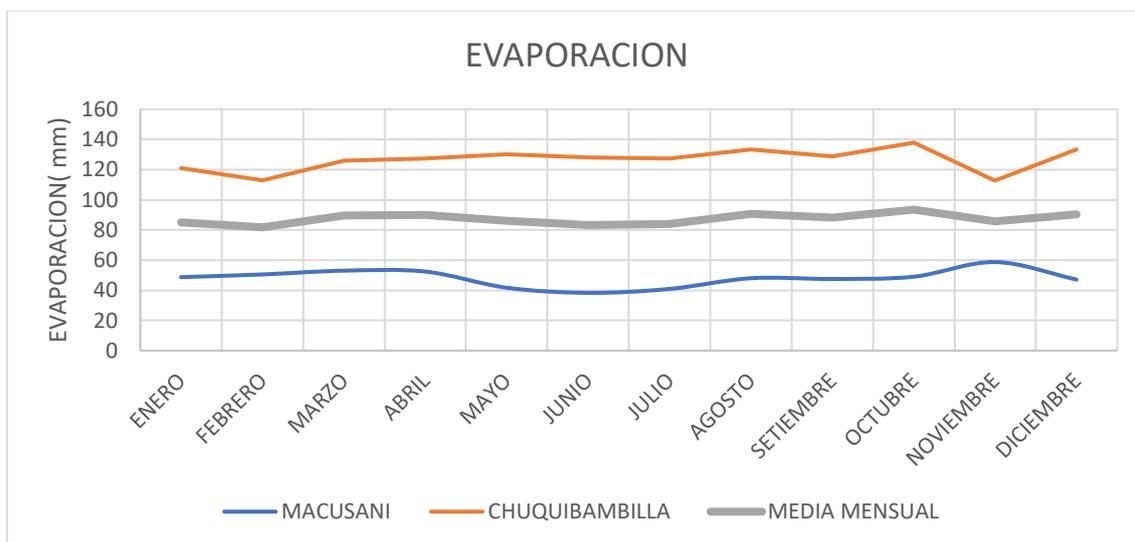


Figura 5 Evaporación

4.3.5 HUMEDAD RELATIVA

Para obtener la Humedad Relativa consideramos las estaciones Curpahuasi y Tambobamba, en nuestra zona existe mayor porcentaje de Humedad Relativa en el mes de marzo con 86% y menor porcentaje de humedad relativa en el mes de diciembre con 79.02%. finalmente, la media anual mensual con un 82.51%

En el siguiente cuadro se describe por estación la media mensual.

Tabla 11 Humedad Relativa

| HUMEDAD RELATIVA DE ESTUDIO % | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| ESTACIONES | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| CURPAHUASI | 88.99 | 90.24 | 90.4 | 88.47 | 85.05 | 86.48 | 83.85 | 84.15 | 81.33 | 84.94 | 84.5 | 83.2 |
| TAMBOBAMBA | 81.93 | 80.27 | 82.54 | 80.83 | 79.81 | 81 | 80.43 | 78.64 | 80.24 | 74.59 | 73.64 | 74.84 |
| MEDIA MENSUAL | 85.46 | 85.255 | 86.47 | 84.65 | 82.43 | 83.74 | 82.14 | 81.395 | 80.785 | 79.765 | 79.07 | 79.02 |
| MEDIA ANUAL | 82.515 | | | | | | | | | | | |

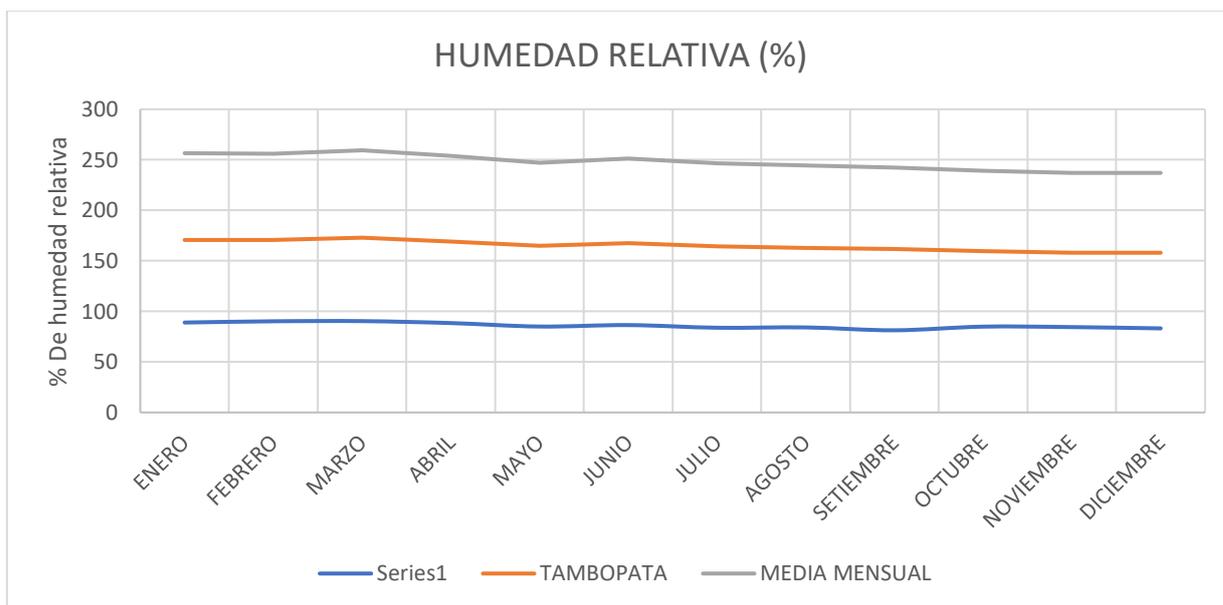


Figura 6 Humedad relativa (%)

4.3.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Para el cálculo de evapotranspiración potencial se realizó mediante el método de Hargreaves III modificado, dándose la mayor ETP en los meses de noviembre y octubre con 107.2 y 102.5 mm respectivamente, mientras en los meses de junio y julio se da menor ETP con 54.7 y 57.9 mm respectivamente.

4.3.7 PRECIPITACIÓN

Para obtener la Precipitación se identificaron 5 estaciones pluviométricas, cercanas a la zona de estudio, dicha información fue obtenida a través del ANA, SENAMHI, las estaciones que utilizamos fueron; Paruro, Acomayo, Livitaca, Tambobamba y Santo tomas se ubican dentro de la Intercuenca del Alto Apurímac, se contaron con 40 años de registros, entre 1980 y 2020.

A dichas estaciones seleccionadas se les realizó el análisis de consistencia usando como estación de referencia a Paruro para evaluar la consistencia de la información pluviométrica mediante la curva doble masa, con ello poder identificar fenómenos de no homogeneidad e inconsistencia de los datos, para posteriormente corregir, completar y extender datos faltantes mediante el método de regresión lineal simple.

Tabla 12 Precipitación

| ANÁLISIS DE DOBLE MASA PRECIPITACION (mm) | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|------------|-------------|-----------|
| AÑO | PARURO | ACOMAYO | LIVITACA | TAMBOBAMBA | SANTO TOMAS | PROMEDIO |
| 1980 | 708.4 | 778.87 | 606.7 | 910.3 | 883 | 777.454 |
| 1981 | 1451.6 | 2009.03 | 1994.2 | 1883.7 | 1801 | 1827.906 |
| 1982 | 1897.95 | 2920.91 | 3513.2 | 2793.8 | 2582 | 2741.572 |
| 1983 | 2722.2 | 3278.17 | 4621.1 | 3631.4 | 3881 | 3626.774 |
| 1984 | 3632.99 | 4262.32 | 6149 | 4452 | 5067 | 4712.662 |
| 1985 | 4351.44 | 5062.6 | 7738.4 | 5194.3 | 6066 | 5682.548 |
| 1986 | 5037.39 | 5860.99 | 8810.2 | 6078.7 | 6599 | 6477.256 |
| 1987 | 5978.82 | 7269.34 | 10118 | 6918.2 | 7384 | 7533.672 |
| 1988 | 6836.95 | 8300.39 | 11488.9 | 7875.2 | 8214 | 8543.088 |
| 1989 | 7567.04 | 9186.85 | 12791.5 | 8935.4 | 9047 | 9505.558 |
| 1990 | 8327.21 | 10242.59 | 14111.6 | 9729.3 | 9890 | 10460.14 |
| 1991 | 9104.4 | 11132.75 | 15367.2 | 10588.2 | 10628 | 11364.11 |
| 1992 | 9734.8 | 11660.89 | 16276.6 | 11364 | 11467 | 12100.658 |
| 1993 | 10559.58 | 12436.53 | 17694.8 | 12562.3 | 12359 | 13122.442 |
| 1994 | 11587.58 | 13141.47 | 18871.8 | 13549.7 | 13228 | 14075.71 |
| 1995 | 12270.98 | 13786.01 | 20028.9 | 14472.5 | 14087 | 14929.078 |
| 1996 | 13182.98 | 14637.48 | 21167.7 | 15331.2 | 14986 | 15861.072 |
| 1997 | 14141.92 | 15541.13 | 22417.6 | 16306.1 | 15813 | 16843.95 |
| 1998 | 14931.32 | 16348.32 | 23315.4 | 17304.2 | 16653 | 17710.448 |
| 1999 | 15689.32 | 17129.97 | 24613.5 | 18158.2 | 17416 | 18601.398 |
| 2000 | 16399.62 | 17953.9 | 25804 | 19163.3 | 18382 | 19540.564 |
| 2001 | 17292.92 | 18902.47 | 27080.5 | 20308.4 | 18965 | 20509.858 |
| 2002 | 18310.32 | 19990.03 | 28375.1 | 21498.6 | 19822 | 21599.21 |
| 2003 | 19138.62 | 20829.09 | 29575.5 | 22423.7 | 20506 | 22494.582 |
| 2004 | 19958.32 | 21882.83 | 30667.6 | 23476.6 | 21410 | 23479.07 |
| 2005 | 20550.22 | 22549.68 | 31718 | 24280 | 22410 | 24301.58 |
| 2006 | 21355.12 | 23444.14 | 32928.6 | 25318.3 | 23208 | 25250.832 |
| 2007 | 22109.62 | 24328.41 | 33915.5 | 26325 | 23949 | 26125.506 |
| 2008 | 22740.62 | 25119.25 | 34953.5 | 27339.5 | 24702 | 26970.974 |
| 2009 | 23573.22 | 25933.52 | 36129.8 | 28243.6 | 25562 | 27888.428 |
| 2010 | 24557.02 | 26744.6 | 37159.6 | 29240.2 | 26551 | 28850.484 |
| 2011 | 25477.42 | 27666.59 | 38376.1 | 30213.1 | 27659 | 29878.442 |
| 2012 | 26440.22 | 28586.07 | 39733.8 | 31624.7 | 28711 | 31019.158 |
| 2013 | 27363.39 | 29341.73 | 40981.2 | 32700.8 | 29543 | 31986.024 |
| 2014 | 28155.16 | 30044.61 | 42152.68 | 33657.99 | 30423.93 | 32886.874 |
| 2015 | 28947.38 | 30936.6 | 43405.27 | 34645.3 | 31377.77 | 33862.464 |
| 2016 | 29706.71 | 31668.53 | 44559.73 | 35529.69 | 32349.48 | 34762.828 |
| 2017 | 30485.75 | 32432.65 | 45876.16 | 36485.23 | 33274.54 | 35710.866 |
| 2018 | 31226.87 | 33217.95 | 47092.5 | 37418.17 | 34116.31 | 36614.36 |
| 2019 | 31915.32 | 34044.63 | 48187.6 | 38413.07 | 34989.06 | 37509.936 |
| 2020 | 32724.33 | 34928.92 | 49438.97 | 39429.52 | 35973.31 | 38499.01 |

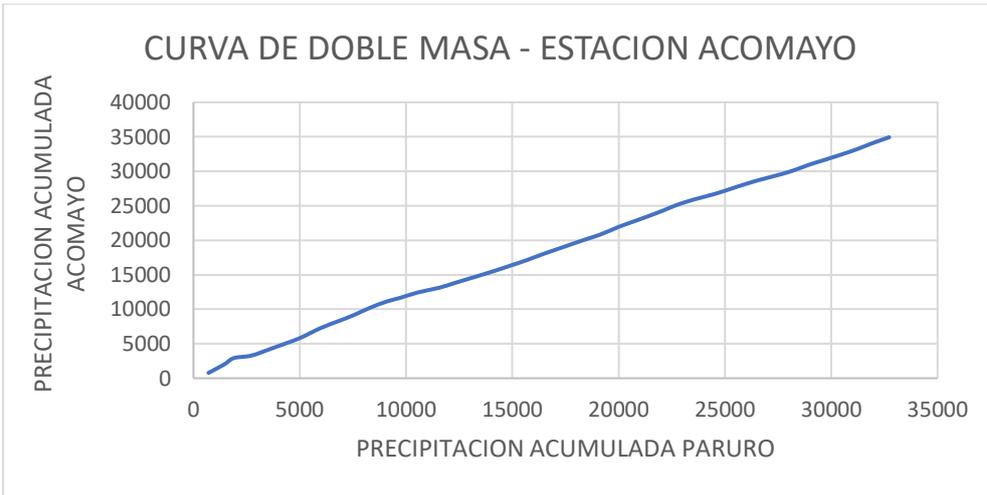


Figura 7 Curva de doble mesa - estación Acomayo

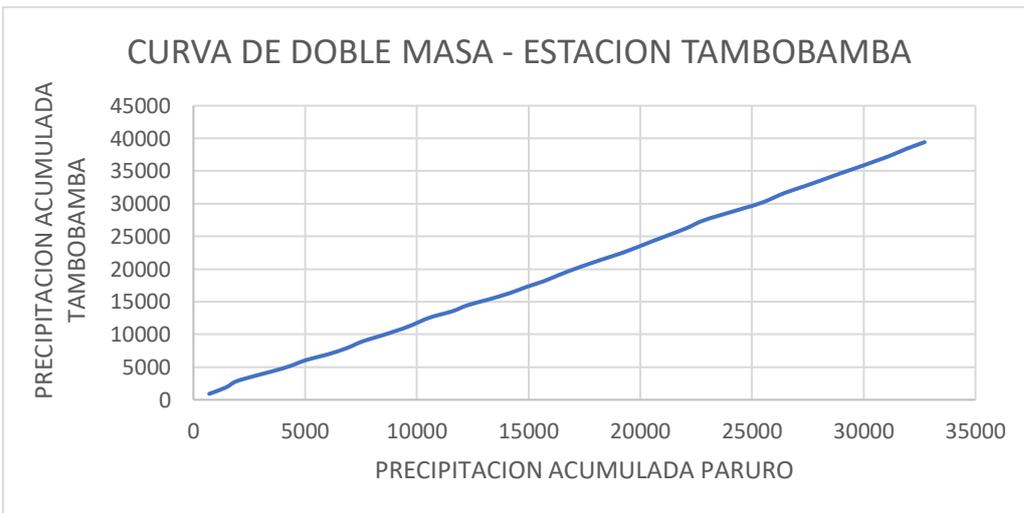


Figura 8 Curva de doble masa - estación tambobamba

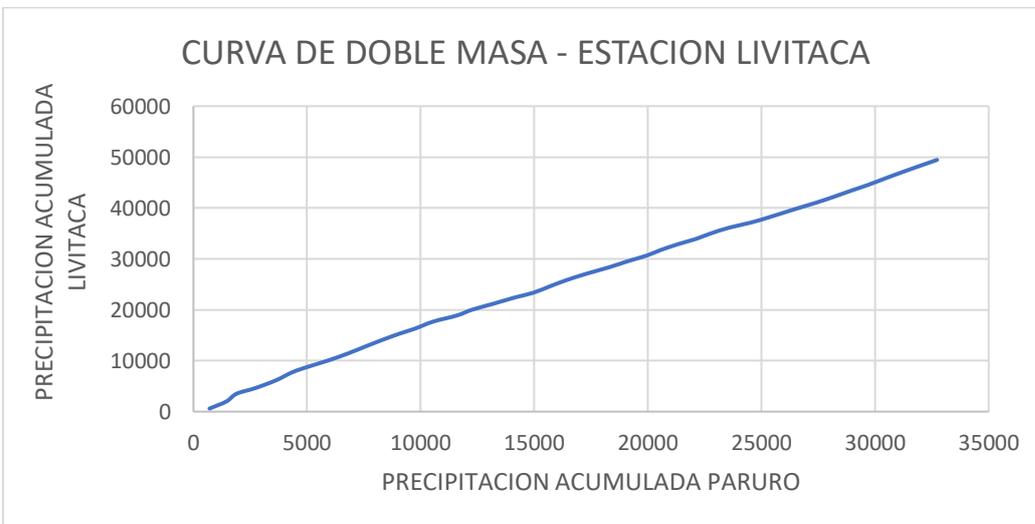


Figura 9 Curva de doble masa - Estación Livitaca

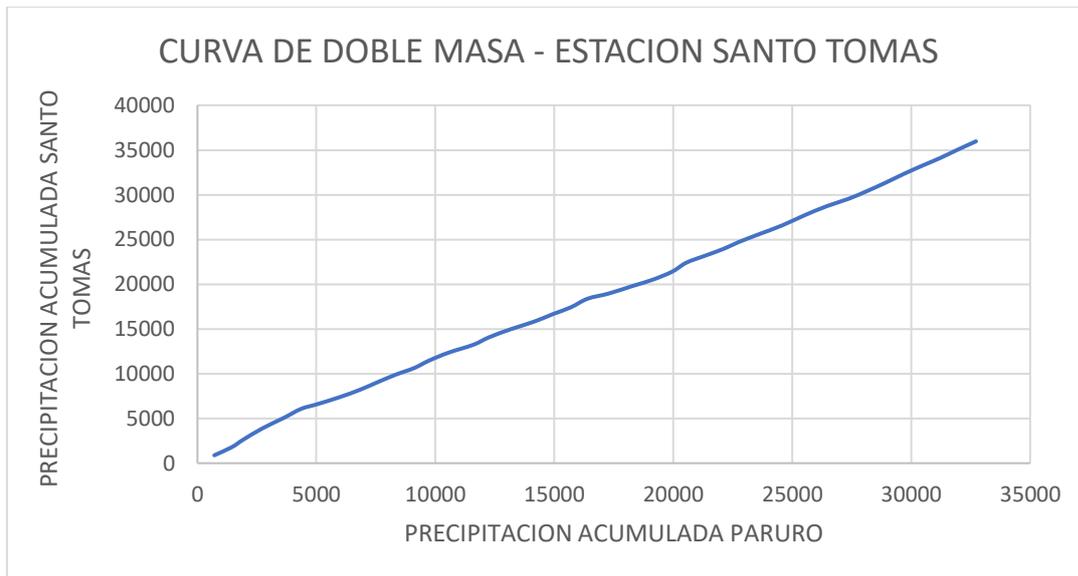


Figura 10 Curva de doble masa - estación Santo Tomas

Procedemos a corregir, completar y extender datos faltantes mediante el método de regresión lineal simple y ayudados también con el programa HEC04.

Ahora se realizó el cálculo de precipitación media mensual y media anual mensual de nuestra zona mediante el método de Análisis de Regionalización (Precipitación vs Altitud).

4.4 REGIONALIZACION DE LA PRECIPITACION

Utilizamos la técnica determinística entre dos variables, (precipitación vs altitud), se realizó el análisis de precipitación con relación altitud con lo que se logró generar la precipitación en nuestra zona de estudio en la tabla se muestra las estaciones utilizadas en este proceso de regionalización, así como también nuestra precipitación media mensual y sus correspondientes alturas

Tabla 13 Regionalización

| NOMBRE | UBICACIÓN | | | COORDENADAS | | ALTITUD (msnm) |
|-------------|--------------|--------------|------------|-------------|------------|----------------|
| | DEPARTAMENTO | PROVINCIA | DISTRITO | LATITUD | LONGITUD | |
| PARURO | CUSCO | PARURO | PARURO | -13.7675 | -71.8447 | 3084 |
| ACOMAYO | CUSCO | ACOMAYO | ACOMAYO | -13.9169 | -71.6836 | 3160 |
| LIVITACA | CUSCO | CHUMBIVILCAS | LIVITACA | -14.316944 | -71.683611 | 3741 |
| TAMBOBAMBA | APURIMAC | COTABAMBAS | TAMBOBAMBA | -13.9456 | -72.1756 | 3279 |
| SANTO TOMAS | CUSCO | CHUMBIVILCAS | LLUSCO | -14.3994 | -72.0886 | 3253 |

Tabla 14 Precipitación media anual

| NOMBRE DE LA ESTACION | ALTITUD MEDIA (msnm) | PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm) |
|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| PARURO | 3084 | 798.15 |
| ACOMAYO | 3160 | 859.35 |
| LIVITACA | 3741 | 1205.83 |
| TAMBOBAMBA | 3279 | 961.70 |
| SANTO TOMAS | 3253 | 877.40 |
| SUMA | 16517 | 4702.43 |
| PROMEDIO | 3303.4 | 940.49 |

En los siguientes gráficos se muestra las constantes y el coeficiente de correlación (r) obtenidos por regresión múltiple de las 5 estaciones mencionadas en la tabla

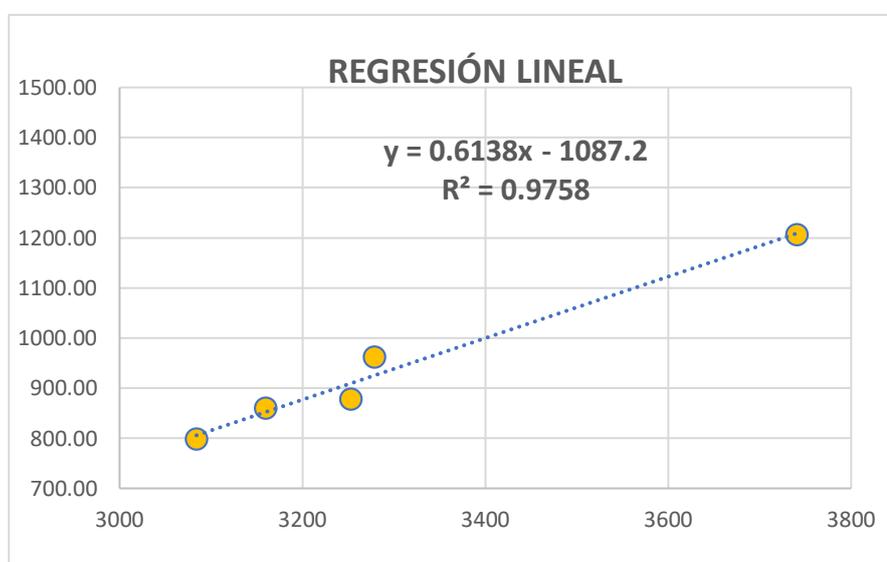


Figura 11 Regresión lineal

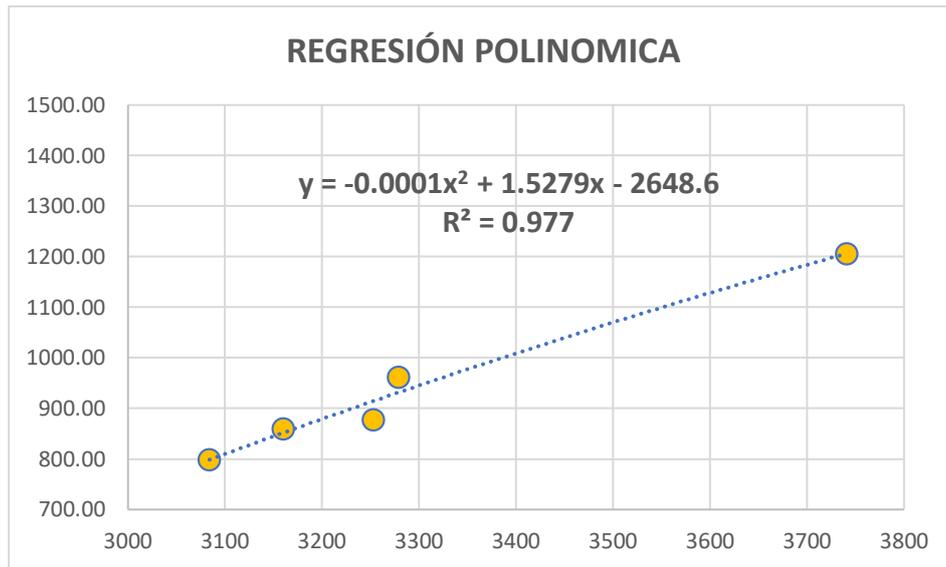


Figura 12 Regresión polinómica

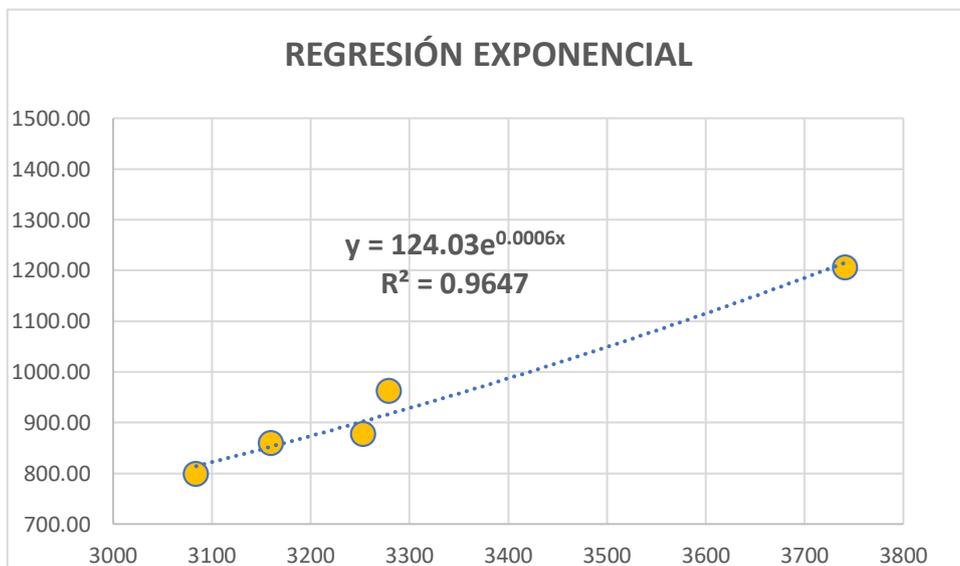


Figura 13 Regresión exponencial

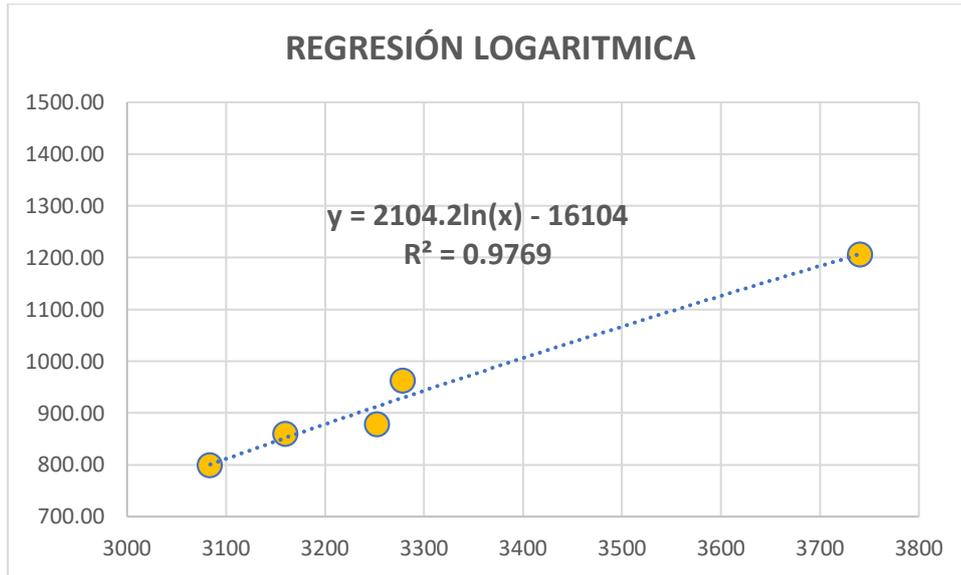


Figura 14 Regresión Logarítmica

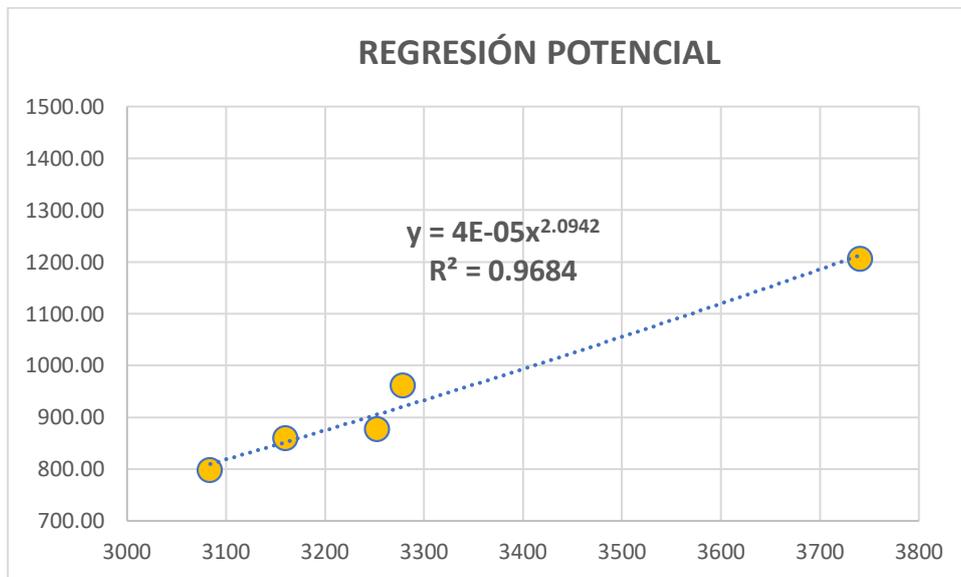


Figura 15 Regresión potencial

Como se observa en los gráficos, la ecuación que mejor se ajusta a nuestra área de estudio es la de tipo logarítmico, cabe señalar que el coeficiente de correlación entre la precipitación y altitudes correspondiente a cada estación está muy próximo a la unidad, con un valor de 0.97, utilizando la regresión logarítmica, para poder realizar la regionalización de la precipitación de nuestra área de estudio.

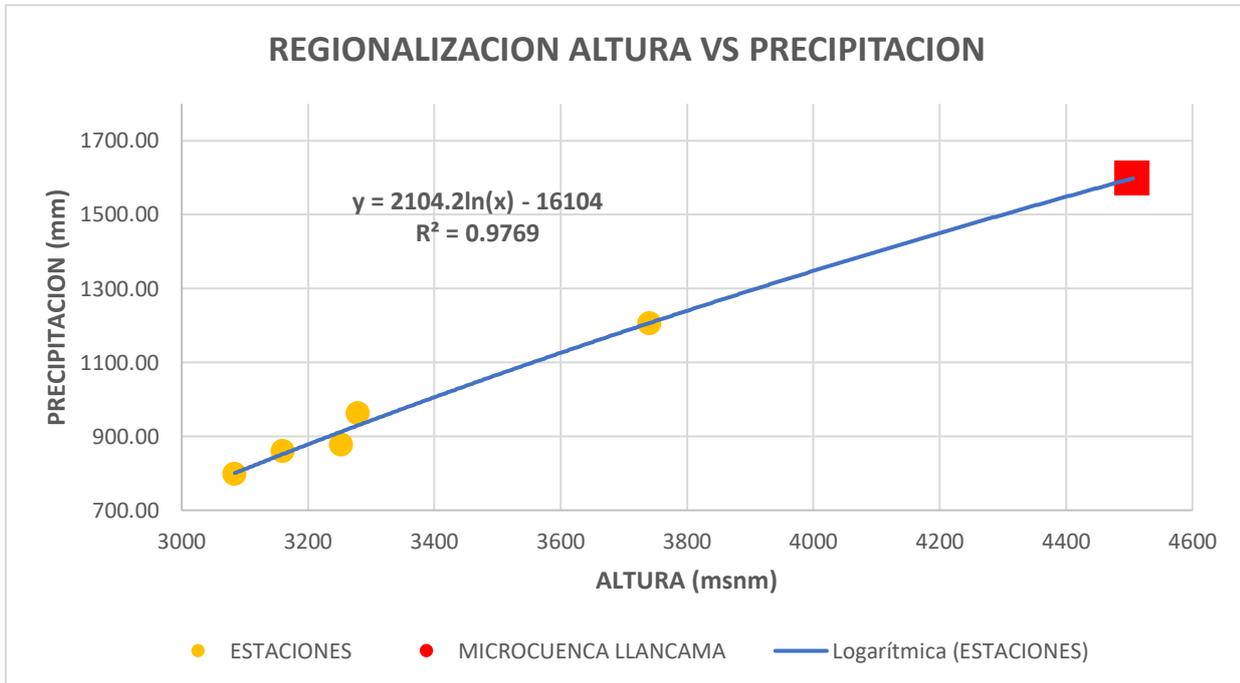


Figura 16 Regionalización altura VS Precipitación

A partir de la ecuación de regresión logarítmica obtenida de la figura 14.

$$y = 2104.2\ln(x) - 16104$$

Tomando en cuenta los factores de proporcionalidad de precipitación, factor de transporte de precipitación, así como los factores de influencia por conceptos de distancia y altitud de las estaciones con respecto a la ubicación de la microcuenca Llancama, obtuvimos los factores de influencia total con el cual se logró obtener las precipitaciones regionalizadas para nuestra área de estudio, considerando la altitud media de la microcuenca de 4504.04 m.s.n.m., el cual se muestra en la figura 16

Tabla 15 Cuenca Llancoma

| CUENCA LLANCAMA | | | | | ESTE | | 201854.58 | | UTM | DEPARTAMENTO | | CUSCO | | |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|---------|-------|------------|-------|----------|--------------|-----------|--------|--------|---------|
| | | | | | NORTE | | 8441101.97 | | | msnm | PROVINCIA | | PARURO | |
| | | | | | ALTITUD | | 4504.4 | | DISTRITO | | OMACHA | | | |
| N° REG. | AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
| 1 | 1980 | 172.84 | 202.79 | 310.68 | 17.10 | 0.00 | 0.93 | 8.35 | 0.00 | 0.00 | 16.70 | 21.07 | 53.68 | 804.14 |
| 2 | 1981 | 298.62 | 438.98 | 271.98 | 135.72 | 2.92 | 9.81 | 0.00 | 19.09 | 48.91 | 155.34 | 214.85 | 242.82 | 1839.03 |
| 3 | 1982 | 314.79 | 266.94 | 325.92 | 87.61 | 13.65 | 7.82 | 0.66 | 21.21 | 135.33 | 278.87 | 289.74 | 270.78 | 2013.32 |
| 4 | 1983 | 293.58 | 253.82 | 202.39 | 134.53 | 3.45 | 4.37 | 0.00 | 5.70 | 1.06 | 119.82 | 177.87 | 271.84 | 1468.44 |
| 5 | 1984 | 319.29 | 301.27 | 234.87 | 252.49 | 14.45 | 16.44 | 16.44 | 53.02 | 25.98 | 284.70 | 231.55 | 274.63 | 2025.12 |
| 6 | 1985 | 294.24 | 287.62 | 239.64 | 144.87 | 77.54 | 58.05 | 22.00 | 15.37 | 175.09 | 216.97 | 285.50 | 289.74 | 2106.63 |
| 7 | 1986 | 242.69 | 256.34 | 119.82 | 226.38 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 15.37 | 20.41 | 230.89 | 308.69 | 1420.59 |
| 8 | 1987 | 311.08 | 196.96 | 150.30 | 55.93 | 0.00 | 16.57 | 46.39 | 15.37 | 148.98 | 226.52 | 261.24 | 304.05 | 1733.39 |
| 9 | 1988 | 333.08 | 241.62 | 321.28 | 269.72 | 36.58 | 0.00 | 0.00 | 14.84 | 44.14 | 117.96 | 154.54 | 283.24 | 1817.02 |
| 10 | 1989 | 313.99 | 218.70 | 278.87 | 210.08 | 36.32 | 18.29 | 0.00 | 22.13 | 43.61 | 145.66 | 209.02 | 229.83 | 1726.50 |
| 11 | 1990 | 345.01 | 28.63 | 169.26 | 186.22 | 31.28 | 150.97 | 0.00 | 0.00 | 72.77 | 232.48 | 281.12 | 251.96 | 1749.69 |
| 12 | 1991 | 257.40 | 263.10 | 320.09 | 81.12 | 52.35 | 27.70 | 22.00 | 0.00 | 95.03 | 182.11 | 223.73 | 139.57 | 1664.20 |
| 13 | 1992 | 175.75 | 209.68 | 153.88 | 29.16 | 16.83 | 22.00 | 17.36 | 25.58 | 40.82 | 152.95 | 225.72 | 135.59 | 1205.34 |
| 14 | 1993 | 358.92 | 204.51 | 240.56 | 217.63 | 25.85 | 0.00 | 16.04 | 45.20 | 30.35 | 184.37 | 287.22 | 269.06 | 1879.72 |
| 15 | 1994 | 317.31 | 330.03 | 304.45 | 123.53 | 48.64 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59.51 | 41.35 | 140.36 | 194.84 | 1560.02 |
| 16 | 1995 | 278.74 | 250.11 | 320.49 | 165.68 | 20.01 | 0.00 | 0.00 | 20.28 | 41.22 | 114.52 | 89.07 | 233.54 | 1533.65 |
| 17 | 1996 | 272.77 | 301.27 | 207.43 | 189.27 | 49.04 | 0.00 | 0.00 | 55.80 | 42.41 | 76.61 | 113.72 | 201.07 | 1509.39 |
| 18 | 1997 | 346.86 | 320.75 | 217.50 | 140.89 | 21.07 | 0.00 | 0.00 | 67.33 | 90.53 | 44.40 | 181.32 | 225.98 | 1656.65 |
| 19 | 1998 | 326.72 | 261.24 | 178.40 | 42.81 | 0.00 | 19.62 | 0.00 | 21.87 | 16.04 | 108.68 | 106.43 | 108.15 | 1189.97 |
| 20 | 1999 | 250.64 | 335.73 | 271.31 | 229.96 | 21.87 | 0.00 | 0.00 | 16.04 | 107.76 | 116.90 | 103.25 | 267.07 | 1720.53 |
| 21 | 2000 | 273.17 | 307.63 | 274.36 | 95.56 | 23.19 | 26.11 | 0.00 | 40.56 | 27.30 | 160.51 | 68.52 | 280.99 | 1577.92 |
| 22 | 2001 | 357.33 | 336.53 | 351.64 | 193.11 | 78.47 | 16.30 | 23.33 | 24.39 | 23.19 | 78.86 | 66.54 | 142.22 | 1691.90 |
| 23 | 2002 | 210.48 | 368.47 | 258.46 | 142.48 | 64.42 | 15.51 | 48.64 | 0.00 | 94.50 | 122.47 | 138.37 | 252.10 | 1715.89 |
| 24 | 2003 | 284.44 | 336.13 | 306.44 | 87.74 | 26.24 | 16.04 | 0.00 | 25.85 | 83.77 | 37.38 | 152.16 | 234.87 | 1591.04 |
| 25 | 2004 | 325.52 | 279.53 | 170.05 | 108.95 | 0.00 | 18.16 | 36.58 | 50.63 | 66.14 | 66.40 | 123.66 | 201.86 | 1447.50 |
| 26 | 2005 | 214.59 | 290.14 | 226.91 | 99.27 | 16.70 | 0.00 | 0.00 | 24.39 | 26.11 | 122.20 | 97.02 | 274.89 | 1392.23 |
| 27 | 2006 | 368.60 | 222.41 | 289.21 | 104.18 | 17.36 | 25.58 | 0.00 | 34.46 | 52.35 | 127.90 | 136.52 | 225.98 | 1604.56 |
| 28 | 2007 | 235.53 | 240.56 | 205.84 | 126.98 | 23.99 | 0.00 | 21.47 | 0.00 | 47.85 | 86.55 | 99.94 | 219.36 | 1308.06 |
| 29 | 2008 | 310.68 | 204.91 | 150.57 | 16.97 | 24.65 | 26.51 | 0.00 | 21.07 | 54.61 | 123.79 | 152.29 | 289.74 | 1375.79 |
| 30 | 2009 | 253.29 | 257.53 | 145.40 | 69.98 | 23.99 | 0.00 | 18.95 | 0.00 | 44.40 | 172.84 | 315.72 | 257.00 | 1559.10 |
| 31 | 2010 | 309.49 | 253.82 | 177.61 | 57.26 | 74.49 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 28.63 | 79.66 | 124.32 | 259.65 | 1364.92 |
| 32 | 2011 | 258.06 | 332.02 | 322.48 | 96.23 | 21.60 | 0.00 | 21.47 | 25.45 | 110.67 | 88.67 | 101.79 | 233.94 | 1612.38 |
| 33 | 2012 | 284.97 | 357.33 | 304.72 | 157.06 | 37.91 | 0.00 | 14.58 | 0.00 | 42.55 | 77.14 | 156.67 | 366.61 | 1799.53 |
| 34 | 2013 | 282.32 | 278.07 | 165.41 | 32.21 | 16.30 | 33.00 | 21.47 | 56.99 | 44.40 | 213.79 | 223.20 | 286.16 | 1653.33 |
| 35 | 2014 | 290.48 | 294.87 | 188.20 | 151.79 | 12.47 | 36.13 | 0.00 | 16.06 | 62.89 | 115.76 | 155.13 | 228.93 | 1552.71 |
| 36 | 2015 | 296.60 | 249.30 | 243.75 | 104.20 | 11.44 | 1.11 | 0.28 | 53.48 | 86.52 | 125.81 | 188.55 | 299.16 | 1660.21 |
| 37 | 2016 | 261.49 | 260.31 | 206.87 | 119.99 | 12.74 | 2.28 | 2.78 | 11.35 | 97.52 | 143.97 | 147.29 | 263.55 | 1530.15 |
| 38 | 2017 | 240.62 | 306.52 | 255.91 | 172.45 | 32.15 | 22.41 | 1.42 | 22.61 | 82.93 | 126.80 | 190.37 | 290.63 | 1744.83 |
| 39 | 2018 | 290.90 | 314.89 | 181.30 | 157.18 | 4.25 | 0.24 | 1.54 | 1.97 | 65.12 | 135.46 | 187.23 | 272.07 | 1612.17 |
| 40 | 2019 | 309.94 | 217.69 | 194.98 | 136.61 | 38.99 | 2.53 | 4.90 | 6.28 | 78.16 | 124.23 | 122.24 | 214.90 | 1451.47 |
| 41 | 2020 | 270.17 | 314.13 | 252.76 | 112.99 | 24.31 | 5.58 | 1.60 | 9.40 | 39.29 | 206.58 | 156.76 | 265.03 | 1658.60 |
| | MEDIA | 282.10 | 291.01 | 217.76 | 107.86 | 28.50 | 7.77 | 7.81 | 20.98 | 63.29 | 113.27 | 136.77 | 264.92 | 1542.04 |

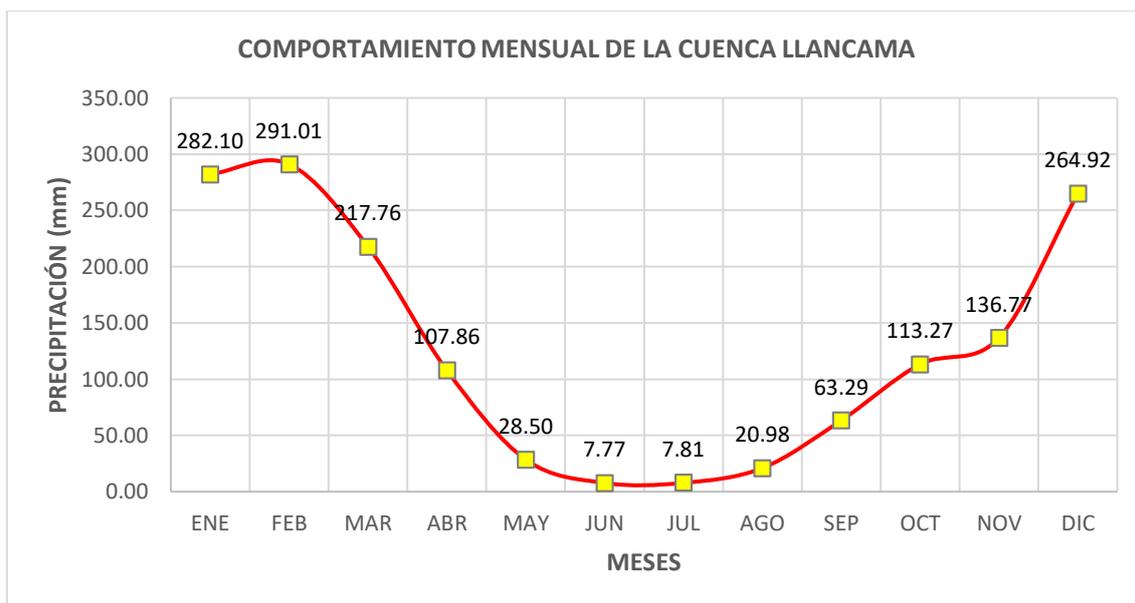


Figura 17 Comportamiento mensual de la cuenca Llacama

Estas precipitaciones fueron calculadas a una altitud media de la microcuenca Llacama se observa que la mayor precipitación media mensual se da en los meses de enero y febrero con 282.10 y 291.01 mm respectivamente, la menor precipitación media mensual se da en los meses de junio y julio con 7.77 y 7.81 mm respectivamente.

4.5 PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS.

Para el posterior análisis de máximas avenidas se tomó en cuenta la estación Livitaca por encontrarse próximo a la zona de estudio considerando también la altura, esta estación cuenta con un registro de 18 años, considerando que en la zona de estudio no se cuenta con registros pluviométricos por lo que las características de tormentas se efectuaron de bases de formas indirectas de desagregación.

Tabla 16 : Precipitación máxima en 24 horas en estación Livitaca

| PRECIPITACIÓN MAXIMA 24 HORAS | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic |
| 1996 | 31.70 | 19.60 | 14.00 | 13.20 | 4.70 | 0.00 | 0.00 | 33.10 | 8.60 | 35.00 | 17.00 | 19.60 |
| 1997 | 38.20 | 26.80 | 26.10 | 21.60 | 8.10 | 0.00 | 0.00 | 16.60 | 4.70 | 16.10 | 21.40 | 29.20 |
| 1998 | 30.60 | 34.50 | 25.85 | 21.80 | 0.00 | 2.40 | 0.00 | 2.60 | 4.00 | 17.00 | 25.30 | 13.40 |
| 1999 | 15.80 | 23.90 | 25.60 | 22.00 | 1.50 | 0.00 | 0.70 | 3.40 | 18.90 | 4.70 | 10.60 | 18.30 |
| 2000 | 22.50 | 39.00 | 26.20 | 13.80 | 10.00 | 3.40 | 3.30 | 4.80 | 14.70 | 18.70 | 13.00 | 42.30 |
| 2001 | 35.30 | 52.70 | 29.90 | 10.00 | 6.10 | 3.00 | 11.40 | 5.40 | 5.60 | 29.00 | 17.20 | 17.10 |
| 2002 | 39.00 | 38.90 | 20.30 | 25.00 | 9.10 | 6.40 | 4.40 | 1.10 | 20.00 | 17.30 | 15.60 | 30.70 |
| 2003 | 48.80 | 19.50 | 23.60 | 20.00 | 6.00 | 1.20 | 0.00 | 18.40 | 11.00 | 12.40 | 17.00 | 36.40 |
| 2004 | 35.60 | 36.20 | 19.60 | 18.60 | 10.00 | 1.90 | 8.00 | 8.30 | 15.70 | 15.00 | 24.00 | 21.40 |
| 2005 | 21.00 | 54.70 | 32.40 | 18.50 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 4.00 | 4.20 | 29.00 | 12.70 | 38.10 |
| 2006 | 21.40 | 34.30 | 32.00 | 18.40 | 0.00 | 8.80 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 16.00 | 23.40 | 30.50 |
| 2007 | 21.80 | 23.40 | 23.60 | 7.00 | 0.00 | 0.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 14.00 | 28.20 | 24.60 |
| 2008 | 30.00 | 20.00 | 10.00 | 10.00 | 4.00 | 1.00 | 0.00 | 2.70 | 7.00 | 13.60 | 20.00 | 25.00 |
| 2009 | 25.00 | 24.20 | 18.00 | 10.00 | 2.40 | 0.00 | 1.40 | 1.35 | 9.00 | 30.00 | 65.00 | 25.00 |
| 2010 | 42.60 | 29.80 | 29.80 | 7.60 | 13.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.40 | 8.70 | 13.80 | 23.00 |
| 2011 | 31.50 | 35.20 | 35.40 | 13.30 | 3.50 | 0.00 | 2.10 | 3.70 | 15.00 | 13.50 | 13.70 | 20.20 |
| 2012 | 27.50 | 27.30 | 26.50 | 22.00 | 3.00 | 2.50 | 1.40 | 0.00 | 10.00 | 20.00 | 27.80 | 42.40 |
| 2013 | 18.00 | 24.50 | 23.00 | 22.70 | 0.40 | 5.00 | 2.00 | 14.00 | 9.30 | 25.60 | 27.70 | 28.40 |
| MEDIA | 29.79 | 31.36 | 24.55 | 16.42 | 4.59 | 1.98 | 2.29 | 6.64 | 9.14 | 18.64 | 21.86 | 26.98 |
| MAX | 48.80 | 54.70 | 35.40 | 25.00 | 13.80 | 8.80 | 11.40 | 33.10 | 20.00 | 35.00 | 65.00 | 42.40 |
| MIN | 15.80 | 19.50 | 10.00 | 7.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.70 | 10.60 | 13.40 |

FUENTE: SENAMHL.

Estas precipitaciones máximas de 24 horas de estación Livitaca las sometimos a análisis de datos dudosos u OUTLIER, en la cual se observa que la estación Livitaca no presenta datos dudosos. Ver figura 18

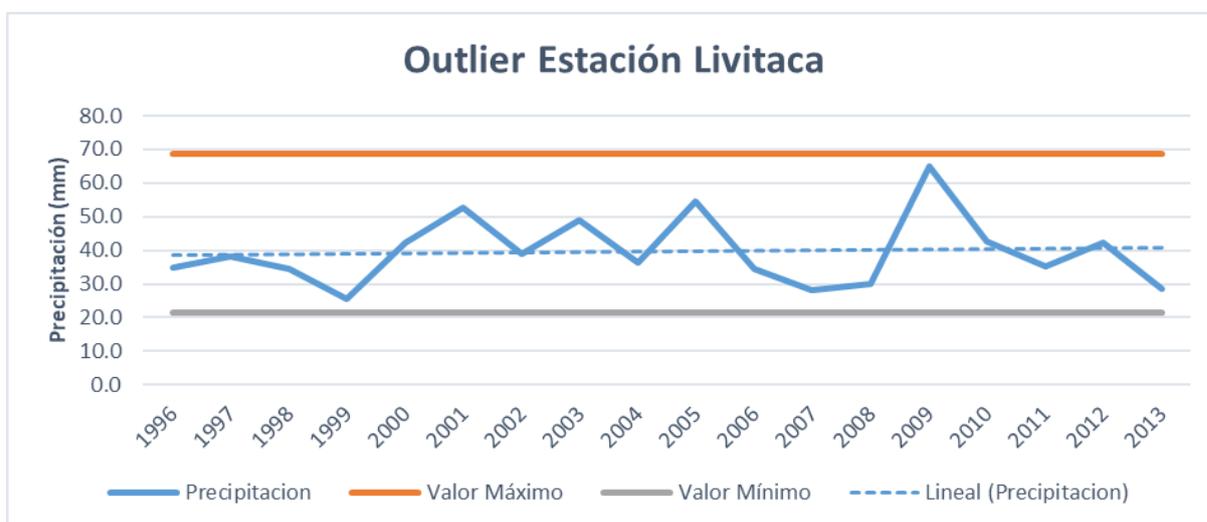


Figura 18 Outlier Estación Livitaca

Partiendo del análisis de datos dudosos de las precipitaciones de 24 horas de la estación Livitaca, se obtuvo los parámetros estadísticos los cuales se observan en el siguiente gráfico

4.6 PARÁMETRO ESTADÍSTICOS

| PARÁMETROS ESTADÍSTICOS | P24hr | Log(P24hr) |
|-------------------------|---|------------|
| Número de datos (N) | 18.00 | 18.000 |
| Sumatoria | 713.30 | 28.531 |
| Valor Máximo | 65.00 | 1.813 |
| Valor Mínimo | 25.60 | 1.408 |
| Media: | 39.63 | 1.585 |
| Varianza: | 106.11 | 0.012 |
| Desviación Estándar: | 10.30 | 0.108 |
| Coefficiente Variación: | 0.26 | 0.068 |
| Coefficiente de Sesgo: | 0.95 | 0.3931 |
| Se Considera: | Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos | |

| |
|--|
| n= 18.00 |
| Kn= 2.335 |
| Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%) |

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot S \quad xH= \quad 1.84$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{xH} \quad PH= \quad 68.62 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot S \quad xL= \quad 1.33$$

Precipitación mínima aceptada

$$PL = 10^{xL} \quad PL= \quad 21.56 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Nota: Se muestran los parámetros estadísticos y las fórmulas empleadas para el correspondiente cálculo

Fuente elaboración propia

4.7 ANALISIS Y TRATAMIENTO DE INFORMACION HIDROMETRICA

4.7.1 ESTIMACIÓN CAUDALES

Los análisis de precipitaciones máximas y períodos de retorno de diseño, se han efectuado en base de las precipitaciones máximas en 24 horas registradas en la estación de Livitaca.

La estimación de caudales se realizó con el programa HIDROGNOMOM se tomó el test de kolmororov smirnov

Tabla 17 Estimación de Caudales

| Kolmogorov-Smirnov test for:All data | a=1% | a=5% | a=10% | Attained a | DMax |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|------------|---------|
| GEV-Max | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 99.93% | 0.07134 |
| Galton | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 99.92% | 0.07197 |
| EV1-Max (Gumbel) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 99.90% | 0.07316 |
| Log Pearson III | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 99.79% | 0.07736 |
| LogNormal | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 99.79% | 0.07749 |
| Pearson III | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 99.68% | 0.07999 |
| EV1-Max (Gumbel, L-Moments) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 99.57% | 0.08211 |
| GEV-Max (L-Moments) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 98.72% | 0.0911 |
| Gamma | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 98.40% | 0.09332 |
| GEV-Min | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 98.39% | 0.09338 |
| GEV-Max (kappa specified, L-Moments) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 95.72% | 0.10513 |
| GEV-Min (L-Moments) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 93.92% | 0.11045 |
| GEV-Max (kappa specified) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 93.26% | 0.11216 |
| EV2-Max (L-Momments) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 93.02% | 0.11278 |
| EV2-Max | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 88.44% | 0.12263 |
| Normal (L-Moments) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 88.38% | 0.12274 |
| Normal | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 88.08% | 0.12331 |
| Pareto | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 87.81% | 0.12382 |
| Pareto (L-Moments) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 85.80% | 0.12744 |
| EV3-Min (Weibull, L-Moments) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 79.36% | 0.13788 |
| EV3-Min (Weibull) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 79.12% | 0.13825 |
| Exponential | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 72.98% | 0.14726 |
| GEV-Min (kappa specified, L-Moments) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 68.84% | 0.15312 |
| GEV-Min (kappa specified) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 68.78% | 0.15321 |
| Exponential (L-Moments) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 68.45% | 0.15367 |
| EV1-Min (Gumbel) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 49.68% | 0.18046 |
| EV1-Min (Gumbel, L-Moments) | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 46.47% | 0.18536 |

Elaboración propia

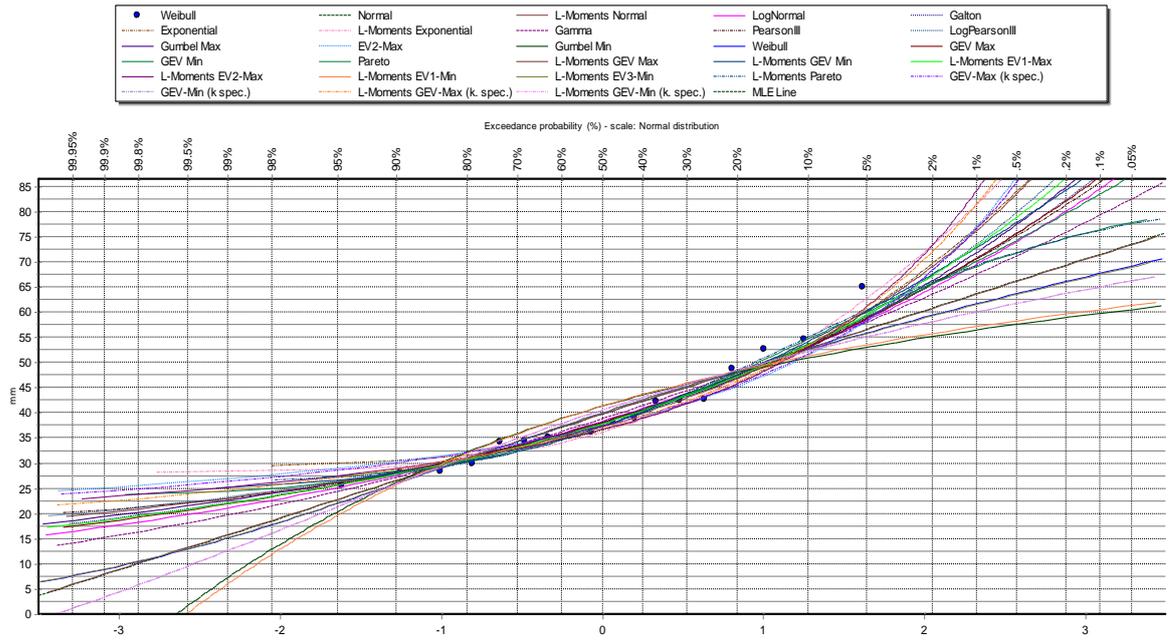


Figura 19 Estimación de caudales

Obtenido las distintas distribuciones, así como la función de densidad de probabilidad, se observa que la distribución de tipo Gumbel es la que presenta mejor ajuste de las precipitaciones máximas de la estación Livitaca, acorde a las pruebas de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov que se muestra en la tabla 16

PRUEBA DE BODAD DE AJUSTE: KOLMOGOROV – SMIRNOV

RESUMEN:

RESUMEN:

| | |
|-----------------------------------|---------------|
| Nivel de significación utilizado: | 0.05 |
| Número de datos: | 18 |
| Ajuste (de la tabla): | 0.3094 |

| DISTRIBUCIÓN | Δ | $\Delta\alpha$ | CONDICIÓN |
|--|---------------|----------------|-----------|
| Distribución normal: | 0.1233 | 0.3094 | SE AJUSTA |
| Distribución log normal: | 0.0770 | 0.3094 | SE AJUSTA |
| Distribución Pearson III | 0.0800 | 0.3094 | SE AJUSTA |
| Distribución Log Pearson III | 0.0774 | 0.3094 | SE AJUSTA |
| Distribución Gumbel | 0.0731 | 0.3094 | SE AJUSTA |
| Distribución log normal tres parámetros: | 0.0896 | 0.3094 | SE AJUSTA |

Resumen de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov de la estación Livitaca

4.7.2 PRECIPITACIONES DIARIAS MAXIMAS PARA DISTINTAS FRECUENCIAS

Para precipitaciones para distintas frecuencias se utilizó el programa HIDROESTA 2 Según la distribución GUMBEL

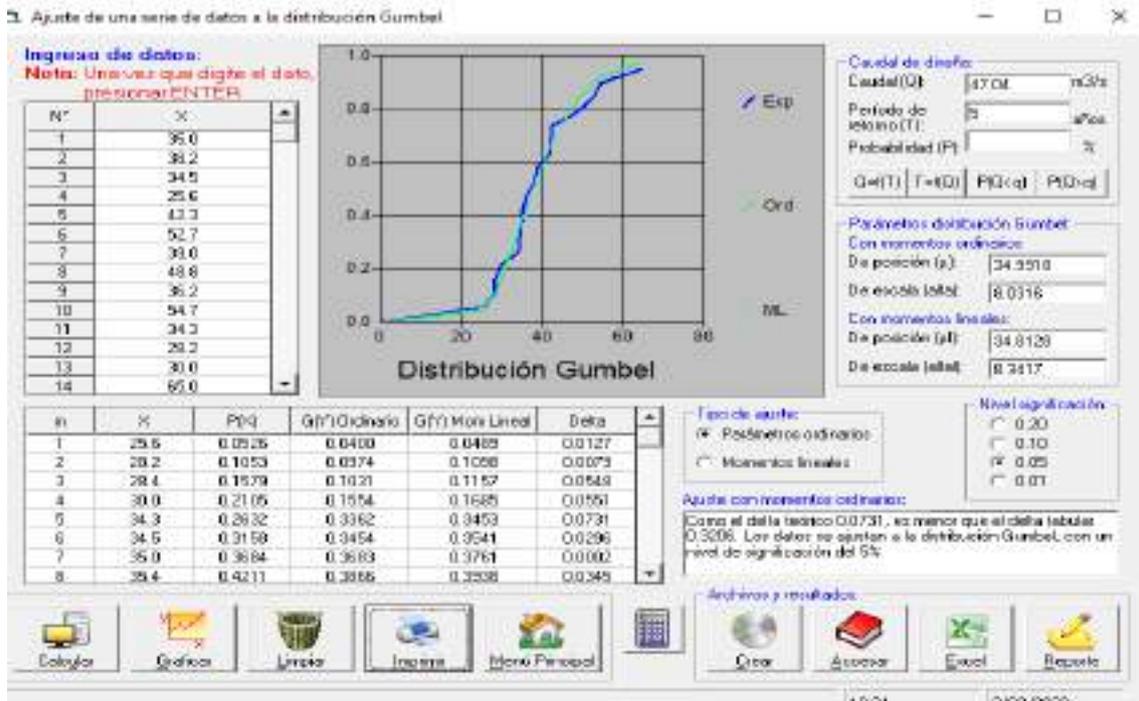


Figura 20 Ajustes de una serie de datos a la distribución Gumbel Elaboración propia

4.7.3 PRECIPITACIÓN MÁXIMA Y PERIODOS DE RETORNO

Tomando en cuenta la distribución Gumbel, donde se muestra las precipitaciones de diseño para cada periodo de retorno de años, siendo este el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada T años, se obtuvo la tabla 17 donde se tiene las precipitaciones de diseño para distintos periodos de retorno en función a la distribución de Gumbel.

Tabla 18 Participación máxima y periodos de retorno

| PRECIPITACIÓN MAXIMA PARA DISTINTAS FRECUENCIAS | | |
|---|------------------------|----------------------|
| PERIODO DE RETORNO T (AÑOS) | PRECIPITACION MAX (mm) | P MAX CORREGIDO (mm) |
| 2 | 37.94 | 42.8722 |
| 5 | 47.04 | 53.1552 |
| 10 | 53.07 | 59.9691 |
| 25 | 60.68 | 68.5684 |
| 50 | 66.33 | 74.9529 |
| 100 | 71.94 | 81.2922 |
| 200 | 77.53 | 87.6089 |
| 500 | 84.9 | 95.937 |
| 1000 | 90.47 | 102.2311 |
| 10000 | 108.97 | 123.1361 |

Elaboración propia

| | |
|---------------------------------|------|
| NIVEL DE SIGNIFICANCIA | 0.05 |
| NUMERO DE OBSERVACIONES POR DIA | 1 |
| FACTOR DE AJUSTE | 1.13 |

4.7.4 PERIODO DE RETORNO VS PRECIPITACION

En la siguiente figura se muestra nuestra precipitación máxima como también la precipitación máxima corregida, según los valores de la tabla 17 donde el nivel de significancia es de 0.05 según nuestra tabla estadística que nos da un factor de ajuste de 1.13.

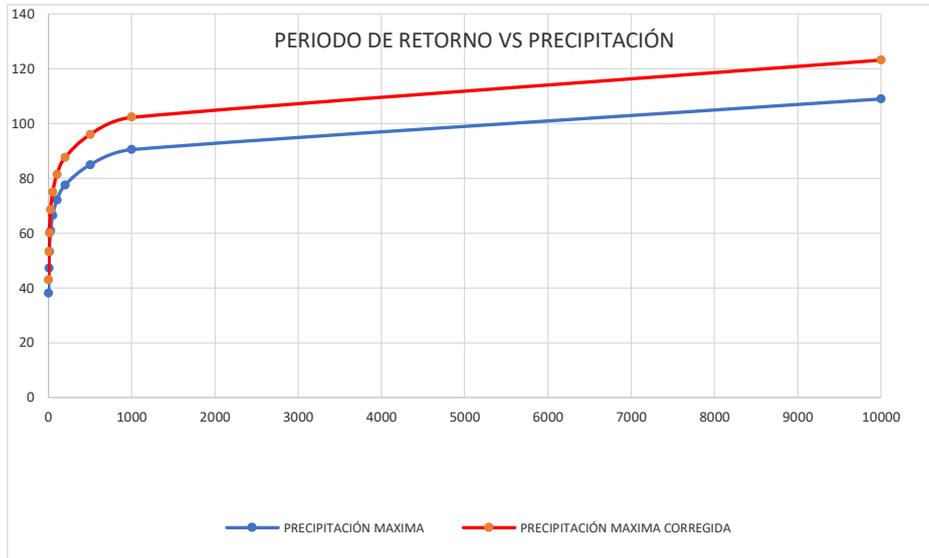


Figura 21 Periodos de retorno VS precipitación, Elaboración propia

4.7.5 INTENSIDAD MÁXIMA

En base a los valores de precipitación de 24 horas de duración obtenidos para cada periodo de retorno, se calculó la intensidad máxima de precipitación para duración menores a 24 horas, datos que se muestran en la tabla 18

Tabla 19 Tabla de intensidades

| TABLA DE INTENSIDADES | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TIEMPO DURACIÓN (minutos) | PERIODO DE RETORNO AÑOS | | | | | | | |
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 |
| t/T | | | | | | | | |
| 15 | 30.31 | 36.02 | 40.35 | 46.07 | 50.39 | 54.72 | 59.04 | 64.76 |
| 30 | 19.72 | 23.44 | 26.25 | 29.97 | 32.79 | 35.60 | 38.42 | 42.14 |
| 45 | 15.34 | 18.23 | 20.42 | 23.31 | 25.50 | 27.69 | 29.88 | 32.77 |
| 60 | 12.83 | 15.25 | 17.08 | 19.50 | 21.33 | 23.17 | 25.00 | 27.42 |
| 75 | 11.17 | 13.28 | 14.88 | 16.98 | 18.58 | 20.17 | 21.77 | 23.88 |
| 90 | 9.98 | 11.86 | 13.29 | 15.17 | 16.59 | 18.02 | 19.44 | 21.32 |
| 105 | 9.07 | 10.78 | 12.07 | 13.79 | 15.08 | 16.37 | 17.67 | 19.38 |
| 120 | 8.35 | 9.92 | 11.12 | 12.69 | 13.88 | 15.07 | 16.26 | 17.84 |
| 135 | 7.76 | 9.23 | 10.33 | 11.80 | 12.90 | 14.01 | 15.12 | 16.58 |
| 150 | 7.27 | 8.64 | 9.68 | 11.05 | 12.09 | 13.13 | 14.16 | 15.53 |
| 165 | 6.85 | 8.15 | 9.12 | 10.42 | 11.39 | 12.37 | 13.35 | 14.64 |
| 180 | 6.49 | 7.72 | 8.64 | 9.87 | 10.80 | 11.72 | 12.65 | 13.87 |
| 195 | 6.18 | 7.34 | 8.23 | 9.39 | 10.27 | 11.16 | 12.04 | 13.20 |
| 210 | 5.90 | 7.01 | 7.86 | 8.97 | 9.81 | 10.65 | 11.50 | 12.61 |
| 225 | 5.65 | 6.72 | 7.53 | 8.59 | 9.40 | 10.21 | 11.02 | 12.08 |
| 240 | 5.43 | 6.46 | 7.23 | 8.26 | 9.03 | 9.81 | 10.58 | 11.61 |
| 255 | 5.23 | 6.22 | 6.97 | 7.95 | 8.70 | 9.45 | 10.19 | 11.18 |
| 270 | 5.05 | 6.00 | 6.72 | 7.68 | 8.40 | 9.12 | 9.84 | 10.79 |
| 285 | 4.88 | 5.80 | 6.50 | 7.42 | 8.12 | 8.82 | 9.51 | 10.43 |
| 300 | 4.73 | 5.62 | 6.30 | 7.19 | 7.87 | 8.54 | 9.22 | 10.11 |
| 315 | 4.59 | 5.46 | 6.11 | 6.98 | 7.63 | 8.29 | 8.94 | 9.81 |
| 330 | 4.46 | 5.30 | 5.94 | 6.78 | 7.41 | 8.05 | 8.69 | 9.53 |
| 345 | 4.34 | 5.16 | 5.78 | 6.59 | 7.21 | 7.83 | 8.45 | 9.27 |
| 360 | 4.22 | 5.02 | 5.62 | 6.42 | 7.02 | 7.63 | 8.23 | 9.03 |

Con los datos obtenidos se construyó las curvas IDF, para los distintos periodos de retorno y tiempo de duración de la tormenta.

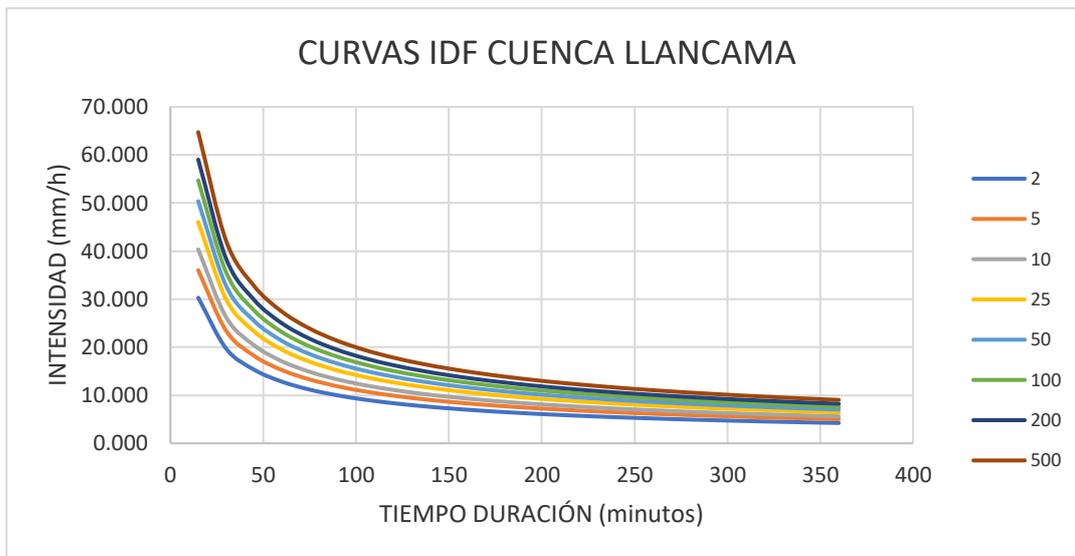


Figura 22 Curvas IDF Cuenca Llanccama Elaboración propia

También se tiene la siguiente ecuación con el fin de evitar la lectura de intensidad a partir del gráfico.

INTENSIDAD MAXIMA PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

$$I = \frac{149.9337 * T^{0.106583}}{t^{0.618849}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr).

T = Periodo de Retorno (años).

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (minutos).

Conocida la ecuación de intensidad y a la vez definido el valor del tiempo de concentración para la microcuenca Llanccama, se determinaron las intensidades para los distintos periodos de retorno, resultados que se muestran en la tabla 18

| | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T(Años) | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 |
| I(mm/h) | 18.58 | 20.49 | 22.06 | 24.32 | 26.19 | 28.19 | 30.36 | 33.47 |

Elaboración propia

4.8 CAUDAL MÁXIMO

Métodos Racional

Se obtuvo a partir de la siguiente expresión

CAUDAL MAXIMO METODO RACIONAL MODIFICADO

$$Q = 0.278 CIAK$$

Dónde:

C = Coeficiente de escurrimiento.

I = Intensidad de lluvia de duración igual al tiempo de concentración y periodo de retorno considerado (mm/h).

A = Área de la zona de aporte (km²).

se tienen los caudales estimados por el método racional modificado, para distintas intensidades acordes a los periodos de retorno

| T(Años) | I(mm/h) | MET.RACIONAL MODIFICADO (m ³ /s) |
|---------|---------|---|
| 2 | 18.58 | 32.51 |
| 5 | 20.49 | 35.86 |
| 10 | 22.06 | 38.60 |
| 25 | 24.32 | 42.56 |
| 50 | 26.19 | 45.83 |
| 100 | 28.19 | 49.33 |
| 200 | 30.36 | 53.13 |
| 500 | 33.47 | 58.57 |

Elaboración propia

Los caudales máximos de diseño, se obtuvieron del método racional corregido, ya que el área de escurrimiento es de 12.89 km², y considerando un periodo de retorno de 500 años el valor que se obtiene es de 58.57 m³/s.

4.9 CAPACIDAD DE EMBALSE DEL VASO DE LA PRESA

Para determinar la capacidad de embalse se generaron curvas de nivel a intervalos de un metro con lo cual obtuvimos el área entre curva posteriormente el volumen entre curvas y finalmente obtuvimos volúmenes de almacenamiento para cada cota.

Tabla 20 Capacidad de embalse del vaso de la presa

| N° | COTA | AREA(m2) | AREA (m2) acumulada | VOLUMEN (m3) | VOLUMEN ACUMULADO (m3) | VOLUMEN HM3 | VOLUMEN HM3 ACUMULADO |
|----|------|-----------|---------------------|--------------|------------------------|-------------|-----------------------|
| 1 | 4486 | 6,328.82 | 6,328.82 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 4487 | 7,207.82 | 13,536.64 | 9,932.73 | 9,932.73 | 0.00993273 | 0.00993273 |
| 3 | 4488 | 7,383.62 | 20,920.26 | 17,228.45 | 27,161.18 | 0.01722845 | 0.02716118 |
| 4 | 4489 | 8,790.03 | 29,710.29 | 25,315.28 | 52,476.46 | 0.02531528 | 0.05247646 |
| 5 | 4490 | 8,614.23 | 38,324.52 | 34,017.40 | 86,493.86 | 0.0340174 | 0.08649386 |
| 6 | 4491 | 9,844.83 | 48,169.35 | 43,246.93 | 129,740.79 | 0.04324693 | 0.12974079 |
| 7 | 4492 | 9,317.43 | 57,486.77 | 52,828.06 | 182,568.85 | 0.05282806 | 0.18256885 |
| 8 | 4493 | 10,899.63 | 68,386.41 | 62,936.59 | 245,505.44 | 0.06293659 | 0.24550544 |
| 9 | 4494 | 11,602.84 | 79,989.24 | 74,187.82 | 319,693.27 | 0.07418782 | 0.31969327 |
| 10 | 4495 | 11,602.84 | 91,592.08 | 85,790.66 | 405,483.92 | 0.08579066 | 0.40548392 |
| 11 | 4496 | 12,833.44 | 104,425.52 | 98,008.80 | 503,492.72 | 0.0980088 | 0.50349272 |
| 12 | 4497 | 14,415.64 | 118,841.16 | 111,633.34 | 615,126.06 | 0.11163334 | 0.61512606 |
| 13 | 4498 | 17,931.65 | 136,772.81 | 127,806.99 | 742,933.04 | 0.12780699 | 0.74293304 |

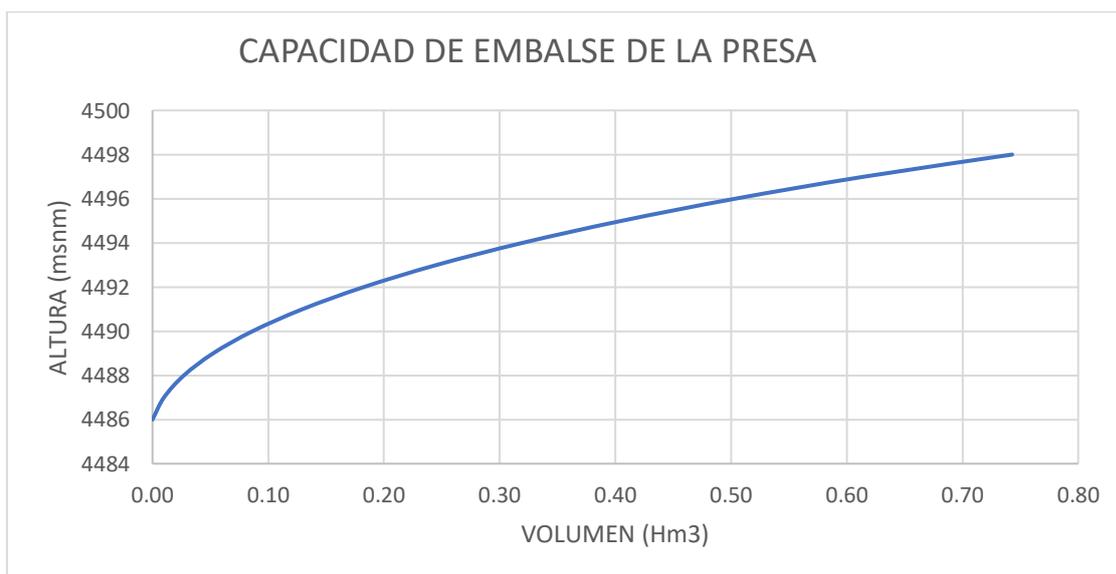


Figura 23 Capacidad de embalse de la presa

Observamos la curva de capacidad de embalse de la presa en Hm3, para diferentes alturas (elaboración propia)

NIVELES DE OPERACIÓN DE LA PRESA

Están dados en el siguiente cuadro

Tabla 21 Niveles de operación de la presa

| NIVELES DE OPERACIÓN DE LA PRESA CHACOYOCPAMPA | | |
|--|---------|------|
| NIVEL DEL TERRENO (NT) | m.s.n.m | 4486 |
| NIVEL MUERTO (NAMU) | m.s.n.m | 4488 |
| NIVEL DE AGUAS MAX. DE OPERACIÓN (NAMO) | m.s.n.m | 4496 |
| NIVEL DE AGUAS MAX. EXTRAORDINARIAS (NAME) | m.s.n.m | 4498 |

Niveles de la operación de la presa CHACOYOCPAMPA

Fuente: elaboración propia

4.10 OFERTA HIDRICA

Por no contar con registros hidrométricos en nuestra zona de estudio se generó caudales y volúmenes mensuales utilizando el método LUTZ SCHULZ (tabla 21), partimos generando la precipitación efectiva y después obtuvimos la ecuación integral de generación de caudales, considerando el método mencionado realizamos un cálculo de caudales mensuales a partir del modelo hidrológico determinístico para realizar un balance hídrico

Tabla 22 Generación de caudales medios mensuales para el año promedio

| MES | Nº DIAS | PRECIPITACION MENSUAL | | | | CONTRIBUCION DE LA RETENCION | | | | CAUDALES GENERADOS (CMi) | | |
|--------------------------|---------|-----------------------|------------------------|------------------|--------------|------------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------------------|-------------------|---------|
| | | PRECIPITACION | PRECIPITACION EFECTIVA | | | RETENCION | | ABASTECIMIENTO | | | | |
| | | TOTAL mm/mes | PE II mm/mes | PE III mm/mes | PE mm/mes | gi mm/mes | Gi mm/mes | ai mm/mes | Ai mm/mes | mm/mes | m ³ /s | lt/s |
| ENERO | 31 | 286.658 | 103.26 | 413.74 | 135.15 | | | 0.400 | 30.00 | 105.15 | 0.506 | 505.87 |
| FEBRERO | 28 | 272.997 | 122.90 | 333.24 | 144.51 | | | 0.200 | 15.00 | 129.51 | 0.690 | 689.81 |
| MARZO | 31 | 236.878 | 135.45 | 206.84 | 142.79 | | | 0.005 | 0.38 | 142.41 | 0.685 | 685.12 |
| ABRIL | 30 | 128.876 | 44.74 | 72.04 | 47.55 | 0.493 | 36.993 | | | 84.54 | 0.420 | 420.26 |
| MAYO | 31 | 25.793 | 2.66 | 5.02 | 2.90 | 0.243 | 18.246 | | | 21.15 | 0.102 | 101.73 |
| JUNIO | 30 | 14.636 | 1.61 | 2.85 | 1.73 | 0.120 | 9.000 | | | 10.73 | 0.053 | 53.36 |
| JULIO | 31 | 8.982 | 1.04 | 1.82 | 1.12 | 0.059 | 4.439 | | | 5.56 | 0.027 | 26.76 |
| AGOSTO | 31 | 20.580 | 2.16 | 3.95 | 2.35 | 0.029 | 2.190 | | | 4.54 | 0.022 | 21.82 |
| SEPTIEMBRE | 30 | 60.825 | 8.24 | 17.53 | 9.19 | 0.014 | 1.080 | | | 10.27 | 0.051 | 51.05 |
| OCTUBRE | 31 | 131.076 | 46.58 | 74.17 | 49.41 | 0.007 | 0.533 | | | 49.95 | 0.240 | 240.29 |
| NOVIEMBRE | 30 | 169.086 | 82.60 | 111.77 | 85.60 | | | 0.050 | 3.75 | 81.85 | 0.407 | 406.87 |
| DICIEMBRE | 31 | 241.848 | 136.37 | 218.91 | 144.85 | | | 0.350 | 26.25 | 118.60 | 0.571 | 570.55 |
| AÑO | | 1598.23 | 687.61 | 1461.88 | 767.15 | 0.966 | 72.480 | 1.0 | 75.38 | 764.26 | 3.773 | 3773.49 |
| COEFICIENTES ESCORRENTIA | | 0.48 | 0.8973 | 0.1027 | 1.0 | | | | | | | |

fuelle: elaboración propia

Tabla 23 medias mensuales generadas por la cuenca LLANCAMA

| Área | 12.89 | Km ² | | factor | 0.011574 | DESCARGAS MEDIAS MENSUALES GENERADAS (m ³ /s) | | | | | | | MICROCUEVA LLANCAMA | | | | | | |
|----------|-------|-----------------|------|--------|----------|--|------|------|------|------|------|------|---------------------|--|--|--|--|--|--|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | TOTAL | | | | | | |
| DIAS | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | | | | | | | |
| 1980 | 0.45 | 0.58 | 0.47 | 0.16 | 0.06 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 1.99 | | | | | | |
| 1981 | 0.30 | 0.55 | 0.56 | 0.33 | 0.11 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.06 | 0.27 | 0.50 | 0.59 | 3.42 | | | | | | |
| 1982 | 0.45 | 0.67 | 0.43 | 0.21 | 0.08 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.21 | 0.52 | 0.59 | 0.64 | 3.92 | | | | | | |
| 1983 | 0.38 | 0.58 | 0.51 | 0.32 | 0.11 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.16 | 0.36 | 0.46 | 3.03 | | | | | | |
| 1984 | 0.27 | 0.42 | 0.57 | 0.64 | 0.20 | 0.09 | 0.04 | 0.06 | 0.06 | 0.42 | 0.59 | 0.59 | 3.95 | | | | | | |
| 1985 | 0.47 | 0.54 | 0.59 | 0.38 | 0.16 | 0.10 | 0.06 | 0.02 | 0.34 | 0.51 | 0.51 | 0.48 | 4.18 | | | | | | |
| 1986 | 0.57 | 0.65 | 0.29 | 0.51 | 0.16 | 0.06 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.47 | 0.17 | 3.00 | | | | | | |
| 1987 | 0.29 | 0.52 | 0.34 | 0.14 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.24 | 0.50 | 0.63 | 0.45 | 3.35 | | | | | | |
| 1988 | 0.46 | 0.67 | 0.44 | 0.62 | 0.19 | 0.08 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.17 | 0.30 | 0.54 | 3.65 | | | | | | |
| 1989 | 0.21 | 0.52 | 0.49 | 0.55 | 0.18 | 0.08 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.22 | 0.47 | 0.55 | 3.38 | | | | | | |
| 1990 | 0.42 | 0.15 | 0.33 | 0.45 | 0.15 | 0.07 | 0.04 | 0.03 | 0.08 | 0.48 | 0.58 | 0.63 | 3.42 | | | | | | |
| 1991 | 0.63 | 0.70 | 0.34 | 0.18 | 0.08 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.11 | 0.37 | 0.57 | 0.33 | 3.46 | | | | | | |
| 1992 | 0.37 | 0.51 | 0.34 | 0.11 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.22 | 0.46 | 0.28 | 2.54 | | | | | | |
| 1993 | 0.18 | 0.48 | 0.57 | 0.60 | 0.17 | 0.07 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.34 | 0.47 | 0.54 | 3.54 | | | | | | |
| 1994 | 0.53 | 0.65 | 0.61 | 0.34 | 0.12 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.05 | 0.23 | 0.43 | 3.13 | | | | | | |
| 1995 | 0.56 | 0.69 | 0.34 | 0.38 | 0.13 | 0.07 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.15 | 0.12 | 0.48 | 3.06 | | | | | | |
| 1996 | 0.53 | 0.44 | 0.51 | 0.50 | 0.17 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.08 | 0.14 | 0.42 | 2.95 | | | | | | |
| 1997 | 0.51 | 0.45 | 0.55 | 0.36 | 0.12 | 0.05 | 0.02 | 0.07 | 0.11 | 0.07 | 0.37 | 0.55 | 3.21 | | | | | | |
| 1998 | 0.54 | 0.73 | 0.50 | 0.19 | 0.07 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.14 | 0.17 | 0.16 | 2.69 | | | | | | |
| 1999 | 0.50 | 0.32 | 0.53 | 0.60 | 0.18 | 0.08 | 0.05 | 0.04 | 0.14 | 0.17 | 0.15 | 0.50 | 3.27 | | | | | | |
| 2000 | 0.60 | 0.53 | 0.58 | 0.27 | 0.10 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.26 | 0.12 | 0.48 | 3.16 | | | | | | |
| 2001 | 0.70 | 0.64 | 0.69 | 0.58 | 0.21 | 0.09 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.09 | 0.24 | 3.46 | | | | | | |
| 2002 | 0.48 | 0.48 | 0.59 | 0.39 | 0.15 | 0.06 | 0.07 | 0.02 | 0.09 | 0.18 | 0.24 | 0.53 | 3.27 | | | | | | |
| 2003 | 0.61 | 0.61 | 0.54 | 0.24 | 0.10 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.10 | 0.06 | 0.27 | 0.54 | 3.21 | | | | | | |
| 2004 | 0.51 | 0.69 | 0.47 | 0.27 | 0.09 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.20 | 0.44 | 3.00 | | | | | | |
| 2005 | 0.54 | 0.50 | 0.55 | 0.25 | 0.08 | 0.05 | 0.02 | 0.05 | 0.06 | 0.16 | 0.14 | 0.42 | 2.83 | | | | | | |
| 2006 | 0.50 | 0.63 | 0.55 | 0.27 | 0.09 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.17 | 0.25 | 0.52 | 3.11 | | | | | | |
| 2007 | 0.52 | 0.59 | 0.50 | 0.28 | 0.11 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.07 | 0.11 | 0.41 | 2.76 | | | | | | |
| 2008 | 0.45 | 0.58 | 0.37 | 0.13 | 0.07 | 0.06 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.18 | 0.29 | 0.52 | 2.74 | | | | | | |
| 2009 | 0.61 | 0.69 | 0.37 | 0.16 | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.31 | 0.24 | 0.52 | 3.09 | | | | | | |
| 2010 | 0.43 | 0.66 | 0.49 | 0.16 | 0.11 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.09 | 0.18 | 0.53 | 2.87 | | | | | | |
| 2011 | 0.65 | 0.68 | 0.52 | 0.24 | 0.10 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.16 | 0.13 | 0.15 | 0.50 | 3.27 | | | | | | |
| 2012 | 0.59 | 0.70 | 0.53 | 0.41 | 0.14 | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.08 | 0.28 | 0.62 | 3.53 | | | | | | |
| 2013 | 0.51 | 0.56 | 0.40 | 0.15 | 0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.42 | 0.56 | 0.47 | 3.36 | | | | | | |
| 2014 | 0.47 | 0.50 | 0.47 | 0.38 | 0.12 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.06 | 0.13 | 0.30 | 0.51 | 3.10 | | | | | | |
| 2015 | 0.45 | 0.66 | 0.63 | 0.28 | 0.09 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.11 | 0.18 | 0.40 | 0.41 | 3.37 | | | | | | |
| 2016 | 0.48 | 0.56 | 0.51 | 0.26 | 0.09 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.11 | 0.23 | 0.28 | 0.44 | 3.11 | | | | | | |
| 2017 | 0.57 | 0.41 | 0.56 | 0.45 | 0.15 | 0.08 | 0.04 | 0.06 | 0.09 | 0.18 | 0.41 | 0.44 | 3.41 | | | | | | |
| 2018 | 0.50 | 0.37 | 0.42 | 0.36 | 0.11 | 0.06 | 0.04 | 0.02 | 0.06 | 0.21 | 0.41 | 0.55 | 3.12 | | | | | | |
| 2019 | 0.36 | 0.56 | 0.51 | 0.33 | 0.13 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.17 | 0.20 | 0.47 | 2.97 | | | | | | |
| 2020 | 0.43 | 0.52 | 0.45 | 0.32 | 0.12 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.23 | 0.34 | 0.47 | 3.11 | | | | | | |
| Promedio | 0.48 | 0.56 | 0.49 | 0.34 | 0.12 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.21 | 0.32 | 0.46 | 3.19 | | | | | | |
| Max | 0.70 | 0.73 | 0.69 | 0.64 | 0.21 | 0.10 | 0.07 | 0.07 | 0.34 | 0.52 | 0.63 | 0.64 | | | | | | | |
| Min | 0.18 | 0.15 | 0.29 | 0.11 | 0.05 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | | | | | | | |
| Desv. | 0.11 | 0.12 | 0.09 | 0.15 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.14 | 0.17 | 0.13 | | | | | | | |

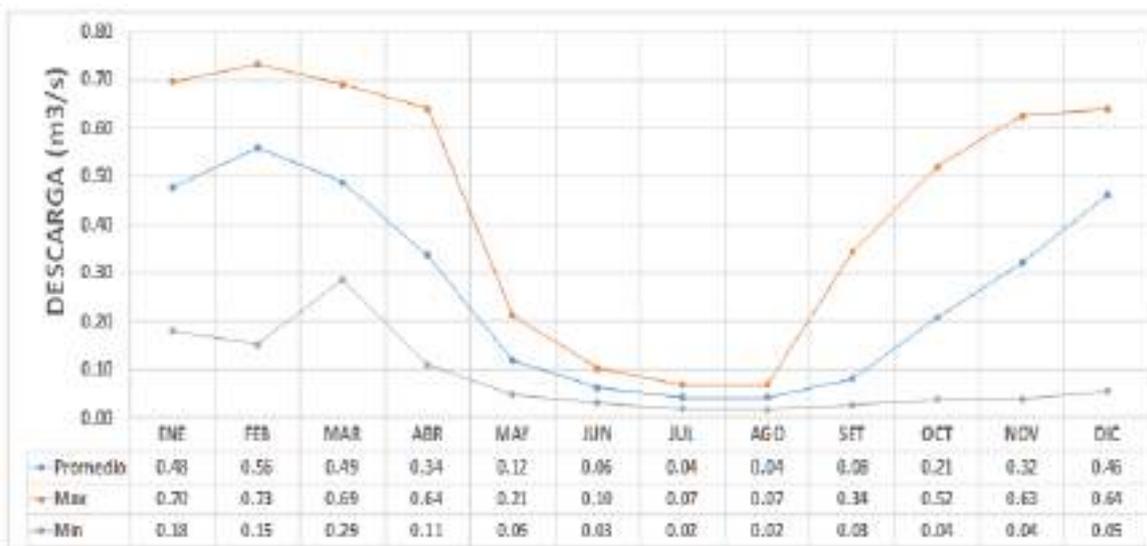


Figura 24 comportamiento de los caudales máximo y mínimo

Se muestran datos de caudal para todos los meses

elaboración fuente propia

en la tabla 21 y 22 se muestran valores al 100% de la cuenca LLANCAMA, con resultado de 8.35 Hm³, pero optamos en trabajar con el 75% de persistencia con un valor de 8.003Hm³ que se muestran en la tabla 23.

Tabla 24 Caudal y volúmenes generados al 75% de persistencia

| GENERACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% DE PERSISTENCIA | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Cuenca | Unidad | Ene 31 | Feb 28 | Mar 31 | Abr 30 | May 31 | Jun 30 | Jul 31 | Ago 31 | Set 30 | Oct 31 | Nov 30 | Dic 31 | TOTAL |
| LLANCAMA | m ³ /s | 0.54 | 0.67 | 0.51 | 0.20 | 0.11 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.11 | 0.11 | 0.16 | 0.52 | |
| | l/s | 538.6 | 668.7 | 506.8 | 200.5 | 106.2 | 53.2 | 42.3 | 54.4 | 106.8 | 108.2 | 164.6 | 519.5 | |
| | HM ³ | 1.44 | 1.62 | 1.36 | 0.52 | 0.28 | 0.14 | 0.11 | 0.15 | 0.28 | 0.29 | 0.43 | 1.39 | 8.003 |

Se observan datos de caudales en Hm³, Lt/s y m³/s para diferentes meses

Fuente elaboración propia

CAUDAL ECOLÓGICO

Nuestro río de la zona de estudio se considera como escorrentía y un elemento fundamental para la actividad biológica por ello vimos necesario determinar el caudal del río denominado como caudal ecológico

La estimación de caudal ecológico lo realizamos de acuerdo a criterios del ANA (Autoridad Nacional del Agua) este valor equivale al 95% de persistencia, este caudal generado es por el

objetivo de preservación y conservación del ecosistema según el artículo 153 del reglamento de ley 29338, Ley de recursos hídricos del PERU

Tabla 25 Caudal ecológico

| DESCRIPCION | LIND | MESES | | | | | | | | | | | | TOTAL (Hm3) |
|----------------------|------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------------|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | |
| Micro Cuenca Llacama | m3/s | 0.48 | 0.56 | 0.49 | 0.34 | 0.12 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.21 | 0.32 | 0.46 | |
| | l/s | 478.05 | 559.17 | 488.01 | 336.09 | 118.67 | 61.44 | 41.62 | 41.38 | 80.30 | 207.33 | 321.37 | 461.23 | |
| | Hm3 | 1.28 | 1.35 | 1.31 | 0.87 | 0.32 | 0.16 | 0.11 | 0.11 | 0.21 | 0.56 | 0.83 | 1.24 | |
| Caudal Ecológico | m3/s | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | |
| | l/s | 47.80 | 55.92 | 48.80 | 33.61 | 11.87 | 6.14 | 4.16 | 4.14 | 8.03 | 20.73 | 32.14 | 46.12 | |
| | Hm3 | 0.13 | 0.14 | 0.13 | 0.09 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.06 | 0.08 | 0.12 | |
| Es Gaje | | Avenida | | | | | | | | | | | | |

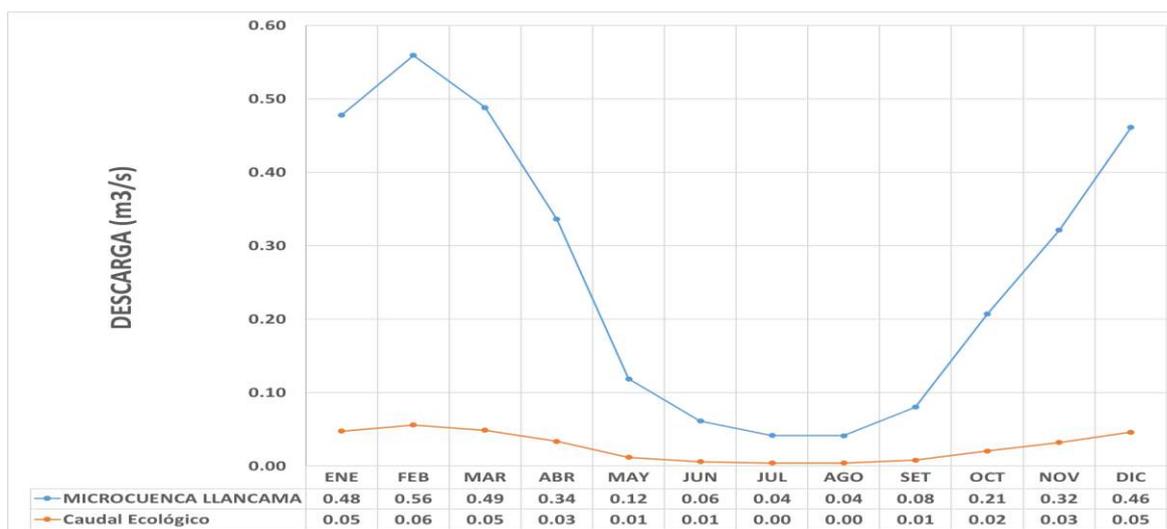


Figura 25 Demanda hídrica

El presente estudio tiene planeado irrigar 450 Has del cual realizamos un análisis de demanda de agua, lo cual obedece a la evapotranspiración potencial, precipitación efectiva y coeficiente de cultivo (kc) la estimación de la evapotranspiración de cultivo lo realizamos por el método THORNTHWAITE. Mientras que el coeficiente de cultivo propuesta en la tabla, tuvimos en cuenta las fases de desarrollo de las plantas en este caso para cada uno de los cultivos referenciales propuestos para tener un coeficiente de cultivo mensual se pondero los coeficientes de cada cultivo y su respectiva área de producción posteriormente una vez obtenido nuestro coeficiente de cultivo y la evapotranspiración se obtuvo del producto de estos, la evapotranspiración real del cultivo así mismo consideramos una eficiencia de riego de 65% para prever un sistema de riego tecnificado y a su vez consideramos 12 horas de riego de parcelas obteniendo demanda de agua que implicaría 450 Has con el resultado que se muestra en la tabla 25.

Tabla 26 Célula de cultivo

| CEDULA DE CULTIVO DEL PROYECTO (450 HAS) | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| CULTIVOS PRINCIPALES | AREA | % | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
| MAIZ CHOCLO | 50.00 | 11% | 0.73 | 0.3 | | | | | 0.22 | 0.59 | 0.90 | 1.02 | 0.99 | 0.92 |
| HABA VERDE | 80.00 | 18% | 0.38 | | | | | | | | 0.32 | 0.81 | 0.98 | 0.87 |
| PAPA | 50.00 | 11% | | | | | | | 0.27 | 0.72 | 0.95 | 0.97 | 0.80 | 0.33 |
| ALFALFA | 150.00 | 33% | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| HORTAIZAS | 120.000 | 27% | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| TOTAL | 450 | 100.0% | | | | | | | | | | | | |

Se muestran los valores de cultivo de la zona para diferentes meses

Fuente: elaboración propia

Tabla 27 Evotranspiración método thornthwaite

| EVOTRANSPIRACIÓN METODO THORNTHWAITE | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|----------------------------|-------------|-------------|--------|--------------------|------------------|---------------|
| MESES | T° MENSUAL | (i) ÍNDICE TÉRMICO MENSUAL | ETP TEÓRICA | (N) | f=N/12 | N° DE DIAS POR MES | (d/30) | ETP (mm/mes) |
| ENERO | 13.58 | 4.54 | 58.23 | 12.9 | 1.075 | 31 | 1.033 | 64.66 |
| FEBRERO | 13.42 | 4.46 | 57.36 | 12.5 | 1.042 | 28 | 0.933 | 55.77 |
| MARZO | 13.36 | 4.43 | 57.04 | 12.2 | 1.017 | 31 | 1.033 | 59.92 |
| ABRIL | 12.74 | 4.12 | 53.75 | 11.8 | 0.983 | 30 | 1.000 | 52.86 |
| MAYO | 11.25 | 3.41 | 45.95 | 11.5 | 0.959 | 31 | 1.033 | 45.53 |
| JUNIO | 10.20 | 2.94 | 40.60 | 11.3 | 0.942 | 30 | 1.000 | 38.24 |
| JULIO | 10.02 | 2.87 | 39.70 | 11.4 | 0.950 | 31 | 1.033 | 38.99 |
| AGOSTO | 11.42 | 3.49 | 46.82 | 11.7 | 0.975 | 31 | 1.033 | 47.17 |
| SETIEMBRE | 13.00 | 4.25 | 55.12 | 12.0 | 1.000 | 30 | 1.000 | 55.12 |
| OCTUBRE | 13.97 | 4.74 | 60.33 | 12.4 | 1.033 | 31 | 1.033 | 64.42 |
| NOVIEMBRE | 14.22 | 4.87 | 61.74 | 12.8 | 1.066 | 30 | 1.000 | 65.83 |
| DICIEMBRE | 13.75 | 4.62 | 59.15 | 13.0 | 1.083 | 31 | 1.033 | 66.18 |
| (I) INDICE TERMICO ANUAL | | 48.74 | a= | 1.26 | | | ETP ANUAL | 654.69 |

Se muestran datos de evapotranspiración para diferentes meses

Fuente: elaboración propia

De la tabla 26 concluimos que para nuestra área de estudio el valor más bajo es 38.24 mm/mes en el mes de junio y el valor más alto es de 64.66 mm/mes en el mes de enero

Tabla 28 Estimación de demanda de recursos hídricos

| CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA PROMEDIO CON PROYECTO (450 HAS) | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|---------|-------|-------|---------|-------|---------|----------|-----------|---------|-----------|-----------|
| CUADRO N° | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SETIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| HECTAREAS BAJO RIEGO | 450 | 450 | 450 | 440 | 440 | 440 | 440 | 440 | 360 | 450 | 450 | 450 |
| DIAS /MES | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| Coef.Consuntivo ponderado (Kp) | 0.75 | 0.63 | 0.60 | 0.61 | 0.61 | 0.61 | 0.66 | 0.75 | 0.95 | 0.97 | 0.97 | 0.89 |
| Evapotranspiración Pot. (ETP) mm/mes | 65 | 56 | 60 | 53 | 46 | 38 | 39 | 47 | 55 | 64 | 66 | 66 |
| Evapotranspiración real. (ETR) mm/mes | 48 | 35 | 36 | 32 | 28 | 23 | 26 | 35 | 53 | 62 | 64 | 59 |
| Precipitación efectiva (Pe) mm/mes (75%) | 105 | 130 | 142 | 85 | 21 | 11 | 6 | 5 | 10 | 50 | 82 | 119 |
| Requerimiento bruto (mm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 13 | 20 | 31 | 42 | 12 | 0 | 0 |
| Requer. Volumétrico Bruto (m3/ha.) | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 29884.0 | 56022 | 89490.8 | 135514.2 | 152144.0 | 55012 | 0 | 0 |
| Eficiencia de riego PRESURIZADO 0.65% | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 |
| Requerimiento volumetrico mensual (m3) | 0 | 0 | 0 | 0 | 45975 | 86188 | 137678 | 208483 | 234068 | 84633 | 0 | 0 |
| Requerimiento neto (lts/s.) | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 33 | 51 | 78 | 90 | 32 | 0 | 0 |
| CAUDAL REQUERIDO | 90 | | | LT/S | | | 712,393 | | | m3/año | | |
| MODULO DE RIEGO | 0.205 LT/S/HA | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia

Se muestra el volumen de demanda requerida en m3, el módulo de riego en Lt/s y el caudal requerido en m3/s

BALANCE HÍDRICO

En nuestro balance hídrico se consideraron los valores de los caudales generados y ofertados en la cuenca Llacama, así como también la demanda de recursos hídricos los cuales de acuerdo a nuestra tabla 27 y 28 se observa que existe un superávit en los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre y un déficit del recurso hídrico en los meses de junio, julio, agosto, y septiembre,

Tabla 29 Balance hídrico sin proyecto

| BALANCE HÍDRICO DE OFERTA - DEMANDA DEL PROYECTO | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| DESCRIPCION | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
| VOL. MENSUAL DEMANDA (m3/mes) | 0 | 0 | 0 | 0 | 45975 | 86188 | 137678 | 208483 | 234068 | 84633 | 0 | 0 |
| VOL. MENSUAL OFERTA (m3/mes) | 721321.5 | 808890.4 | 678661.7 | 259861.7 | 142168.69 | 68899.928 | 56615.496 | 72846.6099 | 138426.602 | 144897.985 | 213363.162 | 695703.806 |
| BALANCE HÍDRICO - OFA (m3/mes) | -721321.5 | -808890.4 | -678661.7 | -259861.7 | -142168.69 | -68899.928 | -56615.496 | -72846.6099 | -138426.602 | -144897.985 | -213363.162 | -695703.806 |
| BALANCE HÍDRICO - SUPERAVIT | | | | | | | | | | | | |
| BALANCE HÍDRICO - DEFICIT | | | | | | | | | | | | |

fuentes: elaboración propia

se muestran los resultados del balance hídrico (superávit y déficit)

Tabla 30 Volumen de agua

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DIAS | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| VOLUMEN l/s | 538.6212 | 668.7255 | 506.766 | 200.5106 | 106.15942 | 53.163525 | 42.27561 | 54.3956167 | 106.81065 | 108.19742 | 164.63207 | 519.492089 |
| JORNADA DE RIEGO | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| VOLUMEN m3/mes | 721321.5 | 808890.4 | 678661.7 | 259861.7 | 142168.69 | 68899.928 | 56615.496 | 72846.6099 | 138426.602 | 144897.985 | 213363.162 | 695703.806 |

se observa el resultado del volumen de agua en m3 para una jornada de riego de 12 horas

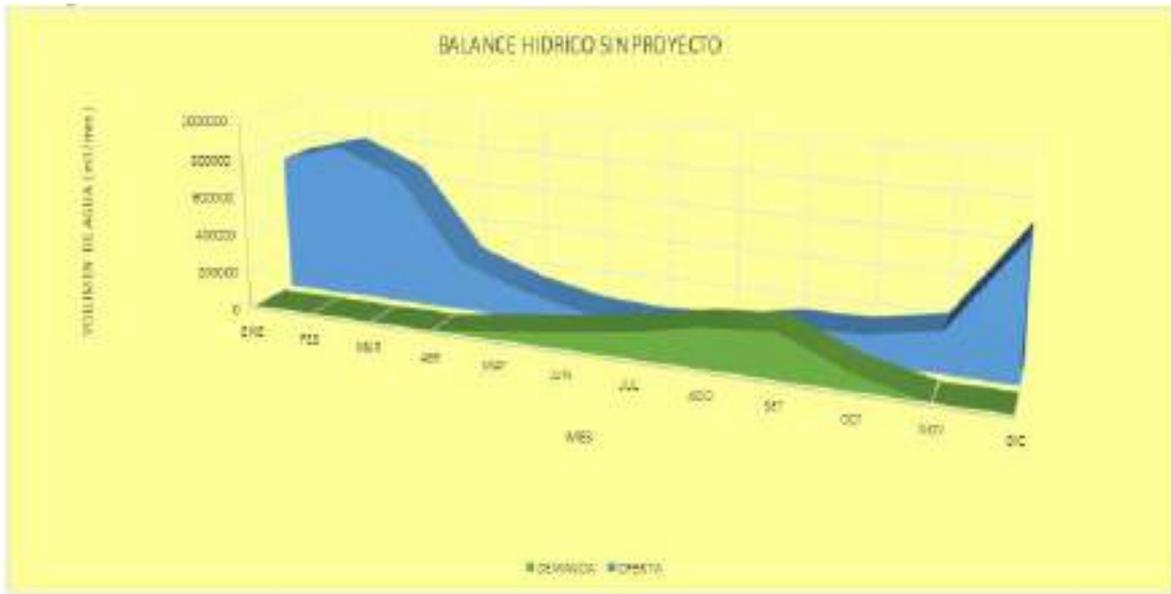


Figura 26 balance hídrico de la cuenca Llancoma sin proyecto

Se muestra demanda total de agua y el agua disponible de la fuente en m3

Fuente: elaboración propia

Tabla 31 Balance hídrico con proyecto

| BALANCE HIDRICO DE OFERTA - DEMANDA CON PROYECTO | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|
| DESCRIPCION | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
| VOL. MENSUAL DEMAND. (m3/mes) | 0 | 0 | 0 | 0 | 87239 | 132738 | 194247 | 280633 | 309967 | 109125 | 0 | 0 |
| VOL. MENSUAL OFERT. (m3/mes) | 334800 | 302400 | 334800 | 324000 | 334800 | 324000 | 334800 | 334800 | 324000 | 334800 | 324000 | 334800 |
| BALANCE DEM - OFE (m3/mes) | -334800 | -302400 | -334800 | -324000 | -247561 | -191262 | -140553 | -54167 | -14033 | -225675 | -324000 | -334800 |
| SIGNO: (-) SUPERAVIT | | | | | | | | | | | | |
| SIGNO: (+) DEFICIT | | | | | | | | | | | | |

Tabla 32 Balance hídrico con proyecto

| DIAS | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| VOLUMEN l/s | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| JORNADA DE RIEGO | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| VOLUMEN M3/mes | 334800 | 302400 | 334800 | 324000 | 334800 | 324000 | 334800 | 334800 | 324000 | 334800 | 324000 | 334800 |

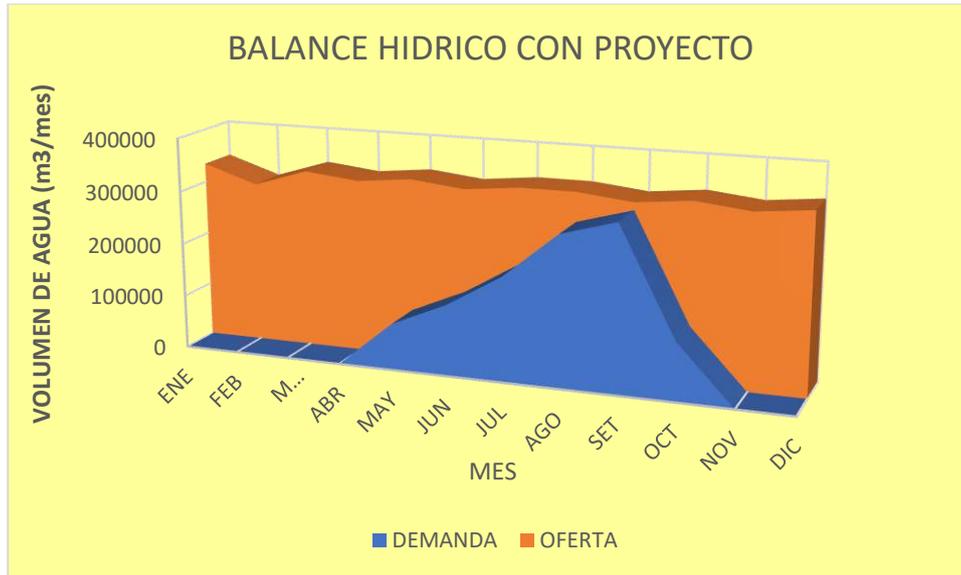


Figura 27 Balance con proyecto

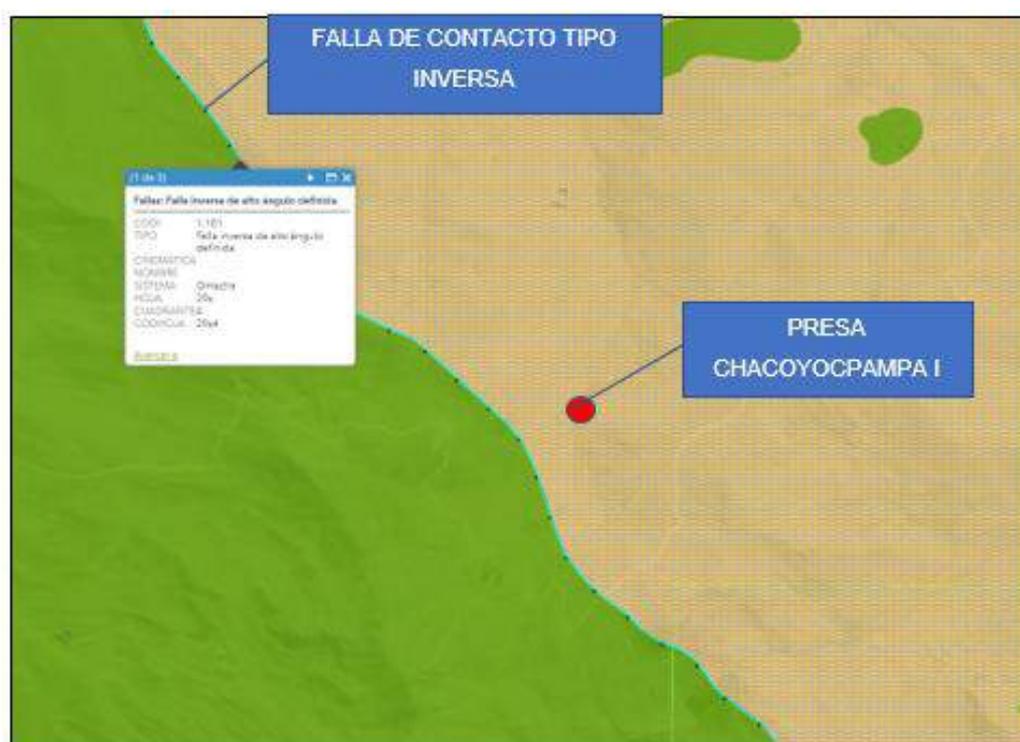
El gráfico se observa que para nuestra microcuenca LLANCAMA con nuestro proyecto ya no existe déficit de agua, la oferta es más que la demanda.

Fuente elaboración propia

CAPITULO V: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

5.1 GENERALIDADES

En este capítulo se toma en consideración que toda actividad tectónica está relacionada a la geología estructural las cuales modificaron los estratos, y sedimentos que se pudo localizar en la zona de estudio, considerando también que es indispensable tener algunos conocimientos básicos de deformaciones, discontinuidades y secuencias sedimentarias.



Plano 11 Vista de falla inversa al extremo sur y noreste de la presa.

5.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

5.2.1 FORMACION ARCURQUINA

Esta denominación fue establecida por Jenks W. (1948) y ratificada por Benavides V. (1962) para la secuencia calcárea que sobryace a los clásticos Murco al noroeste de Arequipa, pero por Abancay Marocco R. (1975) y Pecho V. (1981) emplean el término Ferrobamba para la secuencia calcárea de posición estratigráfica similar a la Formación Arcurquina. Posteriormente Mendivil S. (1978) usa el término de Arcurquina diferenciando tres miembros para el área de Livitaca, pero aclara que esta unidad debe ser reclasificada, puesto que puede ser dividida en varias unidades con la categoría de formación e integrantes de un

Grupo, no habiéndose efectuado tal modificación porque no se han realizado las observaciones correspondientes. En el área de los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca se han incluido a todos los afloramientos calcáreos del Cretáceo en una sola unidad litoestratigráfica, que por su igualdad litológica y similar secuencia estratigráfica; se le considera como la prolongación lateral de la Formación Arcurquina, razón por la cual se mantiene dicha denominación.

Los afloramientos cartografiados se hallan al oeste del valle de Apurímac más exactamente al Oeste de la línea conformada por los pueblos de Livitaca, Omacha y Accha, formando cuerpos alargados y unitarios de gran extensión o de reducida área. Los principales y más representativos afloramientos se encuentran en la mina Katanga hacia el norte pasando por la señal Tiyuno y continúa hasta las cercanías de Accha. Todos los afloramientos citados están rodeados en su mayor parte por el Batolito de Abancay, razón por la cual las calizas se encuentran recrystalizadas, aunque hay área en las que se observa la roca fresca como al norte de Capacmarca, o cuando están colindando en rocas sedimentarias. Morfológicamente, ofrece un paisaje más agreste que las rocas colindantes, constituyendo los lugares de mayor altitud en el área, con frecuencia se han formado escarpas abruptas y aristas agudas controladas por las capas de estratificación, también se puede apreciar superficies cársticas de aspecto rugoso debido a la acción de la meteorización que ha formado dolinas, cavernas, siendo la caverna de mayor amplitud aquella ubicada en las inmediaciones de Livitaca, con importancia espeleológica reconocida a nivel nacional.

La Formación Arcurquina es una secuencia calcárea de calizas gris a gris oscuras, dolomías en capas medianas, margas y lutitas en porcentaje reducido, constituyendo conjuntos afines que se caracterizan por su composición, textura y secuencia, razones por las cuales Mendivil S. (1978) diferenció tres unidades con categoría de miembros las cuales seguidamente se describen:

Miembro A: Constituido por una gruesa secuencia de calizas grises, oscuras, pardas y amarillentas, con pátina gris-blanquecina o amarillo-rosada, la estratificación es definida en capas gruesas hasta de 2 metros, cuyas comisuras son muy conspicuas, fácilmente observables a gran distancia, hecho que se considera como característica no solo de esta unidad, sino de toda la formación.

En algunos lugares, como en Capacmarca, ocurren algunas intercalaciones de lutita gris oscuras hasta negras, cuyo conjunto laminar forma estratos delgados, generalmente de 2 a 5 cm., raras veces pasan del citado espesor, con frecuencia las lutitas varían a limolitas y viceversa. También existen estratos de margas, y/o calizas margosas marrón grisáceas. Así

mismo en algunos lugares se ha observado bandeamiento dentro de las calizas. Hacia la parte superior, la estratificación es más delgada mientras que hacia la base se tiene estratos con abundantes nódulos.

Miembro B: Consiste de calizas, dolomías y margas gris claras, en capas medianas a gruesas, algo brechoides con abundantes nódulos de chert de forma irregular, generalmente aplanados, alargados o dispuestos paralelamente a la estratificación, por meteorización el chert destaca nítidamente dentro del resto de la superficie de cada capa, formando salientes alargadas, pero en detalle tiene forma irregular. También se presentan lutitas y limolitas con cierto incremento hacia la parte superior, intercalándose indistintamente con las margas; generalmente muestra una estratificación más delgada que la unidad anterior y por estar dolomitizada o en parte ser verdaderas dolomías ofrecen paisajes ruiniformes.

Miembro C: Está compuesto por calizas gris oscuras en parte azuladas, calizas margosas y margas en estratos gruesos con estratificación bien definida, esta unidad no siempre se encuentra debido a la acción erosiva actual.

En cuanto al ambiente de sedimentación de la Formación Arcurquina dada las características litológicas, texturales considerados regionales cae dentro del ambiente nerítico tal vez localmente con influencia parálitica.

5.2.2 GRUPO TACAZA: OLIGOCENO SUPERIOR (NEWELL, 1949)

Definición y relaciones estratigráficas. Una unidad que aflora al borde noreste de la Cordillera Occidental, al sur de Coyabamba, sobrepasando el límite sur del cuadrante III, es denominada provisionalmente como Grupo Tacaza sedimentario. Sobreyace en leve discordancia angular a la Formación Anta, estructura que se ve nítidamente en la carretera Cusco-Santo Tomás, en el desvío a Ccapi. Igualmente, sobreyace a los cuerpos intrusivos presentes en la zona, como el macizo de Quepuro y sobre las cuarcitas de la Formación Hualhuani y las calizas de la Formación Ferrobamba, rellenando paleorelieves Litología y ambiente de sedimentación. Se trata esencialmente de conglomerados de conos aluviales y ríos proximales, intercalados con areniscas feldespáticas fluviales y limolitas de llanura de inundación.

El espesor es variable, pero sobrepasa los 500 m. Muchos niveles de conglomerados contienen clastos de piroclastos y matriz volcánica.

Se ha considerado en los mapas como Grupo Tacaza a niveles volcánicos de tobas que se han depositado en el Altiplano, tal como los que se hallan aflorando en discordancia angular

sobre las capas rojas del Grupo San Jerónimo en el sinclinal de San Lorenzo. Sin embargo, no hay edades para confirmar.

Edad. ¿Es difícil determinar su edad por la falta de niveles volcánicos o restos fósiles, sin embargo, por sobreyacer a la Formación Anta cuyo techo es de 29 Ma, se le estima una edad Oligoceno superior-Mioceno inferior?, y en parte correlacionable con la Formación Punacancha del Altiplano.

5.2.3 GRUPO PUNO

Esta unidad originalmente fue establecida por Cabrera La Rosa y Petersen (1936), en los alrededores del Lago Titicaca, posteriormente la estudiaron Newell (1945) y Heim (1947). En los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca se ha adoptado la misma denominación, para un conjunto litológico que se considera como la prolongación lateral del Grupo Puno en la localidad típica.

Los depósitos inmediatamente posteriores al Grupo Chitapampa o incluidos entre dos discordancias angulares, que por definición sobreyacen con discordancia angular al Grupo Chitapampa y subyacen con discordancia angular a la Formación Alfabamba, forman parte del Grupo Puno.

Las variaciones litológicas y texturales de esta unidad de ambiente continental son notables de un lugar a otro y puede ser el resultado de una depositación en cuencas intramontañosas separadas o parcialmente conectadas, sometidas a la influencia de diferentes condiciones, medios y tipos de transporte, diversidades de las rocas madre y de los procesos de sedimentación. Esto también sería la razón por la cual sus afloramientos se presentan con solución de continuidad, aparte de los casos donde realmente sea la consecuencia de fenómenos de remoción.

Otros de los factores que han incidido en las características texturales y estructurales de las rocas es la frecuente y notable inestabilidad de la cuenca, corroborado por una alternancia y cambios climáticos muy marcados.

También otro hecho no menos importante, es el inicio de la actividad volcánica, tanto lávica como piroclástica, constituyendo las primeras manifestaciones de un creciente vulcanismo que posteriormente dio lugar a la Formación Alfabamba y otras unidades, debido a ello, es que el Grupo Puno en varios lugares está representada por una enorme acumulación sedimentario-volcánica. De otro lado, algunas partes de esta unidad corresponden a conos aluviales con una estratificación lenticular muy definida y perceptible redondeamiento y se-

lección de los cláustos, que en muchos casos permite diferencias las facies proximales y distales, y raras veces su coalescencia lateral.

En conjunto pueden ser considerados los depósitos de este Grupo Puno como molasas continentales, que se depositaron en una disposición anárquica en áreas deprimidas de la Cadena Andina en proceso de surgimiento.

La naturaleza indicada de este grupo, no permite conocer su verdadero grosor, por ello solamente en forma estimada se presume que sea del orden de los 3,000 a 5,000 metros, debiendo tener presente que no existe una exposición de la unidad completa, y resulta inapropiado agregar los grosores parciales que representan variaciones laterales.

5.2.4 FALLA POMACANCHI

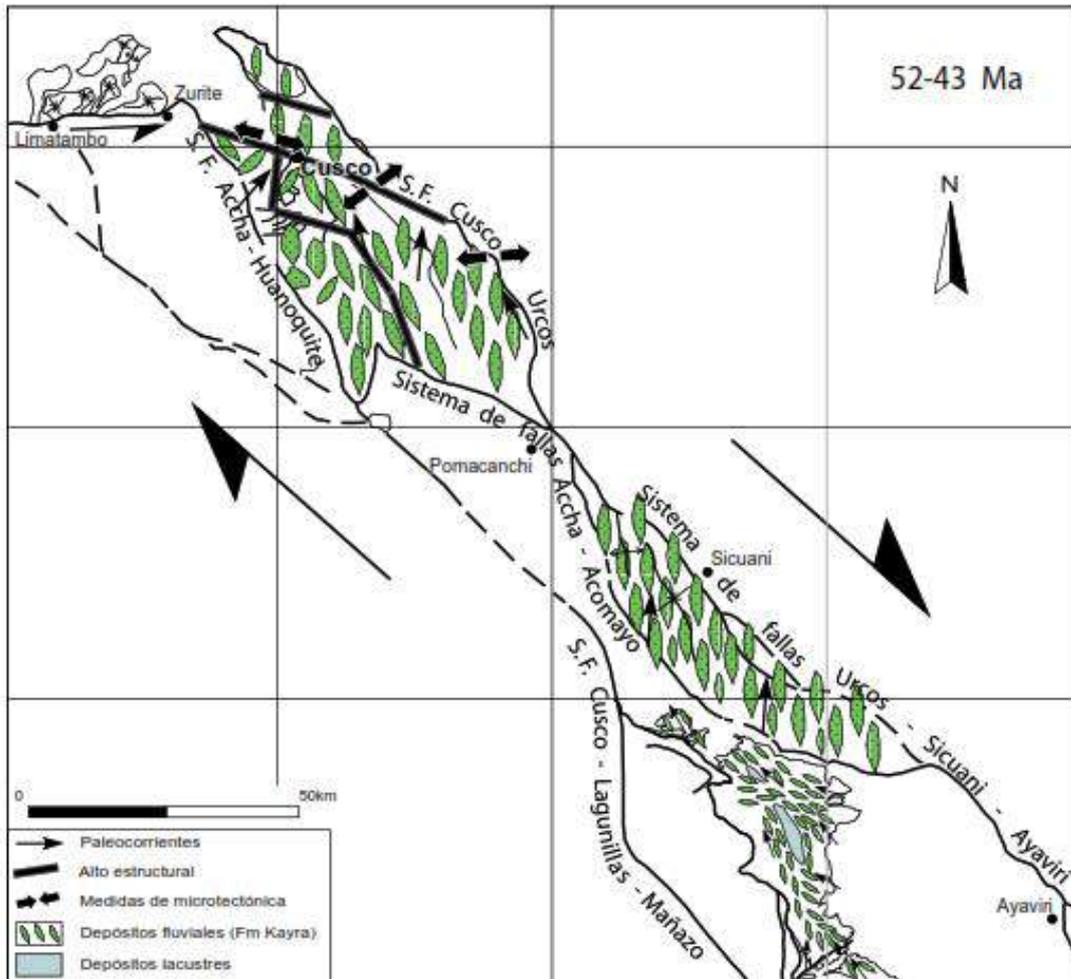
Se localiza al norte de la laguna de Pomacanchi, donde un trazo de falla de 6 km de largo es visible en campo (Foto 65), en las fotografías aéreas (Suarez et al., 1983) y también en imágenes Landsat. La falla Pomacanchi tiene rumbo N140°E y buzamiento entre 60 y 70 hacia el SO, con un desplazamiento de 50 m que se estima es de edad cuaternaria (Sebrier et al., 1985). Al SE tiene un segmento de dirección NE-SO que la une a otra falla de menor dimensión NO-SO. Esta falla corta abanicos aluviales conglomerádicos relacionados posiblemente a un evento de glaciación, pero que no ha sido datado con precisión. Se estima que estos conglomerados pueden tener más de 100,000 años (Sebrier et al., 1982). Por otro lado, canales aluviales más recientes cruzan la falla cuaternaria y dos terrazas fluviales no muestran evidencias de desplazamiento. Teniendo en cuenta la cronología de las formaciones aluviales en el sur del Perú (Sebrier et al., 1985), el último movimiento de falla sería reciente, pero más antiguo de 10,000 años. Sin embargo, algunas partes del sistema de fallas del río Vilcanota pueden estar activas, como se muestra en el historial sísmico y en escarpas menores frescas que afectan la morfología actual al norte del pueblo de Langui, en el cuadrángulo de Sicuani (Sebrier et al., 1985). En efecto, en varias épocas, pequeños sismos históricos pero muy superficiales han destruido los pequeños poblados a lo largo de alineamientos del sistema Vilcanota, incluyendo la falla Pomacanchi (Silgado, 1978).

Tres planos con estrías de fallas han sido medidos en la parte sureste de la falla de Pomacanchi y se observa un movimiento de rumbo sinistral normal, que puede ser compatible con una extensión N-S conocida en la región (Sebrier et al., 1985).

La falla activa de Accha: corta las rocas de la Formación Anta en forma transversal al rumbo de los estratos, con dirección NE-SO y buzamiento al sur de ~60° y desplazamientos

de más de un metro. Tiene una longitud mayor a 1 km y afecta también los depósitos cuaternarios.

Plano 12 Sistema de fallas que controlan nuestra zona de estudio



fuelle: INGEMMET

5.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL

5.3.1 FALLAS

En nuestra zona de estudio pudimos encontrar fallas inferidas y fallas inversas

5.3.2 FALLA DE HUANOQUITE-ACCHA

Se presenta el dominio estructural, evidenciando la falla inferida Huanoquite – Accha, la misma que se encuentra ubicada al noroeste y oeste de la zona de presa, además cabe precisar que este evento no presenta movimiento definido y se encuentra en estado inactivo.

la falla Huanoquite-Accha tiene primero orientación NO-SE y controla los cuerpos del macizo de Accha. Luego la falla cambia de dirección a NNO-SEE y separa el sinclinal de San Lorenzo (Altiplano) del anticlinal Molle Molle (Cordillera Occidental). Además, controla los intrusivos de Huanca Marcacasa, donde está el proyecto Viruna. Esta falla prosigue al noroeste y pasa al cuadrángulo de Tambobamba, marcando un límite claro entre el Altiplano al NE y la Cordillera Occidental al SO.

falla Huanoquite-Accha es el límite sur del sinclinal de San Lorenzo conformado por el Grupo San Jerónimo. Este sinclinal tiene una forma casi simétrica y su flanco noreste muestra el substrato conformado por las formaciones Maras (Albiano medio), Puquín (Coniaciano -Maestrichtiano), Quilque (Paleoceno inferior) y Chilca (Paleoceno superior) que son sobreyacidos por el Grupo San Jerónimo

5.3.3 DIACLASAS Y FRACTURAS

Nuestro fracturamiento y diaclasamiento de los macizos rocosos aparecen en la superficie de la formación Acurquina los cuales son roca caliza, que cuando son sometidas a tensión que sobrepasan su límite de resistencia la rotura de las mismas se produce como se ve en la imagen, también se muestran dos familias de discontinuidades

Orientación de las estructuras



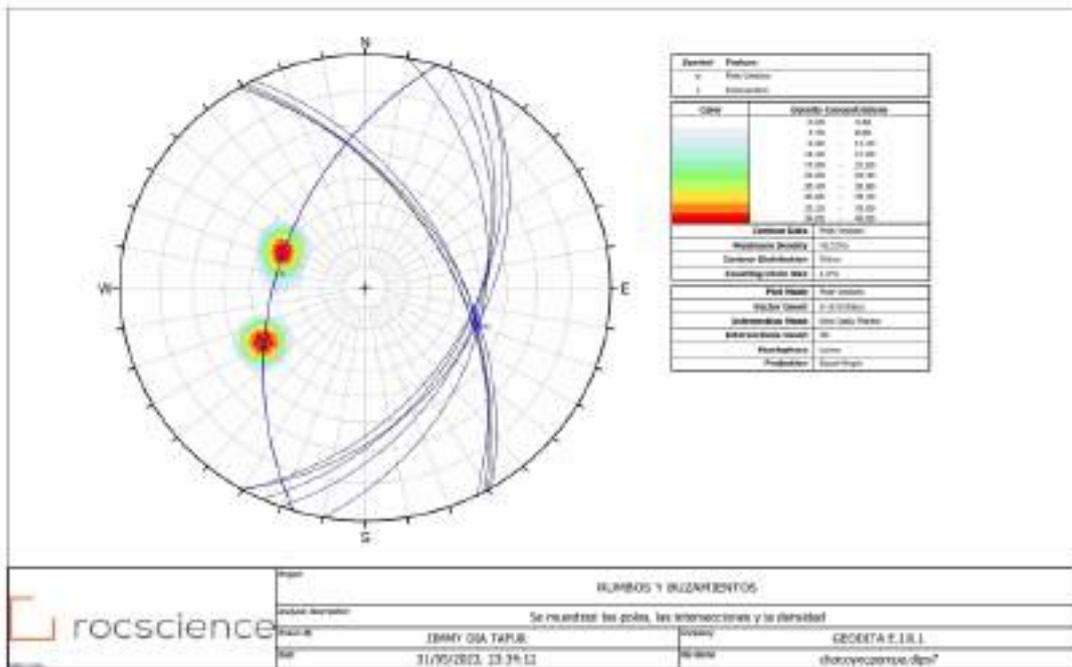
Fotografía 8 Se observa dos familias de discontinuidades

SISTEMA DE FALLAS DEL AFLORAMIENTO DE ROCA

| SISTEMA DE FALLAS | AZIMUT | BUZAMIENTO |
|-------------------|--------|------------|
| FALLA 01 | N110 | 40 |
| FALLA 02 | N120 | 39 |
| FALLA 03 | N115 | 42 |
| FALLA 04 | N100 | 38 |
| FALLA 05 | N120 | 43 |
| FALLA 06 | N60 | 52 |
| FALLA 07 | N59 | 50 |
| FALLA 08 | N63 | 49 |
| FALLA 09 | N61 | 52 |

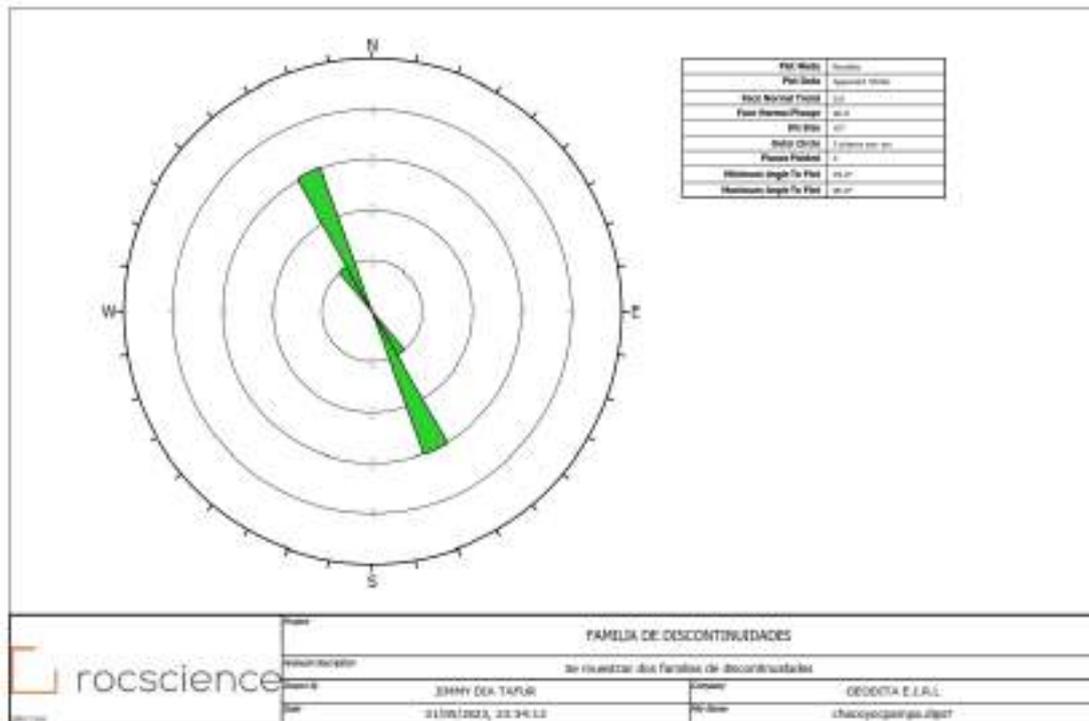
Tabla 33 Sistema de fallas del afloramiento

Plano 13 Rumbos y Buzamientos

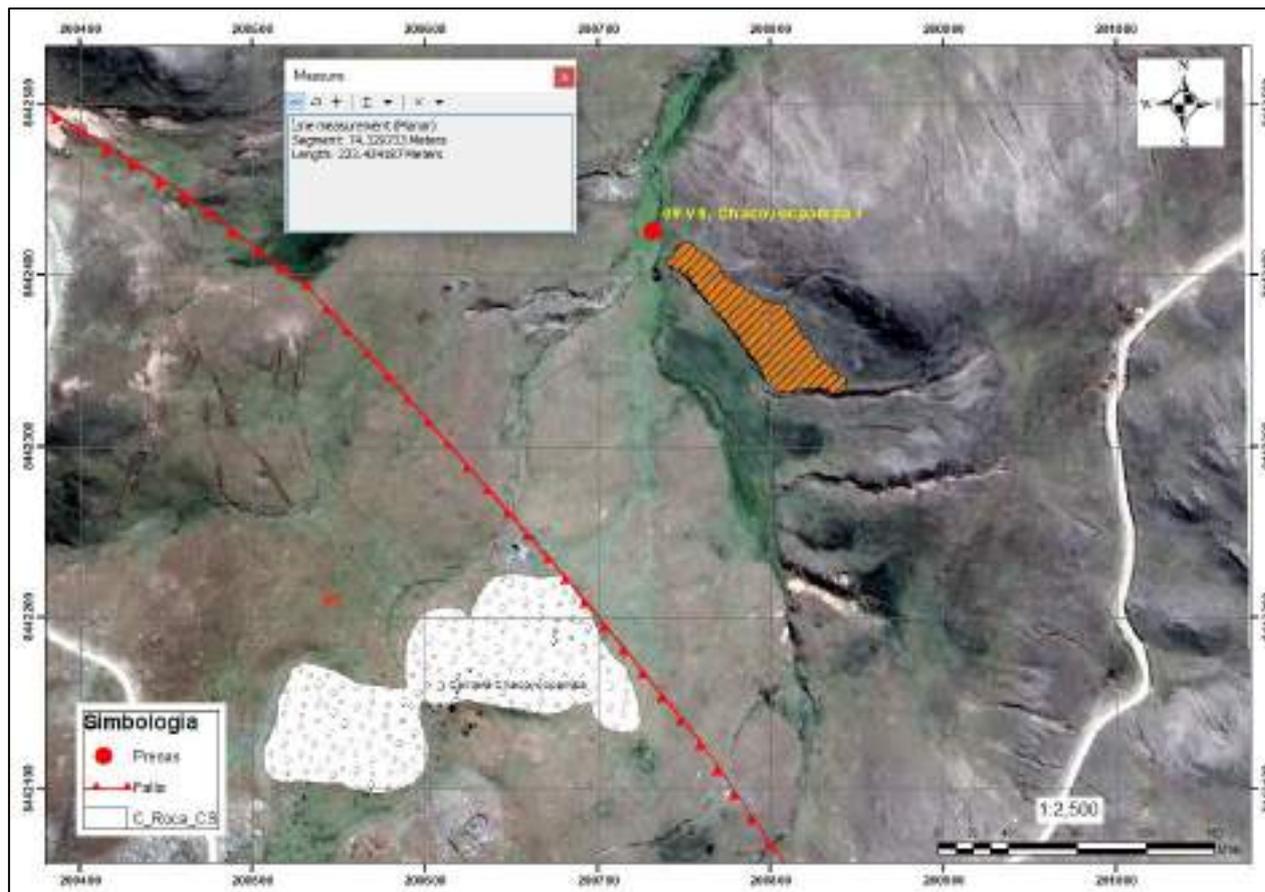


Se muestran los polos con sus planos y la concentracion de los puntos

Plano 14 Familia de discontinuidades



Se aprecia en la roseta dos familias de discontinuidades



Plano 15 falla inversa que atraviesa a unos 150 metros por el extremo sur de la zona de emplazamiento de la presa.

CAPITULO VI: GEOTECNIA

6.1. EXPLORACIÓN DE CAMPO

Para realizar los trabajos en campo se procedió de la siguiente manera:

- ✚ Reconocimiento del área.
- ✚ Excavación de calicatas.
- ✚ Ensayos de penetración dinámica "DPL"
- ✚ Descripción de las columnas estratigráficas.
- ✚ Muestreo alterado.
- ✚ Muestreo inalterado.

6.2.EXCAVACIÓN DE CALICATAS

Para el presente estudio se necesitó 03 calicatas para la descripción visual – manual de los estratos existentes para así generar los perfiles estratigráficos y la extracción de muestras representativas ya sea alteradas o inalteradas para los ensayos correspondientes en laboratorio.

En la excavación no se observó presencia de nivel freático

6.3.EXTRACCIÓN DE MUESTRAS Y DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

De la excavación realizada se tomaron muestras.

Las muestras fueron extraídas de cada estrato encontrado luego fueron guardadas herméticamente en bolsas de plástico para mantener las condiciones naturales del terreno, de cada punto se extrajo muestras representativas ya sea del tipo alterada o inalterada para realizar los respectivos ensayos en laboratorio.

6.4.NIVEL FREÁTICO

En el momento de estudio no se evidencio el nivel freático.

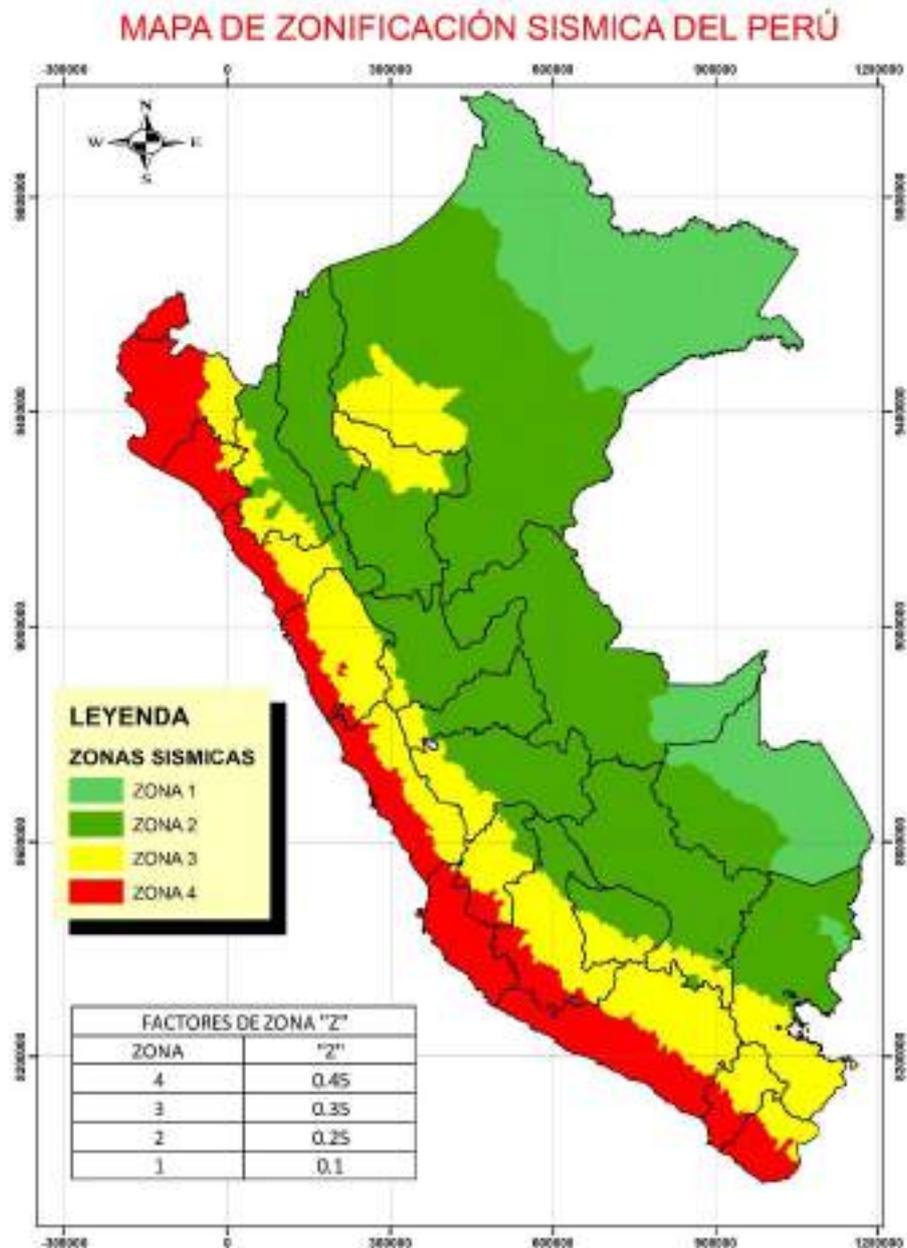
Tabla 34 Nivel freático

| CALICATA | PROFUNDIDAD-(m) | NIVEL-FREATICO-(m) |
|----------|-----------------|--------------------|
| C-2 | 2.50 | No-se-presencio |
| C-1 | 1.50 | 0.50 |
| C-3 | 1.50 | 1.00 |

Fuente: Elaboración Propia

6.5.ZONIFICACION SISMICA

Dentro de nuestro territorio peruano se han establecido diferentes zonas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de los sismos, según el mapa de zonificación sísmica del Perú nuestra zona de estudio se encuentra en el distrito de Omacha, provincia de Paruro, departamento del Cusco el cual se encuentra comprendida en la zona sísmica 2, correspondiéndole una sismicidad media y un factor de zona $Z = 0.25$



Plano 16 Mapa de zonificación Sísmica del Perú

Fuente : elaboracion propia

| FACTORES DE ZONA "Z" | |
|----------------------|------|
| ZONA | "Z" |
| 4 | 0.45 |
| 3 | 0.35 |
| 2 | 0.25 |
| 1 | 0.1 |

6.5.1 TIPO DE SUELO Y PERIODO

De acuerdo a la norma E.030 “diseño sismorresistente” del reglamento nacional de edificaciones, a nuestro suelo de cimentación para nuestro proyecto le corresponde un perfil de suelo tipo **S2**, con un periodo **Tp(s)= 0.6**, **TL(s)= 2.00** y un factor de suelo de **S= 1.20**

| FACTOR DEL SUELO “S” | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|
| SUELO ZONA | So | S1 | S2 | S3 |
| Z4 | 0.80 | 1.00 | 1.05 | 1.10 |
| Z3 | 0.80 | 1.00 | 1.15 | 1.20 |
| Z2 | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.40 |
| Z1 | 0.80 | 1.00 | 1.60 | 2.00 |

FUENTE NORMA E.030

| PERIODOS “Tp” y “TL” | | | | |
|----------------------|-----------------|-----|-----|-----|
| | PERFIL DE SUELO | | | |
| | So | S1 | S2 | S3 |
| Tp(S) | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 1.0 |
| TL(S) | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.6 |

FUENTE NORMA E.030

6.5.2 ASPECTOS SISMICOS

Según la Guía de Revisiones de Seguridad de Presas de Canadian Dam Association (CDA), el análisis de seguridad de las presas existentes y el diseño de nuevas presas para cargas sísmicas (como terremotos) es una práctica estándar. Debido a las diferencias en la metodología para la evaluación de la seguridad sísmica y diferencias en los criterios de rendimiento, las cargas sísmicas en los códigos de construcción comunes no se aplican a las presas y estructuras accesorias asociadas.

Los daños a las presas y sus instalaciones anexas pueden resultar desde (i) sacudidas causadas por un terremoto; (ii) licuefacción, asentamiento, agrietamiento o desplazamientos inducidos por sacudidas; hasta casos extremos (iii) ruptura de la superficie a lo largo de la falla que provoca un terremoto.

El terraplén de la presa y los taludes de los estribos deben ser lo suficientemente estables para soportar todos los cambios previsibles en condiciones de carga. En general, un análisis de equilibrio límite debería ser suficiente para verificar la estabilidad de los taludes en condiciones normales de operación. Los criterios de aceptación suelen ser descritos en términos de factores de seguridad. Un factor de seguridad en este caso se define como la relación de resistencia al corte disponible a lo largo de un plano potencial de falla a las fuerzas de corte de activación a lo largo del mismo. Los factores de seguridad aceptados (Tablas 3-4 y 3-5) tienen en cuenta la fiabilidad de entradas al análisis de estabilidad, la probabilidad de la condición de carga y las consecuencias de fracaso potencial.

La idoneidad de estos factores de seguridad calculados depende del conservadurismo, de las suposiciones hechas con respecto a la estratigrafía, la resistencia de los materiales, la presión intersticial del agua y carga. Los factores de seguridad calculados más bajos para la evaluación estática pueden ser aceptables para las estructuras con desempeño demostrado respaldado por un monitoreo apropiado.

Tabla 35 factores objetivo de seguridad para la estabilidad de taludes en las fases de construcción, operación y transición - evaluación estática; SEGÚN CDA.

| Condición de carga | Factor mínimo de seguridad | Pendiente |
|---|---|---|
| Durante o al término de la construcción | > 1.3 dependiendo de la evaluación de riesgos durante la construcción | Normalmente aguas abajo |
| Largo plazo (filtración en estado estacionario, nivel de depósito normal) | 1.5 | Aguas abajo |
| Reducción rápida total o parcial | 1.2 a 1.3 | Pendiente aguas arriba cuando corresponda |

| Condición de carga | Factor mínimo de seguridad |
|----------------------------------|----------------------------|
| Pseudo-statico | 1.0 |
| Después de un movimiento sísmico | 1.2 |

6.6.PERFIL GEOTECNICO

Los datos y gráfico del perfil estratigráfico del eje de la presa se muestran a continuación.

Coordenadas de las calicatas:

Tabla 36 Coordenadas de ubicación de las calicatas

| CALICATA | COORDENADAS | | |
|----------|-------------|--------|---------|
| | ZONA | ESTE | NORTE |
| C-1 | 19 L | 200731 | 8442424 |
| C-2 | 19 L | 200746 | 8442428 |
| C-3 | 19 L | 200716 | 8442420 |

Fuente: Elaboración Propia.



Fotografía 9 Perfil Geotécnico

COLUMNA ESTRATIGRÁFICOS DE LAS CALICATAS

Tabla 37 Calicata N 1

| PROYECTOS | | SOLICITA Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente - IMA | | | | C - 01 |
|-----------------|--|---|---|-------------|---|---------------|
| SILVER S.G.R.L. | PROYECTO: RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANGA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y HISKAHUAYCOO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO GRACCOYOCAMPAMPA I DISTRITO: OMACHA PROVINCIA: PARURO DEPARTAMENTO: CUSCO | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| PROFUNDIDAD [m] | SIMBOLOGÍA | SUCS | DESCRIPCIÓN | ESPESOR [m] | COORDENADAS | |
| 0.10 | | OL | Limo organico de color negro, presenta humedad media, consistencia baja y plasticidad muy baja, hay presencia de raices | 0.90 | | |
| 0.20 | | | | | | |
| 0.30 | | | | | | |
| 0.40 | | | | | | |
| 0.50 | | | | | | |
| 0.60 | | | | | | |
| 0.70 | | | | | | |
| 0.80 | | | | | | |
| 0.90 | | | | | | |
| 1.00 | | SC-SM | Arena limo arcillosa de color marron, presenta humedad baja, plasticidad muy baja y compacidad media | 1.60 | ZONA: 19L ESTE: 200746 NORTE: 8442428 | |
| 1.10 | | | | | | |
| 1.20 | | | | | | |
| 1.30 | | | | | | |
| 1.40 | | | | | | |
| 1.50 | | | | | | |
| 1.60 | | | | | | |
| 1.70 | | | | | | |
| 1.80 | | | | | | |
| 1.90 | | | | | | |
| 2.00 | | | | | | |
| 2.10 | | | | | | |
| 2.20 | | | | | | |
| 2.30 | | | | | | |
| 2.40 | | | | | | |
| 2.50 | | | | | | |

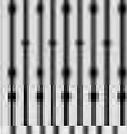
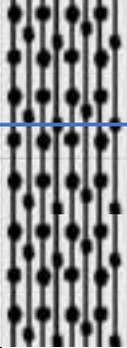
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38 Calicata N 2

| PRO&CON SILVER S.C.R.L  | SOLICITA : Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente - IMA | | | | C - 02 |
|---|--|-----------|---|----------------|---|
| | PROYECTO : RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO | | | | |
| | CHACOYOCPAMPA I | | | | |
| | DISTRITO: OMACHA | | | | |
| | PROVINCIA : PARURO DEPARTAMENTO : CUSCO | | | | |
| PROFUNDIDAD AD [m] | SIMBOLOGÍA | SUCS | DESCRIPCIÓN | ESPESOR [m] | COORDENADAS |
| 0.10 |  | OL | Limo organico de color negro, presenta humedad media, consistencia baja y plasticidad muy baja; hay presencia de raices | 0.25 | ZONA: 19L ESTE: 200731 NORTE: 8442424 |
| 0.20 | | | | | |
| 0.30 |  | SM | Arena limosa con grava de color marron claro, gravas subangulosas de tamaño de clasos de 2 a 5 cm. presenta compacidad media-baja, humedad media - baja. Presenta nivel freatico a 50 cm de profundidad. | 1.25 | |
| 0.40 | | | | | |
| 0.50 | | | | | |
| 0.60 | | | | | |
| 0.70 | | | | | |
| 0.80 | | | | | |
| 0.90 | | | | | |
| 1.00 | | | | | |
| 1.10 | | | | | |
| 1.20 | | | | | |
| 1.30 | | | | | |
| 1.40 | | | | | |
| 1.50 | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39 Calicata N°3

| PRO&CON SILVER S.C.R.L  | SOLICITA : Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente - IMA | | | | <h1>C - 03</h1> |
|--|---|------|---|-------------|---|
| | PROYECTO : RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO | | | | |
| | CHACOYOCPAMPA I | | | | |
| | DISTRITO : OMACHA | | | | |
| | PROVINCIA : PARURO DEPARTAMENTO : CUSCO | | | | |
| PROFUNDIDAD [m] | SIMBOLOGÍA | SUCS | DESCRIPCIÓN | ESPESOR [m] | COORDENADAS |
| 0.10 |  | OL | Limo organico de color negro, presenta humedad media, consistencia baja y plasticidad muy baja; hay presencia de raices | 0.40 | ZONA: 19L ESTE: 200716 NORTE: 8442420 |
| 0.20 | | | | | |
| 0.30 | | | | | |
| 0.40 |  | SM | Arena limosa de color marron claro, presenta compacidad media-baja, humedad media - baja | 0.30 | |
| 0.50 | | | | | |
| 0.60 | | | | | |
| 0.70 |  | GM | Grava limosa de color marron claro, presenta clastos angulos a subangulosos de un diametro de 20 a 100 mm. | 0.50 | |
| 0.80 | | | | | |
| 0.90 | | | | | |
| 1.00 | | | | | |
| 1.10 | | | | | |
| 1.20 | | | | | |
| 1.30 | | | | | |
| 1.40 | | | | | |
| 1.50 | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

6.7.PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL EJE DE LA PRESA



Figura 28 Perfil estratigráfico del eje de presa, Chacoyocampampa

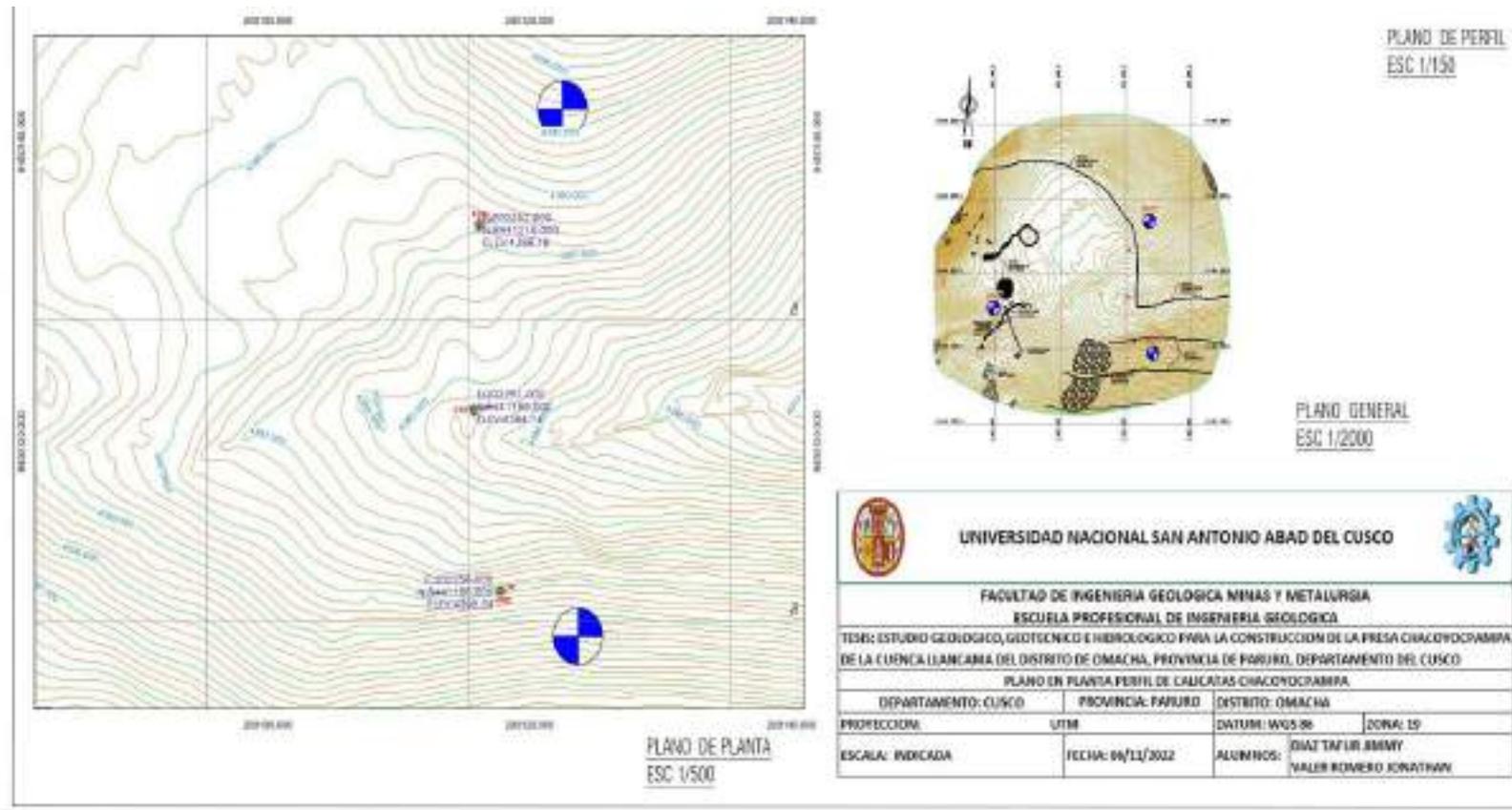


Figura 29 perfil estratégico de eje

6.8.EJE DE LA PRESA

6.8.1. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos geotécnicos de laboratorio son pruebas realizadas para la determinación de las características geotécnicas de un terreno, como parte de las técnicas de reconocimiento de un reconocimiento geotécnico. Estos ensayos se ejecutan sobre las muestras previamente obtenidas en el terreno y, dependiendo del tipo de ensayo, se exigen distintas calidades de muestra.

Los ensayos realizados según ASTM fueron los siguientes: Humedad Natural, Análisis granulométrico por tamizado, Constantes físicas límite líquido (LL) y límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP), Clasificación de suelos, SUCS, AASHTO, Ensayo de corte directo, Ensayo de Permeabilidad, ensayo de penetración dinámica del tipo ligero (DPL), ensayos de densidad de campo, ensayos de infiltración in situ, ensayos de permeabilidad, y otros complementarios.

GRANULOMETRIA - CLASIFICACION SUCS (MTC E-107, E 204)

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño, que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz N°200 (diámetro 0.074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global. Para conocer su distribución granulométrica por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación. El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plotea el diámetro de tamiz versus porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, de acuerdo al Huso que se quiera dar al agregado.

Tabla 40 Clasificación SUCS de calicatas

| CALICATA | SUCS | PROFUNDIDAD | CARACTERIZACION |
|----------|-------|-------------|--|
| C-2 | SC-SM | 2.50 | Inspección visual y corroboración con los ensayos en laboratorio |
| C-1 | SM | 1.50 | Resultado de los ensayos de laboratorio |
| C-3 | GM | 1.50 | Inspección visual y corroboración con los ensayos en laboratorio |

Fuente: Elaboración Propia



Fotografía 10 Granulometría de la calicata

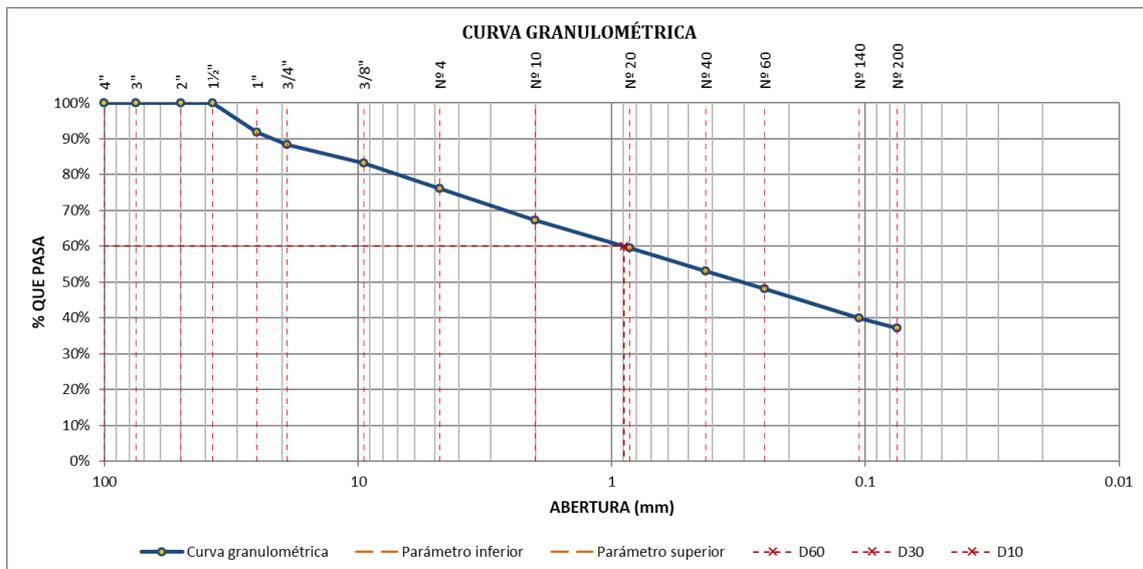


Figura 30 Curva Granulométrica. Fuente: Elaboración propia

Tabla 41 Porcentajes de Grava, Arena y Finos

| Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra | |
|--|---------|
| % de grava (Retiene Tamiz N° 4) = | 23.92% |
| % de arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) = | 39.02% |
| % de finos (Pasa Tamiz N° 200) = | 37.06% |
| Total: | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia

LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-110) Y (MTC E-111)

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este de ser moldeable. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N° 200, porque es este material el que actúa como ligante.

Un material, de acuerdo al contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquidos, plásticos y secos. Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo que no puede ser moldeable, se dice que está en estado semilíquido. Conforme se le va quitando agua, llega un momento en el cual el suelo, sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico.

Al seguir quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuarteo al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en estado semi seco. El contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico es el Límite Líquido (MTC E-110), Y el contenido de humedad que pasa del estado plástico al semi seco es el Límite Plástico (MTC E-111).

Los límites de la calicata C-1 se muestran a continuación:

Tabla 42 Límites de calicata N.º 01

| CALICATA | LÍMITE LÍQUIDO LL (%) | LÍMITE PLÁSTICO LP (%) | ÍNDICE DE PLASTICIDAD IP |
|----------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| C-1 | NO PRESENTA | NO PRESENTA | NO PLÁSTICO |

Fuente: Elaboración propia

CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108)

El contenido de humedad de una muestra indica la cantidad de agua que esta contiene, expresándola como un porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco. En cierto modo este valor es relativo, porque depende de las condiciones atmosféricas que pueden ser

variables. Entonces lo conveniente es realizar este ensayo y trabajar casi inmediatamente con este resultado, para evitar distorsiones al momento de los cálculos.

La humedad de la calicata C-1 se muestra a continuación:

Tabla 43 Contenido de Humedad

| CALICATA | HUMEDAD NATURAL | OBSERVACIÓN |
|----------|-----------------|--|
| C-1 | 47.16 % | El suelo se encuentra sobresaturado porque la calicata se realizó en el eje de un riachuelo. |

Fuente: Elaboración propia

DENSIDAD

El “peso específico de un suelo “, como relación entre el peso y su volumen, es un valor dependiente de la humedad, de los huecos de aire y del peso específico de las partículas sólidas. Para evitar confusiones, las determinaciones de los ensayos de laboratorio facilitan por un lado el “peso específico seco” y por otro la humedad. Fijémonos que este término es diferente de la “densidad del suelo “, que establece una relación entre la masa y el volumen.

La densidad natural del suelo se muestra a continuación en el siguiente cuadro

Tabla 44 Densidad Natural del suelo

| CALICATA | DENSIDAD NATURAL |
|----------|-------------------------|
| C – 01 | 1.73 Kg/cm ³ |
| C – 02 | 1.67 Kg/cm ³ |
| C – 03 | 1.70 Kg/cm ³ |

Fuente: Elaboración propia

COHESION Y ANGULO DE FRICCION

La cohesión es la atracción entre partículas, originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Por lo tanto, la cohesión de un suelo variará si cambia su contenido de humedad. La cohesión se mide en kg/cm². Los suelos arcillosos tienen cohesión alta de 0,25 kg/cm² a 1.5 kg/cm², o más. Los suelos limosos tienen muy poca, y en las arenas la cohesión es prácticamente nula.

El ángulo de fricción es una propiedad de los materiales granulares el cual tiene una interpretación física sencilla, al estar relacionado con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular. En un material granuloso cualquiera, el ángulo de reposo está determinado por la fricción, la cohesión y la forma de las partículas, pero en un material sin cohesión y donde las partículas son muy

pequeñas en relación al tamaño del conjunto el ángulo de reposo coincide con el ángulo de rozamiento interno.

Tabla 45 Cohesión y ángulo de fricción

| CALICATA | SUCS | ϕ y C | ϕ y C Corregido |
|----------|------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| C-1 | SM | 33° 06' 24" 0.1 Kg/cm ² | 28°47'06" 0.1 Kg/cm ² |

Fuente: Elaboración propia

PERMEABILIDAD EN LABORATORIO

La permeabilidad es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable o no permeable si la cantidad de fluido es depreciable (Lambe. T. W. & Whitman, 1997). La permeabilidad determinados en laboratorio que fueron realizados a la muestra de suelo de la presa vienen a ser:

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 0.0035 cm/S

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 11 Ensayo de infiltración

6.8.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYOS DE CAMPO

PERMEABILIDAD IN SITU

La permeabilidad es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable o no permeable si la cantidad de fluido es depreciable (Lambe. T. W. & Whitman, 1997).

La permeabilidad insitu se realizó en campo, los resultados se muestran a continuación:

| |
|--|
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 88.80 mm/hr |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 1.48 mm/min |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 8.88 cm/hr |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 0.1480 cm/min |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 0.0025 cm/s |
| TIEMPO DE INFILTRACIÓN PARA EL DESCENSO DE 1 cm = 0h 06m 45s |

Fuente: Fuente: Elaboración propia

6.8.3. VASO DE LA PRESA

PERMEABILIDAD INSITU

La permeabilidad Insitu se determinó el campo, dichos resultados se muestran a continuación:

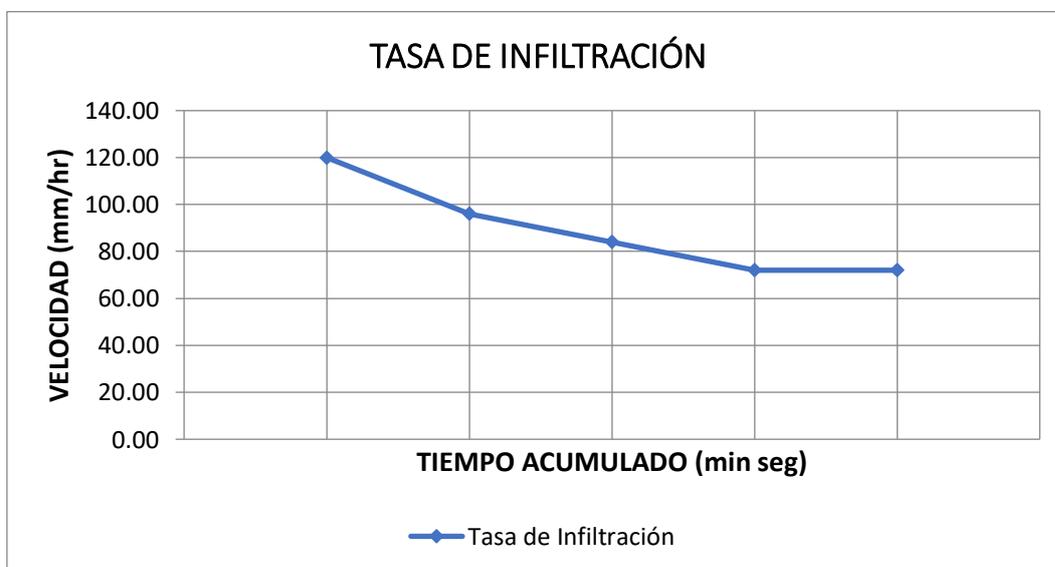


Figura 31 Tasa de infiltración in situ

Fuente: Elaboración Propia

| |
|---|
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 88.80 mm/hr |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 1.48 mm/min |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 8.88 cm/hr |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 0.1480 cm/min |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 0.0025 cm/s |
| TIEMPO DE INFILTRACIÓN PARA EL DESCENSO DE 1 cm = 0h 06m 45s |

Fuente: Elaboración propia

PERMEABILIDAD EN LABORATORIO

Método De Ensayo Para La Medición De La Conductividad Hidráulica De materiales Porosos Saturados.

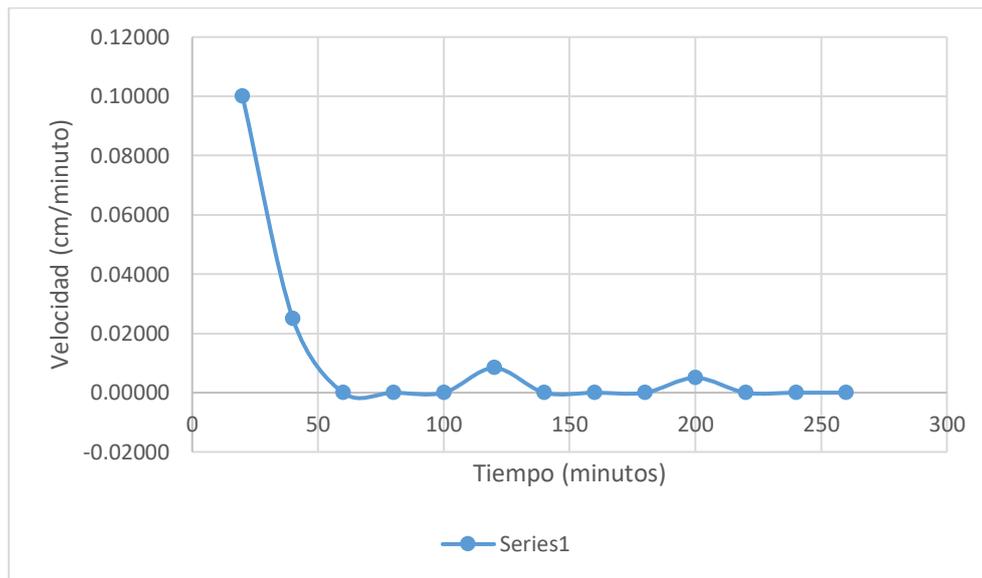


Figura 32 Taza de infiltración en laboratorio

Fuente: Elaboración propia

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 0.0035 cm/S

6.8.4. CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTO

CAPACIDAD PORTANTE (DISEÑO POR RESISTENCIA)

CAPACIDAD PORTANTE EN SUELO

Según G. G. Meyerhoff (1953), Las propiedades mecánicas de un terreno suelen diferir frente a cargas que varían casi instantáneamente y cargas cuasi permanentes. Esto se debe a que los terrenos son porosos, y estos poros pueden estar total o parcialmente saturados de agua. Sin producir el desalojo de una cantidad apreciable de agua. En cambio, bajo cargas permanentes la diferencia de presión intersticial entre diferentes partes del terreno produce el drenaje de algunas zonas. Según G. G. Meyerhoff (1953).

En el cálculo o comprobación de la capacidad portante de un terreno sobre el que existe una construcción debe atenderse al corto plazo (caso sin drenaje) y al largo plazo (con drenaje). En el comportamiento a corto plazo se desprecian todos los términos excepto la cohesión última, mientras que en la capacidad portante a largo plazo (caso con drenaje) es importante también el rozamiento interno del terreno y su peso específico.

La capacidad de carga, comprendida como el máximo esfuerzo que es capaz de soportar el suelo antes de fallar por corte, ha sido calculada en base a las **teorías de Terzagui, Meyerhof y Vesic** con las siguientes consideraciones:

Factor de seguridad FS=3

Criterio de falla progresiva

Profundidad mínima de fundación del proyecto

Posibilidad de saturación accidental del suelo de fundación.

Las expresiones de cálculo empleadas corresponden a las **Teorías de Terzagui, Meyerhof y Vesic** y son:

Teoría de Terzaghi

$$q_c = 1.3 * c N_c + \frac{1}{2} D_f N_q + 0.4 \frac{1}{2} B N_y$$

Teoría de Meyerhof

$$q_{cu} = c * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + 0.5 * B * \gamma * N_y * F_{ys} * F_{yd} * F_{yi}$$

Teoría de Vesic

$$q_{cu} = c * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} * F_{cc} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} * F_{qc} + 0.5 * B * \gamma * N_y * F_{ys} * F_{yd} * F_{yi} * F_{yc}$$

Asentamientos

Métodos de Cálculos de Asentamientos

Tabla 46 Métodos de asentamientos

| Tipo de Asentamiento | Método | Aplicación |
|-------------------------------------|----------------------------|---|
| Inmediato | Elástico | Arenas, Gravas, Suelos no saturados, Arcillas duras y Rocas |
| Inmediato | Meyerhof | Arenas, Gravas y similares |
| Inmediato | Prueba de carga | Arenas, Gravas, Suelos no saturados, Arcillas duras y Rocas |
| Consolidación Primaria | Teoría de la consolidación | Arcillas blandas a medias saturadas |
| Consolidación Primaria y Secundaria | Ídem | Arcillas a blandas muy blandas, turbas y suelos orgánicos y similares |

Fuente: *Elaboración Propia*

Asentamiento total $St = Si + Scp + Scs$

Si = Asentamiento Inmediato

Scp = Asentamiento por Consolidación primaria

Scs = Asentamiento por Consolidación secundaria

En arenas, gravas, arcillas duras y suelos no saturados en general $St \cong Si$

En arcillas saturadas $St \cong Scp$

En suelos de gran deformabilidad como turbas y suelos orgánicos $St \cong Scp + Scs$

En caso de suelos granulares el Asentamiento inmediato es igual al Asentamiento total.

En caso de suelos cohesivos el Asentamiento total es igual a la suma del asentamiento inmediato y el asentamiento por consolidación primario y secundario.

Los resultados de la capacidad portante para el cuerpo de presa fueron calculados por metro lineal (unitaria) y los anchos de 3.00 m, 4.00 m, y para los 5.00 m, dichos cálculos se realizaron porque las presas son diseñadas por metro lineal.

ASENTAMIENTOS (DISEÑO POR RIGIDEZ)

El asentamiento de la estructura de la presa por el diferente método para una profundidad de 2.40m vienen a ser los siguientes, los cuales son menores de 2.54 como exige la norma E.050

Tabla 47 Asentamientos (Diseño por rigidez)

| Profundidad (Df) | ZAPATA | | Asentamiento [cm] | | |
|------------------|---------------|---------------|-------------------|----------|-------|
| | Ancho (B) [m] | Largo (L) [m] | Terzaghi | Meyerhof | Vesic |
| 2.40 | 1.00 | 3.00 | 1.70 | 1.82 | 1.82 |
| | 1.00 | 4.00 | 1.70 | 1.92 | 1.92 |
| | 1.00 | 5.00 | 1.70 | 1.99 | 1.99 |

Fuente: Elaboración Propia

CANTERAS

CANTERA DE SUELO

Los suelos presentes en la zona son del tipo coluvio-eluviales, aprovechables para canteras en obra de ingeniería civil. Con este fin se dio la necesidad de cartografiar la zona de canteras de tierra para uso en la construcción de la presa **CHACOYOCPAMPA**.

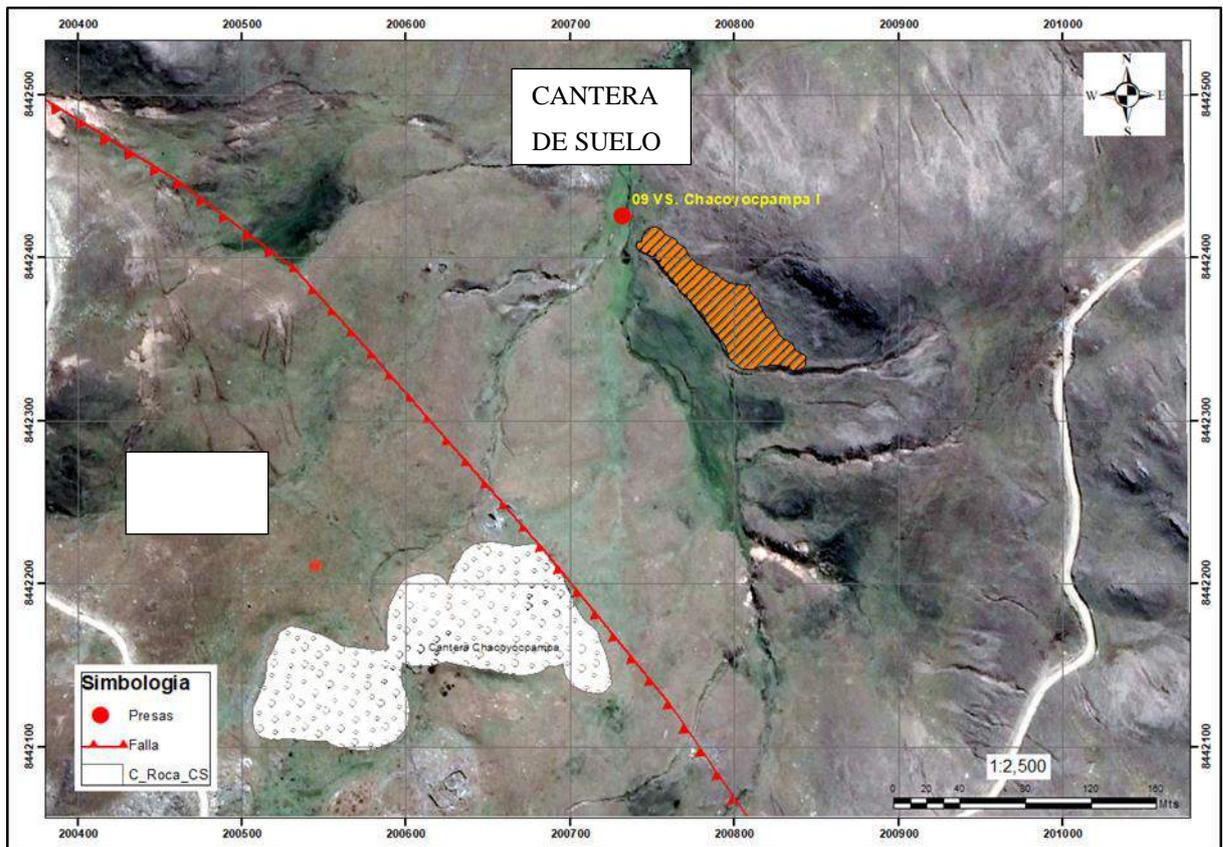
La cantera de tierra está caracterizada por ser un suelo areno arcilloso con presencia de gravas, cubiertas por una delgada capa de cobertura vegetal de un espesor no mayor a 8 cm.

Cuadro resumen de la cantera de tierra:

Tabla 48 Resumen de cantera de tierra

| CANTERA | TIPO | TIPO DE EXTRACCION | AREA m2 | POTENCIA ESTIMADA m. | VOLUMEN m3 | ACCESO |
|--------------------------|----------------------|--------------------|---------|----------------------|------------|-----------------------------------|
| Suelo Coluvial-Morrénico | Grava limosa arenosa | Manual / mecánica | 7,500 | 2,00 | 15,000 | A 0.2Km de la carretera principal |

Fuente: Elaboración Propia

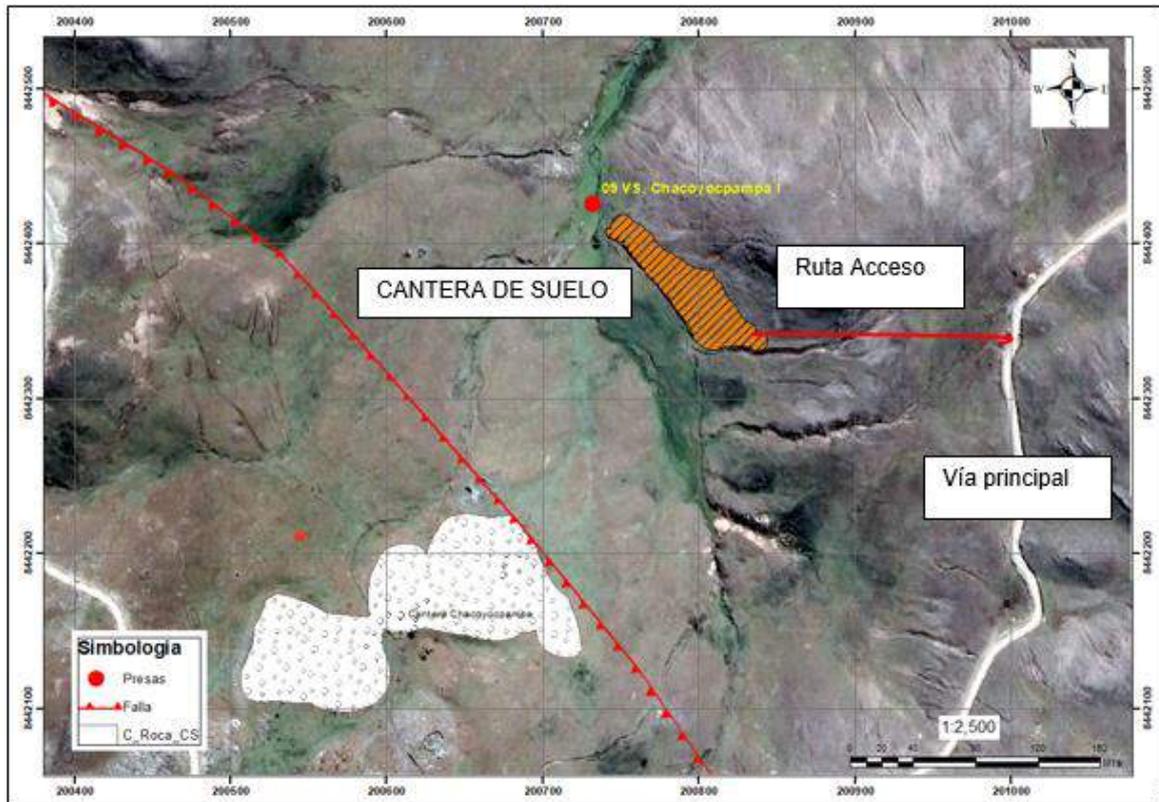


Plano 17 Mapa de cantera de tierra, para el uso constructivo de la presa Chacoyocampa.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 12 la cantera de roca, y el muestreo para los ensayos de laboratorio Fuente: propia



Plano 18 En la imagen se aprecia ruta de accesibilidad desde la vía principal hacia la cantera de suelos

GRANULOMETRÍA (CLASIFICACIÓN SUCS)

Tabla 49 Acceso a la cantera de suelo para conformación de la presa

| CANTERA | |
|--------------------------------------|----------------|
| SUCS | GM |
| Tipo de gradación | B |
| Límite Líquido | 17.73% |
| Límite Plástico | NO PRESENTA |
| Índice de Plasticidad | NO PLASTICO |
| % de grava (Retiene Tamiz N° 4) | 51.89% |
| % de arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) | 32.93% |
| % de finos (Pasa Tamiz N° 200) | 15.19% |

| | |
|------------------------|------------|
| Tamaño Máximo Absoluto | 3" |
| Tamaño Máximo Nominal | 2" |
| D60 | 8.78 mm |
| D30 | 0.91 mm |
| D10 | 200.000 mm |
| Cu | 0.04 |
| Cc | 0.00 |

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 50 Cuadro proctor.

| CANTERA | | |
|------------------------------|--------------------|--------|
| Densidad Seca Máxima | gr/cm ³ | 2.22 |
| Contenido De Humedad Natural | % | 21.99% |
| Contenido de Humedad Optima | % | 7.82% |

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 51 Cohesión y ángulo de fricción

| CANTERA | | |
|----------------------------|--------------------|-----------------------|
| Cohesión | Kg/cm ² | 0.1Kg/cm ² |
| Angulo de Fricción Interna | ° | 30° 43' 33" |

Fuente: *Elaboración propia*

CANTERA DE ROCAS

Los afloramientos rocosos, tanto en la zona como en las áreas circundantes de la presa, representan áreas de mucha importancia en aspectos geotécnicos, es decir que estos afloramientos superficiales de las rocas se pueden aprovechar para usos de canteras en obras de ingeniería civil. Con este fin se dio la necesidad de cartografiar la zona de canteras de rocas para usos en la construcción de la presa Chacoyocpampa.

La litología de estos afloramientos está dada por rocas sedimentarias de origen marino Calizas comprendidas de la formación Arcurquina con alto grado de fracturamiento. Fuente de información INGEMMET cuadrángulo de Livitaca 29s.

Cuadro resumen de la cantera de rocas:

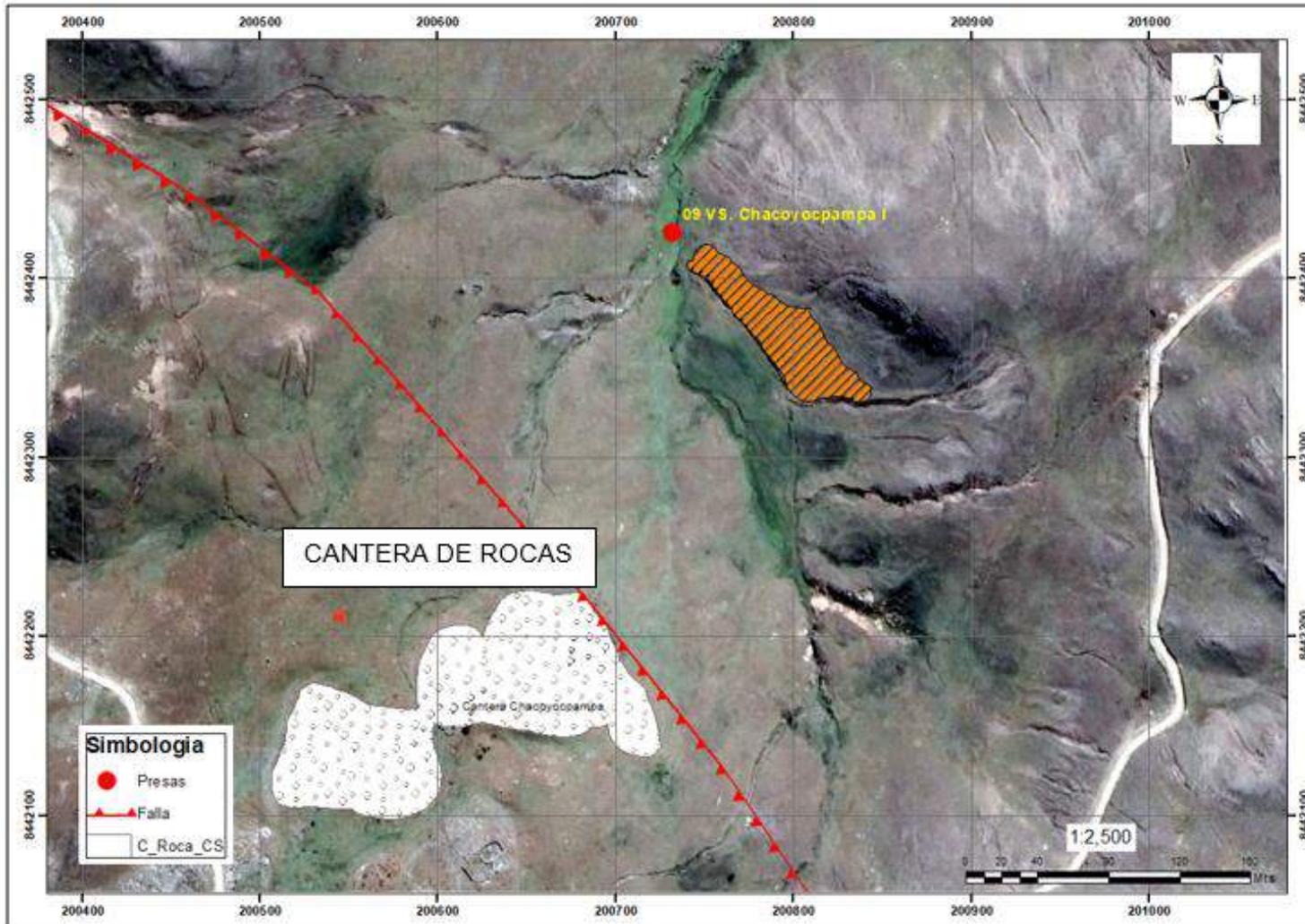
Tabla 52 Cuadro resumen de cantera de Rocas

| CANTERA | TIPO | TIPO DE EXTRACCION | AREA m2 | POTENCIA ESTIMADA m. | VOLUMEN m3 | ACCESO |
|-----------------|--------|--------------------|---------|----------------------|------------|-----------------------------------|
| Roca fracturada | Caliza | Manual / mecánica | 13,627 | 2.5 | 34,069 | a 500 m de la carretera principal |

Fuente: Elaboración Propia

El macizo rocoso que aflora en la zona de cantera propuesta, obedece a un alto grado de fracturamiento y una alteración media, ya que estas características facilitarían el tipo de extracción para su aprovechamiento en el uso de la conformación del dique de la presa.

Los volúmenes y área estimada para esta cantera se han realizado acorde a la identificación y análisis in situ ya que en la zona existen diferentes sitios que pueden ser aprovechables con litologías similares, sin embargo, por criterios de guardar la seguridad en la estabilidad de los taludes se ha mencionado en área que se observa en la siguiente imagen.



Plano 19 Cantera de rocas



Plano 20 Acceso a la cantera de suelo para conformación de la presa Chacoyocpampa En la imagen se muestra el acceso a la cantera de suelos desde la carretera principal de Accha-Omacha

CARGA PUNTUAL

Tabla 53 Carga Puntual

| RESULTADOS | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Resistencia a la Carga Puntual | 409.69 Kg/cm ² |
| Resistencia a la Compresión | 407.40 Kg/cm ² |

Fuente: Elaboración propia

RESUMEN DE RESULTADOS

1.1 ZAPATA 1.0 m. X 3.0 m.

| | | q _a (kg/cm ²) | | | q _a Mínima (kg/cm ²) |
|-----------------------|------|--------------------------------------|----------|-------|--|
| | | Terzaghi | Meyerhof | Vesic | |
| D _f (m) | 0.30 | 0.24 | 0.28 | 0.28 | 0.24 |
| | 0.60 | 0.49 | 0.60 | 0.60 | 0.49 |
| | 0.90 | 0.53 | 0.70 | 0.70 | 0.53 |
| | 1.20 | 0.98 | 1.23 | 1.23 | 0.98 |
| | 1.50 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 |
| | 1.80 | 2.09 | 2.09 | 2.09 | 2.09 |
| | 2.10 | 1.85 | 1.85 | 1.85 | 1.85 |
| | 2.40 | 2.07 | 2.07 | 2.07 | 2.07 |

Fuente: Elaboración del Equipo Técnico

1.2 Cimentación de 1.00x4.00m

RESUMEN DE RESULTADOS

1.3 ZAPATA 1.0 m. X 4.0 m.

| | | q _a (kg/cm ²) | | | q _a Mínima (kg/cm ²) |
|-----------------------|------|--------------------------------------|----------|-------|--|
| | | Terzaghi | Meyerhof | Vesic | |
| D _f (m) | 0.30 | 0.24 | 0.28 | 0.28 | 0.24 |
| | 0.60 | 0.49 | 0.59 | 0.59 | 0.49 |
| | 0.90 | 0.53 | 0.69 | 0.69 | 0.53 |

| | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| | 1.20 | 0.98 | 1.21 | 1.21 | 0.98 |
| | 1.50 | 1.44 | 1.44 | 1.44 | 1.44 |
| | 1.80 | 1.94 | 1.94 | 1.94 | 1.94 |
| | 2.10 | 1.71 | 1.71 | 1.71 | 1.71 |
| | 2.40 | 1.92 | 1.92 | 1.92 | 1.92 |

Fuente: Elaboración del Equipo Técnico

Cimentación de 1.00x5.00m

RESUMEN DE RESULTADOS

ZAPATA 1.0 m. X 5.0 m.

| | | q _a (kg/cm ²) | | | q _a Mínima (kg/cm ²) |
|------------------------------------|------|--------------------------------------|----------|-------|--|
| | | Terzaghi | Meyerhof | Vesic | |
| D_f (m) | 0.30 | 0.24 | 0.27 | 0.27 | 0.24 |
| | 0.60 | 0.49 | 0.59 | 0.59 | 0.49 |
| | 0.90 | 0.53 | 0.68 | 0.68 | 0.53 |
| | 1.20 | 0.98 | 1.19 | 1.19 | 0.98 |
| | 1.50 | 1.37 | 1.37 | 1.37 | 1.37 |
| | 1.80 | 1.84 | 1.84 | 1.84 | 1.84 |
| | 2.10 | 1.62 | 1.62 | 1.62 | 1.62 |
| | 2.40 | 1.82 | 1.82 | 1.82 | 1.82 |

Fuente: Elaboración del Equipo Técnico

Resumen ensayos de laboratorio

| CALICATA | HUMEDAD NATURAL | ANGULO DE FRICCION | COHESION | LIMITE LIQUIDO | LIMITE PLASTICO |
|----------|-----------------|--------------------|------------------------|----------------|-----------------|
| C - 01 | 47.16 | 33° | 0.1 Kg/cm ² | NP | NP |
| C - 02 | 16.35 | 30° | 0.3Kg/cm ² | 10 | 6 |
| C - 03 | 17.58 | 35° | 0.1Kg/cm ² | NP | NP |

Fuente: elaboración propia

CANTERA DE SUELO

| CANTERA | TIPO | TIPO DE EXTRACCION | AREA M2 | POTENCIA ESTIMADA M. | VOLUMEN M3 | ACCESO |
|--------------------------|----------------------|--------------------|---------|----------------------|------------|-----------------------------------|
| Suelo Coluvial-Morrenico | Grava limosa arenosa | Manual / mecánica | 7,500 | 2,00 | 15,000 | A 0.2Km de la carretera principal |

| CANTERA | | |
|------------------------------|--------|--------|
| Densidad Seca Máxima | gr/cm3 | 2.22 |
| Contenido De Humedad Natural | % | 21.99% |
| Contenido de Humedad Optima | % | 7.82% |

| CANTERA | | |
|----------------------------|--------|-------------|
| Cohesión | Kg/cm2 | 0.1Kg/cm2 |
| Angulo de Fricción Interna | ° | 30° 43' 33" |

| CANTERA | |
|---------------------------------|-------------|
| SUCS | GM |
| Tipo de gradación | B |
| Límite Liquido | 17.73% |
| Limite Plástico | NO PRESENTA |
| Índice de Plasticidad | NO PLASTICO |
| % de grava (Retiene Tamiz N° 4) | 51.89% |

| | |
|--------------------------------------|------------|
| % de arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) | 32.93% |
| % de finos (Pasa Tamiz N° 200) | 15.19% |
| Tamaño Máximo Absoluto | 3" |
| Tamaño Máximo Nominal | 2" |
| D60 | 8.78 mm |
| D30 | 0.91 mm |
| D10 | 200.000 mm |
| Cu | 0.04 |
| Cc | 0.00 |

CANTERA DE ROCAS

| CANTERA | TIPO | TIPO DE EXTRACCION | AREA m2 | POTENCIA ESTIMADA m. | VOLUMEN M3 | ACCESO |
|-----------------|--------|--------------------|---------|----------------------|------------|----------------------------------|
| Roca fracturada | Caliza | Manual / mecánica | 13,627 | 2.5 | 34,069 | a 500m de la carretera principal |

| RESULTADOS | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Resistencia a la Carga Puntual | 409.69 Kg/cm ² |
| Resistencia a la Compresión | 1.40 g/cm ² |

6.9 SELECCIÓN DEL TIPO DE PRESA

En la actualidad existen una gran variedad de presas de acuerdo a los materiales que lo conforman, de acuerdo a su uso, entre otros, pero para nuestro proyecto utilizaremos una presa de mampostería que consta de concreto con roca y una pantalla de arcilla una pantalla cubierta de geomembrana cubierto con un emboquillado de concreto y roca el concreto tendrá una $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, también un dentellón de arcilla revestido con geomembrana y por último un filtro tipo chimenea.

Elegimos este tipo de presa porque en la zona de estudio se encuentra una cantera de roca a 500 m que va facilitar el fácil transporte y así disminuir el costo, también porque este tipo de presas presentan una gran durabilidad y eficiencia

6.10 TIPO DE CIMENTACIÓN

Para nuestra presa el tipo de cimentación será superficial que según nuestros estudios la cimentación debe estar diseñada para transferir la carga a lo largo del suelo sin sobrecargarlo. Por ello pretendemos cimentar a una profundidad de 2.40 m debido que a esta profundidad se alcanza una capacidad portante 2.07 kg/cm^2 sobre ello tendremos que armar la mampostería de será de un 70% de roca y un 30% de concreto de $f'c = 1.75 \text{ kg/cm}^2$

6.11 EVALUACIÓN ESTÁTICA

para que una presa pueda cumplir con una estabilidad estática se requiere de un factor de seguridad mínimo de 1.5 según Spencer nuestra mampostería compuesta por roca y concreto tiene un peso unitario de 25 KN/m^3 , cohesión de 60 KN/m^2 y un Angulo de fricción de 45° estimados con estos valores nuestro factor de seguridad es de 3.383 un valor alto con ello se garantiza la seguridad del cuerpo de la presa.

CONDICIONES ESTÁTICAS DE LA PRESA MÉTODO DE SPENCER

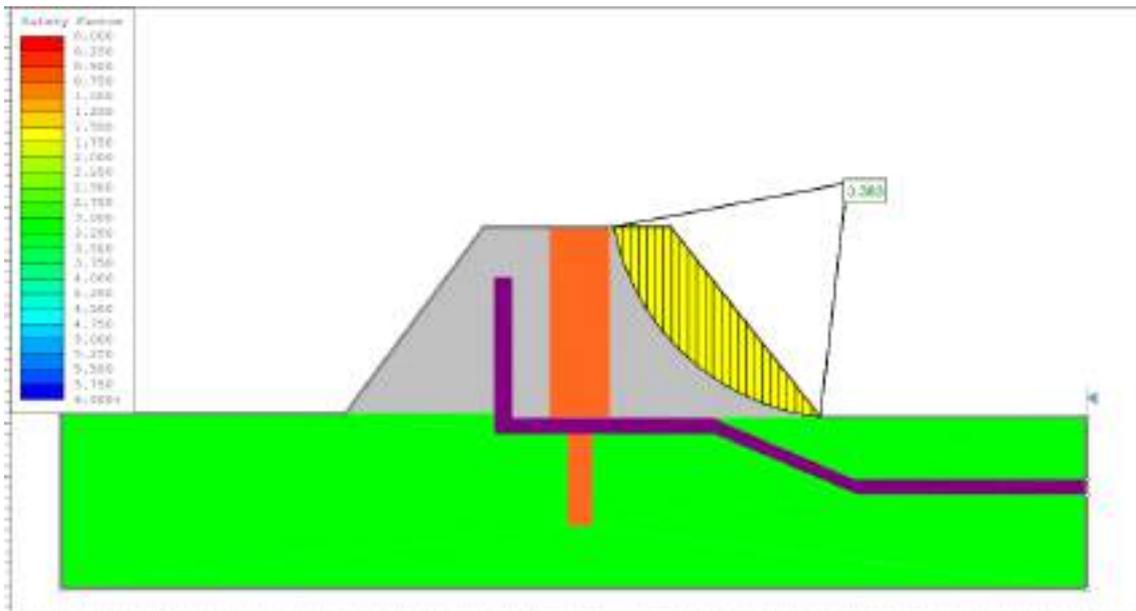


figura evaluación estática de la presa Chacoyocpampa

PROGRAMA SLIDE

fuentes elaboración propia

6.12 EVALUACIÓN SÍSMICA

al igual que en la evaluación estática, la evaluación sísmica requiere las propiedades del material y también las condiciones sísmicas, para ello se tomó en cuenta la zona sísmica de la norma E030, nuestra zona se encuentra en la zona 2 con un factor “Z” de 0.25, para garantizar la estabilidad de la presa el factor de seguridad mínimo es de 1.0 según Spencer siendo los valores de nuestra mampostería: peso unitario de 25KN/m³, cohesión de 60KN/m² y un Angulo de fricción de 45° en este caso se obtuvo un factor de seguridad de 2.798 la cual garantiza la estabilidad del cuerpo de la presa.

CONDICIONES SÍSMICAS DE LA PRESA

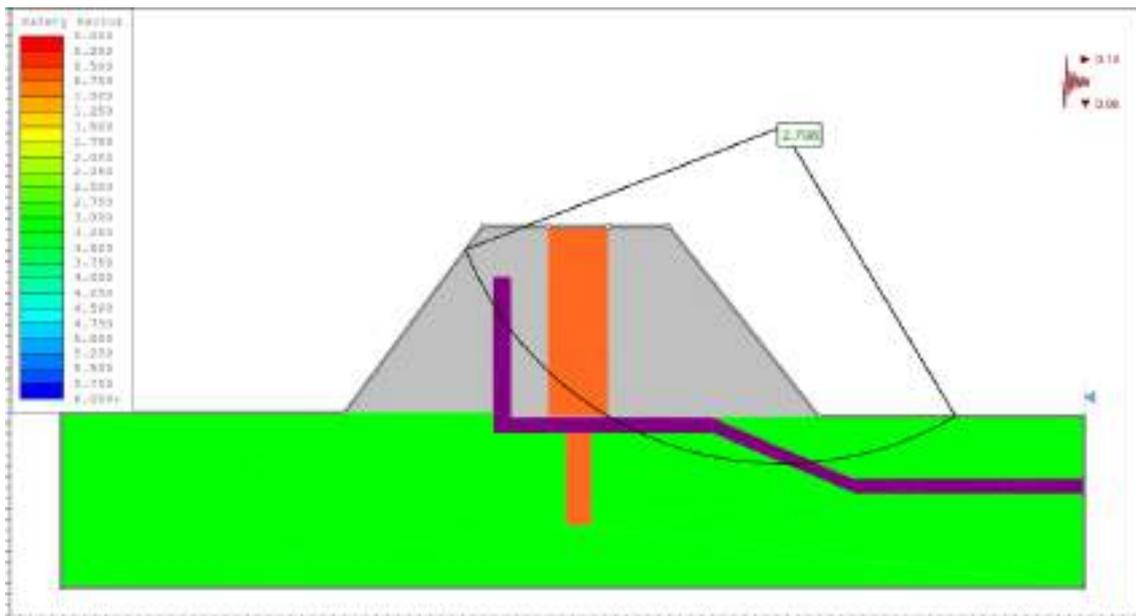


Figura evaluación sísmica de la presa Chacoyocpampa

PROGRAMA SLIDE

elaboración fuente propia

CAPITULO VII: GEOFÍSICA

7.1 GENERALIDADES

La prospección geofísica realizada, con el fin de tener un conocimiento indirecto de la naturaleza litológica de nuestro subsuelo para. Obtener nuestro objetivo se realizó el método geo eléctrico de resistividades en su variante de sondeo eléctrico vertical (SEV)

Para poder realizar estos trabajos primero se realizó un reconocimiento de campo de la zona de estudio para definir nuestros puntos de sondaje eléctrico vertical,

7.2 PROSPECCION GEOFISICA

La prospección geofísica es un conjunto de técnicas físicas y matemáticas, aplicadas a la exploración del subsuelo para la búsqueda y estudio de yacimientos de sustancias útiles por medio de observaciones efectuadas en la superficie de la Tierra.

Mediante la aplicación de métodos geofísicos es posible determinar la estratificación de suelos y rocas, midiendo los cambios de características físicas de los materiales, como pueden ser la velocidad de propagación de ondas, la resistividad o conductividad del suelo y/o subsuelo, la susceptibilidad magnética entre otras.

Consiste en relacionar la estructura geológica del subsuelo a través de la distribución de alguna propiedad física del subsuelo, esto depende del método que se utilice

OBJETIVOS DE LA PROSPECCION

- A) Objetivo general: proponer un estudio geológico estratigráfico para la ubicación de la presa Chacoyocpampa para el distrito de Omacha de la ciudad de cusco para poder dar un balance hidrológico
- B) Objetivos específicos. - realizar un estudio geológico geomorfológico hidrológico hidrogeológico y geotécnico de la microcuenca Llancama.
 - Reconocer presencia de agua subterránea
 - Encontrar el espesor de cobertura aluvial

MÉTODO DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL. –

El método aplicado fue de resistividad en su variante de sondeo eléctrico vertical (SEV)

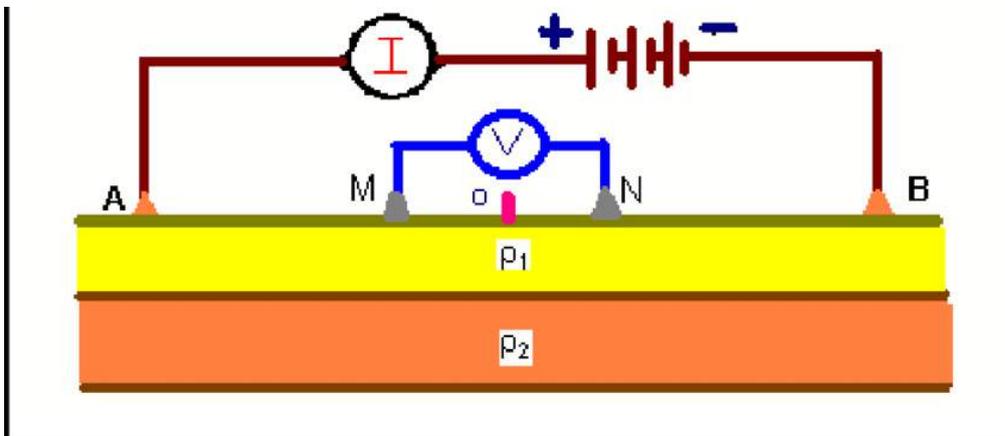
Con la configuración Schlumberger

CONFIGURACIÓN DE SCHLUMBERGER

El método de Schlumberger es de **gran utilidad cuando se requieren conocer las resistividades de capas más profundas**, sin necesidad de realizar muchas mediciones como con el método Wenner. Se utiliza también cuando los aparatos de medición son poco

inteligentes. Solamente se recomienda hacer mediciones a 90 grados para que no resulten afectadas las lecturas por estructuras subterráneas.

Método Schlumberger. Los electrodos A y B se abren progresivamente mientras M y N están fijos



Esquema del método de resistividad eléctrica

Fuente: Gasulla M., 1999

$$\rho_a = \frac{\pi}{4MN} (AB^2 - MN^2) \frac{\Delta V}{i}$$

Donde:

Pa: Resistividad aparente (ohmio – metro)

DV: Diferencia de potencia (voltio)

I: intensidad de corriente (amperios)

K: coeficiente geométrico

AB: Electrodos de corriente

MN: Electrodos de potencia

7.3 TRABAJO DE CAMPO

comprende las salidas de campo con el objetivo de cartografiar las diferentes formaciones geológicas, y registrar en los planos los detalles ocurridos en nuestra zona de estudio.

Los trabajos de campo consisten en la ejecución de tres sondajes eléctricos durante la adquisición de datos se revisaron constantemente los datos tomados con el fin de corregir y

evitar cualquier problema causados por corrientes telúricas, heterogeneidad del terreno, variaciones laterales anisotropía del medio y polarización e los electrodos con el fin de garantizar una adecuada adquisición de datos

En el trabajo de campo se realizan Sondeos Eléctricos Verticales en arreglo Schlumberger, cuyas mediciones de resistividad se hacen al nivel del terreno como se establece en la Norma NRF 011 CFE 2004. Las aberturas interelectródicas “a” y “b”, dependen del objetivo de estudio y suficientes para caracterizar el subsuelo hasta la profundidad deseada; los Sondeos Eléctricos Verticales se realizan en dos direcciones, perpendiculares entre sí y considerando que el centro de ambas líneas corresponde al centro geométrico del arreglo implementado. Es decir, se obtiene la variación de resistividad en profundidad con el promedio de ambas mediciones, a fin de evitar errores en la interpretación de los resultados por efecto de los cambios laterales en la resistividad del subsuelo.



Fotografía 13 el estudio geofísico realizado de los 3 sondeos



Fotografía 14 En el siguiente cuadro se muestran los sondajes eléctricos ejecutados

EQUIPO UTILIZADO:

Para la ejecución de los sondeos eléctricos, se utilizó un equipo con las características siguientes:

MODO DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA DE LOS TERMINALES A - B

- MODELO DDC 2B
- BATERÍA INTERNA DE 12V/DC, 7Ah
- MEDICIÓN DIGITAL DE CORRIENTE DE SONDAJE
- MODO DE RECEPCIÓN DE VOLTAJE DIGITAL, RETORNO DE LOS TERMINALES M-N
- RANGO DE VOLTAJE DE 0 A 999 mv, automático
- PRECISIÓN DE 0.03%
- RECHAZO EN MODO COMÚN (CMRR) = 120 dB
- IMPEDANCIA DE ENTRADA (TERMINALES M – N) 10 Mohms

FUNCIONES

- PULSADOR (1) ELIMINA AUTOMÁTICAMENTE EL VOLTAJE NATURAL DEL TERRENO (POTENCIAL ESPONTANEO)
- PULSADOR (2) RANGO, AUMENTA UNA CIFRA DE LECTURA PARA MAYOR SENSIBILIDAD
- PULSADOR (3) CONGELA LA LECTURA TANTO CORRIENTE(I) COMO VOLTAJE(V) PARA DAR TIEMPO A PASAR A LA LIBRETA DE APUNTA LOS VALORS GENERADOS POR EL TERRENO
- PULSADOR (4) SELECCIONA EL RANGO DE CORRIENTE EN MILIAMPERIOS (MA)
- PULSADOR (5) SELECCIONA EL RANGO DE CORRIENTE EN AMPERIOS (A)

7.4 TRABAJO DE GABINETE

Los sondeos eléctricos verticales tipo Schlumberger se interpretaron utilizando el programa IPI2win que está diseñado para la interpretación automática o semi-automática de datos de sondeo eléctrico vertical obtenidos con varios de los arreglos utilizados con más frecuencia en la prospección eléctrica.

Es un software que permite analizar con un mínimo error la resistividad aparente obtenida mediante sondeos eléctricos que se han hecho mediante configuración de dispositivos como Wenner, Schlumberger y otros

RESULTADOS DE LA ROPECCION GEOFISICA

Con los resultados numéricos producto de la interpretación cuantitativa de los sondajes eléctricos, se confeccionaron 03 secciones geoelectricas en el eje de presa Chacoyocpampa sus resultados se muestran en los cuadros siguientes:

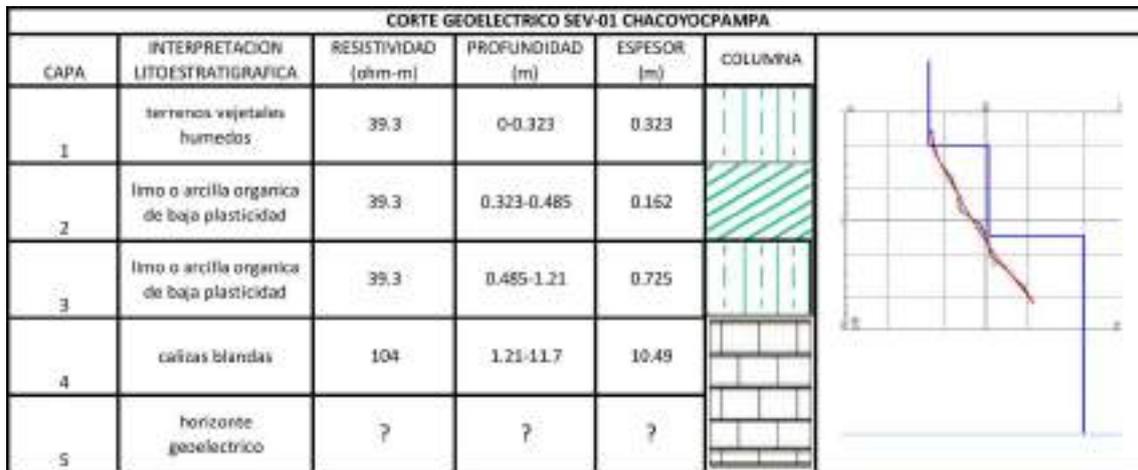


Figura 33 Corte geoelectrico SEV- 01



Figura 34 Corte geoelectrico SEV-02

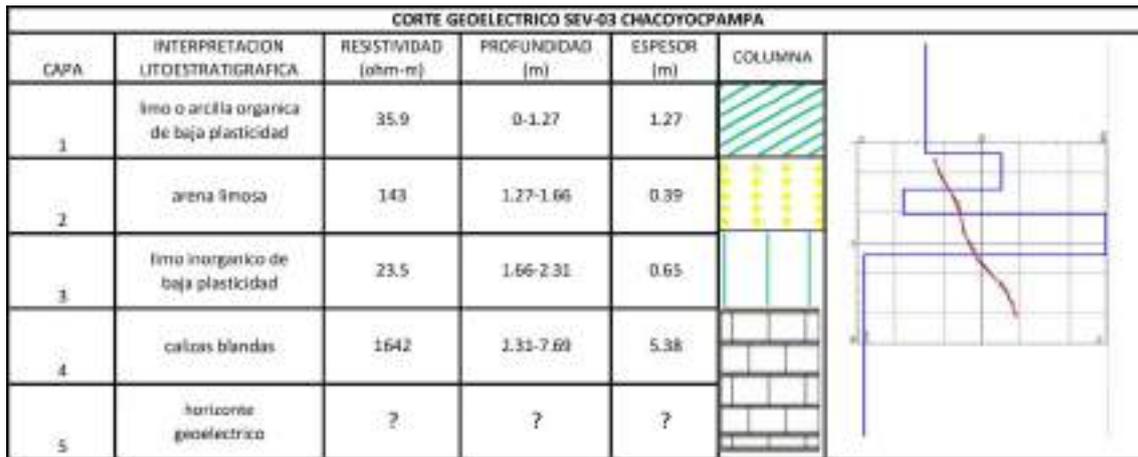


Figura 35 Corte Geoelectrico Sev-03

Horizonte 01

Se observa en este horizonte terrenos vegetales húmedos como puede ser limo arcilla orgánica de baja plasticidad los espesores varían de 0.1m a 0.30m

Horizonte 02

En este horizonte se observa la presencia de limo arcillas orgánica de baja plasticidad con presencia de arena limosa, en estado seco a húmedo su espesor vario de 0.3 m a 0.5m

Horizonte 03

En este horizonte se observa arena arcillosa con presencia de limo inorgánico de baja plasticidad, con presencia de gravas

Horizonte 04

Se observa la presencia de calizas blandas en estado de seco a húmedo

Tabla 55 Resultados de interpretación de sondajes eléctricos

| SONDAJE | HORIZONTAL | R1 | R2 | R3 | R4 |
|---------|-------------------------|-------|-------|-------|--------|
| SEV-01 | $\rho(\Omega\text{-m})$ | 39.3 | 39.3 | 39.3 | 104 |
| | E (m) | 0.323 | 0.485 | 1.21 | 11.7 |
| | Σ (m) | 0.323 | 0.808 | 2.018 | 13.718 |
| SEV-02 | $\rho(\Omega\text{-m})$ | 137 | 20.7 | 302 | 33.5 |
| | E (m) | 0.386 | 0.949 | 1.56 | 5.05 |
| | Σ (m) | 0.386 | 1.335 | 2.895 | 7.945 |
| SEV-03 | $\rho(\Omega\text{-m})$ | 35.9 | 143 | 23.5 | 1642 |
| | E (m) | 1.27 | 1.66 | 2.31 | 7.69 |
| | Σ (m) | 1.27 | 2.93 | 5.24 | 12.93 |

CONCLUSIONES

1. Geológicamente el área de emplazamiento de la presa **Chacoyocpampa** se encuentra sobre basamento de suelo cuaternario, consistentes en arenas y limos de origen coluvial, además entorno a esta zona se registra afloramientos rocosos de tipo conglomerados compuestas por clastos polimétricos e hidrológicamente nuestra zona de estudio corresponde, según nuestra compacidad $K_c = 1.35$, a una clase de cuenca de oval redonda a oval oblonga. Se determinó nuestra precipitación anual regionalizada de 1542.04mm/año a partir de los datos de la estación Livitaca, obteniéndose un valor de 58.57 m³/s de caudal extremo para un periodo de 500 años, y una oferta hídrica de 8.003 Hm³, así mismo se obtuvo la demanda hídrica 4.002 Hm³
2. La capacidad portante es favorable por haber alcanzado el valor de 2.07 kg/cm² para la ejecución de la presa Chacoyocpampa
3. El coeficiente de permeabilidad es de 0.0025cm/s y el tiempo de infiltración para el descenso de un centímetro es igual a 0h 06m 45s,
4. La cantera de roca adecuada se encuentra a 0.2 km de la carretera principal con un volumen de 15000 m³, la cantera de tierra se caracteriza por ser un suelo areno arcilloso con presencia de gravas, cubierta por una capa de cobertura vegetal con espesor de 8cm.

RECOMENDACIONES

1. La construcción de nuestra presa debe ser de mampostería con las condiciones geológicas, geotécnicas y por la proximidad de nuestra cantera
2. Para las cimentaciones se recomienda cimentar a partir de la profundidad de 2.40 m para distribuir mejor los esfuerzos en el terreno Evitar asentamientos diferenciales y permitir la estabilidad y seguridad de la presa.
3. Realizar inyecciones de cemento y bentonita para poder impermeabilizar la roca fracturada donde ira el dique de la presa e Impermeabilizar el embalse con geomembrana de láminas poliméricas impermeables.
4. Para nuestra cantera de roca de recomienda realizar un chancado para eliminar rocas de gran tamaño, la cantera de suelo se recomienda realizar una buena combinación entre gravas y suelos para poder tener el suelo de cantera bien gradado y así poder llegar a tener una buena compactación y poder cumplir con los porcentajes requeridos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfonso Rico Rodríguez.(2005) “*Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos*” Tomo

II

Braja M. Das. (1998) *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*.

Carlos Crespo Villalaz. (1995) “*Mecánica de Suelos y Cimentaciones*”.

Exploración Geotécnica (1987). *Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos*.

Jorge E. Alva Hurtado - ICG. (2010) “*Diseño de cimentaciones*”.

José Rodríguez Ortiz: (2000)“*Curso Aplicado de Cimentaciones*” (6ta. Edición Madrid)

Joseph E. Bowles: (2010) “*Manual de Laboratorio de Suelos y Cimentaciones*”.

Mendivil , S. (1994). *Geología de los cuadrangulos de Cuzco y Livitaca*. Lima: Instituto Geologico Minero y Metalurgico .

Manuel Delgado Vargas. (2001) “*Ingeniería de Cimentaciones*” (Fundamentos e Introducción al Análisis

Terzaghi Karl. And Peck. R. B (1967) “*soil mechanics engineering practice*”, John Wiley and Sons, New York.

Ralph B. Peck. Hanson (1982). “*Ingeniería de Cimentaciones*”Mecánica de Suelos Y Cimentaciones

Revista Ingeniería Vol XLII N° 1 México D.F (1998)” Juárez Eulalio Badillo

Vesic, A.S (1973) “*Análisis de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales*,

Yves Lacroix and H.M. Hrn (1967) “*Direct Detemination and Indirect Evaluation of Relative Density and Its Use on Earthwork Construction Projects*”

ANEXOS

PANEL FOTOGRÁFICO FOTOGRAFÍA DE CAMPO



Fotografía: Ensayo in situ DPL
Chacoyocampa C-01



Fotografía: Ensayo in situ DPL
Chacoyocampa C-02



Fotografía: Ensayo in situ DPL
Chacoyocampa C-03



Fotografía: Vista de calicata C-3



Fotografía: Ensayo in situ DPL
Chacoyocampa



Fotografía: Ensayo in situ de densidad de
suelo, Chacoyocampa

FOTOGRAFIA DE ENSAYOS DE LABORATORIO



Se observan en las imágenes los ensayos PROCTOR MODIFICADO



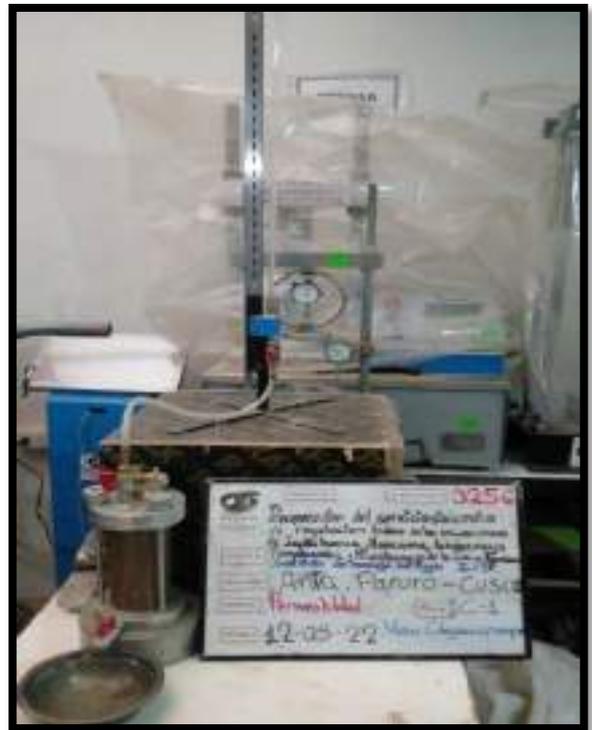
Fotografía: Ensayo de GRANULOMETRIA de CS Chacoyocpampa



Fotografía: Limite Liquido, Chacoyocpampa

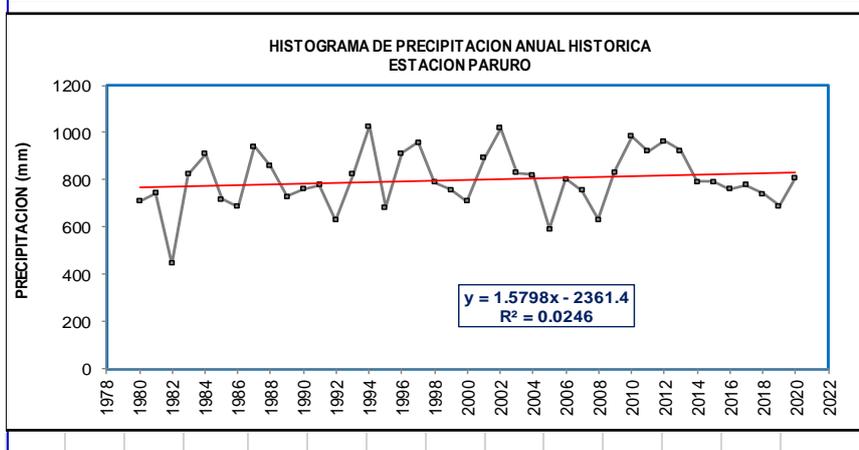


Fotografía: Ensayo de limite plástico en laboratorio, Chacoyocpampa



Fotografía: Ensayo de permeabilidad CS-II C-03

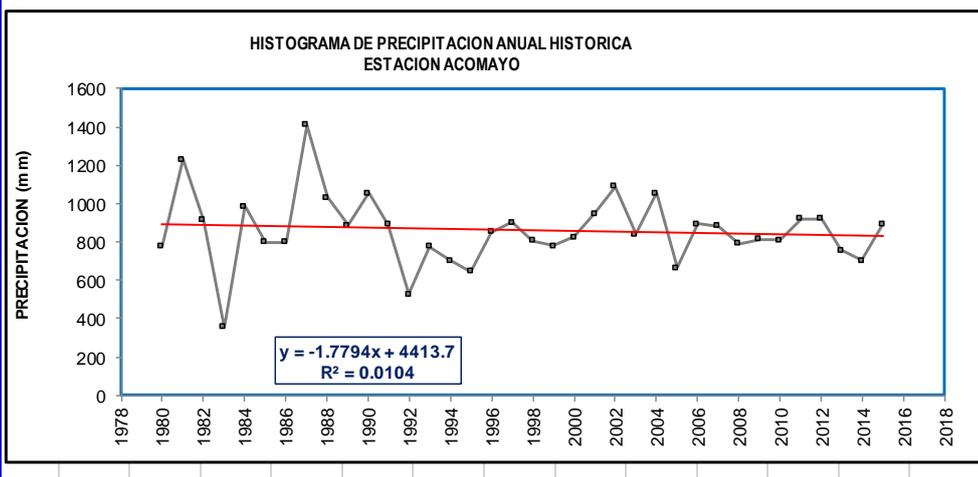
| REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL (mm) | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------|--------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|--|
| Estación: | PARURO | | | Latitud | -13.7675 | | | | Dpto: | Cusco | | | | |
| Parámetro: | Precipitación Mensual (mm) | | | Longitud | -71.8447 | | | | Prov: | Paruro | | | | |
| | | | | Altitud | 3084msnm | | | | Dist | Paruro | | | | |
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL | |
| 1980 | 179.70 | 112.40 | 72.80 | 6.60 | 0.00 | 0.00 | 1.10 | 0.00 | 14.40 | 42.40 | 116.20 | 162.80 | 708.40 | |
| 1981 | 173.20 | 158.80 | 205.50 | 34.50 | 0.00 | 4.00 | 0.00 | 12.00 | 26.40 | 42.40 | 41.00 | 45.40 | 743.20 | |
| 1982 | 59.40 | 40.40 | 24.40 | 4.00 | 0.00 | 0.42 | 0.43 | 3.49 | 12.68 | 43.08 | 114.06 | 143.99 | 446.35 | |
| 1983 | 182.68 | 244.7 | 81.42 | 26.10 | 1.45 | 1.95 | 0.11 | 3.13 | 11.88 | 70.66 | 57.79 | 142.43 | 824.25 | |
| 1984 | 208.1 | 134.96 | 128.04 | 44.02 | 2.68 | 2.99 | 4.26 | 0.88 | 29.51 | 54.62 | 152.30 | 148.46 | 910.79 | |
| 1985 | 140.96 | 105.93 | 128.53 | 42.79 | 6.04 | 3.10 | 0.79 | 0.48 | 3.35 | 65.16 | 91.35 | 129.97 | 718.45 | |
| 1986 | 154.18 | 55.14 | 169.31 | 43.72 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 90.00 | 171.60 | 685.95 | |
| 1987 | 363.2 | 75.20 | 91.00 | 47.10 | 0.00 | 0.00 | 8.60 | 0.00 | 6.40 | 27.00 | 150.63 | 172.30 | 941.43 | |
| 1988 | 192.19 | 112.55 | 157.98 | 76.17 | 10.86 | 0.02 | 0.21 | 3.14 | 12.88 | 40.49 | 108.41 | 143.23 | 858.13 | |
| 1989 | 177.87 | 84.28 | 117.23 | 55.86 | 13.37 | 7.28 | 0.47 | 1.60 | 21.34 | 46.60 | 61.92 | 142.27 | 730.09 | |
| 1990 | 188.78 | 117.17 | 57.88 | 22.28 | 9.57 | 18.15 | 0.66 | 0.09 | 15.15 | 79.76 | 111.91 | 138.77 | 760.17 | |
| 1991 | 161.67 | 88.24 | 161.68 | 46.84 | 3.08 | 54.37 | 2.00 | 0.00 | 2.11 | 21.46 | 104.33 | 131.41 | 777.19 | |
| 1992 | 146.59 | 117.86 | 77.56 | 24.69 | 0.16 | 1.44 | 4.67 | 3.85 | 29.77 | 50.88 | 73.60 | 99.33 | 630.40 | |
| 1993 | 221 | 116.20 | 33.10 | 38.00 | 0.00 | 0.00 | 7.00 | 5.00 | 18.00 | 57.00 | 90.50 | 239.0 | 824.78 | |
| 1994 | 202 | 163.00 | 166.00 | 88.00 | 12.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 33.00 | 91.00 | 112.00 | 159.00 | 1028.00 | |
| 1995 | 165.00 | 72.00 | 126.00 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | 7.00 | 0.00 | 38.00 | 34.00 | 60.40 | 157.00 | 683.40 | |
| 1996 | 218.00 | 110.00 | 95.30 | 71.30 | 21.60 | 0.00 | 0.00 | 34.50 | 26.10 | 76.30 | 82.90 | 176.00 | 912.00 | |
| 1997 | 171.94 | 152.50 | 173.50 | 60.00 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 9.00 | 4.00 | 69.50 | 180.00 | 125.50 | 958.94 | |
| 1998 | 177.50 | 149.20 | 96.20 | 56.00 | 0.30 | 3.00 | 0.00 | 1.50 | 0.70 | 105.50 | 94.50 | 105.00 | 789.40 | |
| 1999 | 188.50 | 98.20 | 156.80 | 52.00 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 28.50 | 61.00 | 37.50 | 133.50 | 758.00 | |
| 2000 | 160.50 | 198.50 | 115.00 | 13.50 | 4.50 | 10.00 | 9.00 | 11.00 | 7.00 | 70.50 | 15.40 | 95.40 | 710.30 | |
| 2001 | 249.6 | 172.90 | 162.40 | 21.30 | 5.40 | 3.50 | 10.50 | 6.70 | 16.00 | 78.10 | 75.40 | 91.50 | 893.30 | |
| 2002 | 142.80 | 255.9 | 149.10 | 43.90 | 22.60 | 4.20 | 18.50 | 18.80 | 29.70 | 61.60 | 114.00 | 156.30 | 1017.40 | |
| 2003 | 164.70 | 165.80 | 157.70 | 50.50 | 5.90 | 2.60 | 0.00 | 8.70 | 7.40 | 65.10 | 38.20 | 161.70 | 828.30 | |
| 2004 | 189.50 | 219.70 | 56.80 | 22.60 | 14.10 | 12.20 | 8.70 | 0.00 | 34.40 | 59.80 | 53.80 | 148.10 | 819.70 | |
| 2005 | 113.00 | 107.10 | 96.00 | 23.30 | 1.90 | 0.00 | 2.50 | 2.20 | 0.40 | 43.30 | 96.60 | 105.60 | 591.90 | |
| 2006 | 202.8 | 133.00 | 132.50 | 90.00 | 0.00 | 6.20 | 0.00 | 8.80 | 2.30 | 42.30 | 77.20 | 109.80 | 804.90 | |
| 2007 | 176.50 | 76.40 | 172.00 | 46.70 | 2.10 | 0.00 | 0.60 | 0.00 | 11.30 | 39.50 | 101.70 | 127.70 | 754.50 | |
| 2008 | 337.50 | 70.40 | 100.30 | 22.50 | 21.40 | 4.50 | 0.00 | 3.20 | 28.40 | 52.00 | 75.10 | 115.70 | 631.00 | |
| 2009 | 178.30 | 123.20 | 92.70 | 33.40 | 6.50 | 0.00 | 6.40 | 0.30 | 11.80 | 16.30 | 213.00 | 150.70 | 832.60 | |
| 2010 | 339.5 | 153.90 | 126.70 | 45.10 | 4.50 | 0.00 | 0.00 | 6.90 | 2.50 | 59.10 | 62.10 | 183.50 | 983.80 | |
| 2011 | 84.10 | 241.10 | 164.40 | 51.10 | 2.40 | 3.20 | 4.90 | 0.70 | 40.30 | 72.10 | 47.30 | 208.8 | 920.40 | |
| 2012 | 139.80 | 213.80 | 111.00 | 30.70 | 1.40 | 4.40 | 1.60 | 0.00 | 41.00 | 28.80 | 148.70 | 241.60 | 962.80 | |
| 2013 | 171.70 | 188.90 | 97.90 | 14.07 | 0.00 | 7.00 | 1.50 | 15.40 | 14.70 | 106.90 | 101.20 | 203.9 | 923.17 | |
| 2014 | 185.19 | 97.80 | 155.38 | 59.36 | 0.74 | 6.20 | 0.04 | 1.29 | 3.97 | 71.49 | 87.54 | 122.77 | 791.77 | |
| 2015 | 198.86 | 115.80 | 115.89 | 40.50 | 0.17 | 0.27 | 0.19 | 13.37 | 8.29 | 24.41 | 121.45 | 153.02 | 792.22 | |
| 2016 | 169.50 | 146.28 | 80.41 | 47.94 | 0.26 | 0.33 | 0.37 | 0.29 | 11.41 | 53.99 | 78.15 | 170.40 | 759.33 | |
| 2017 | 188.37 | 136.25 | 115.21 | 43.87 | 1.52 | 3.68 | 1.10 | 0.64 | 5.99 | 48.18 | 70.75 | 163.48 | 779.04 | |
| 2018 | 188.23 | 120.50 | 128.92 | 23.05 | 3.17 | 0.36 | 0.37 | 0.61 | 2.48 | 36.36 | 67.28 | 169.79 | 741.12 | |
| 2019 | 196.51 | 79.69 | 69.52 | 33.21 | 1.74 | 0.25 | 1.11 | 0.86 | 23.38 | 41.29 | 83.89 | 157.00 | 688.45 | |
| 2020 | 142.61 | 151.92 | 141.61 | 59.63 | 0.17 | 1.01 | 4.54 | 2.86 | 11.44 | 68.19 | 91.70 | 133.33 | 809.01 | |
| PROM | 180 | 133.6 | 119 | 41.0 | 4.75 | 4.11 | 2.69 | 4.45 | 15.81 | 54.15 | 91.5 | 147.2 | 798.15 | |

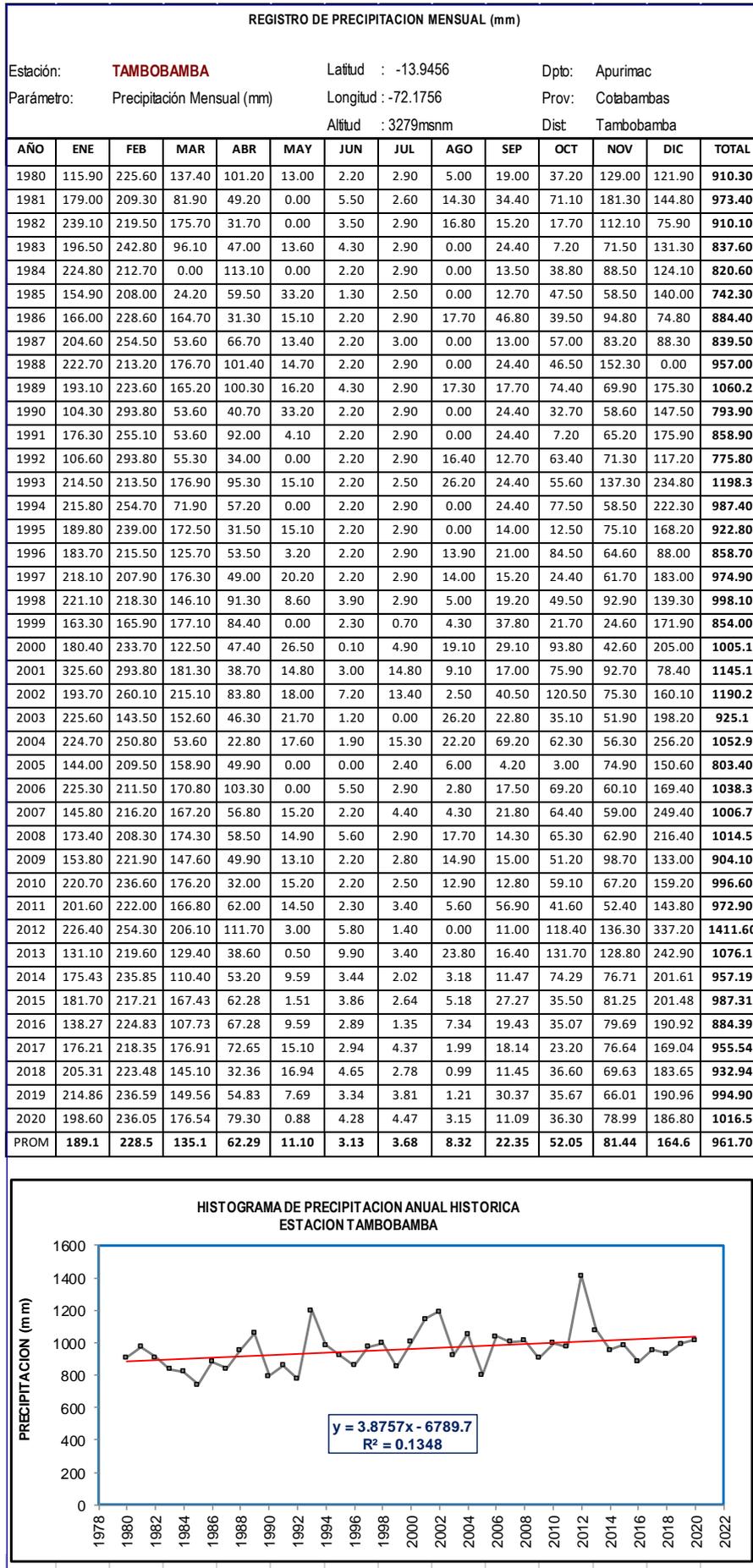


REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL (mm)

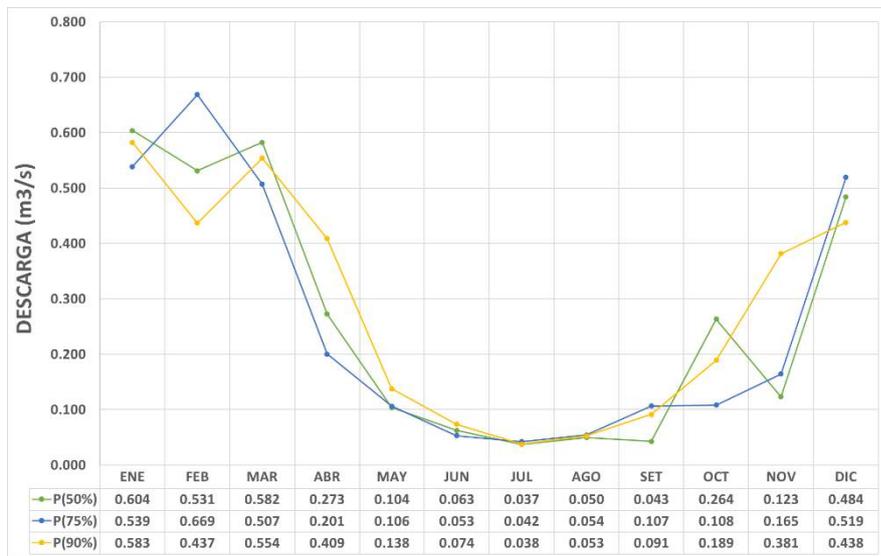
Estación: **ACOMAYO** Latitud : -13.9169 Dpto: Cusco
 Parámetro: Precipitación Mensual (mm) Longitud : -71.6836 Prov: Acomayo
 Altitud : 3160 msnm Dist: Acomayo

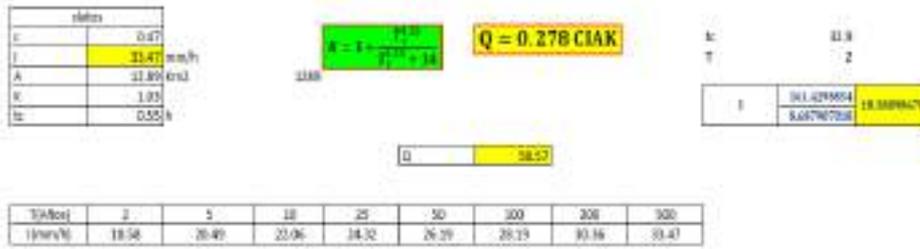
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1980 | 166.1 | 212.6 | 165.69 | 18.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.09 | 94.4 | 28.39 | 88 | 778.87 |
| 1981 | 328.39 | 203.6 | 240.3 | 70.69 | 1.89 | 0 | 0 | 0.6 | 23.89 | 116.9 | 121.9 | 122 | 1230.2 |
| 1982 | 267.5 | 70.9 | 132.1 | 82 | 4.8 | 0 | 0 | 11.5 | 28.79 | 82 | 173.89 | 58.4 | 911.88 |
| 1983 | 28.7 | 54.9 | 62.2 | 66.09 | 2.5 | 1 | 0 | 12.89 | 5.5 | 27.29 | 28.1 | 68.09 | 357.26 |
| 1984 | 192.69 | 75.09 | 118.8 | 75.09 | 6 | 19.39 | 8.6 | 5.09 | 29.7 | 72.4 | 206.8 | 174.5 | 984.15 |
| 1985 | 121.19 | 84.3 | 122 | 92 | 9.3 | 3.4 | 0 | 0 | 44.9 | 82.59 | 103.8 | 136.8 | 800.28 |
| 1986 | 195.89 | 82.8 | 229.3 | 115 | 0.4 | 0 | 0 | 1.2 | 0 | 65.4 | 48.5 | 59.9 | 798.39 |
| 1987 | 307.79 | 76.8 | 65.69 | 21.5 | 0 | 1.1 | 17.6 | 0 | 65 | 113.19 | 553.29 | 186.39 | 1408.4 |
| 1988 | 230.69 | 124.69 | 210.5 | 149 | 13.69 | 0 | 0 | 6.19 | 16.7 | 49.2 | 68 | 162.39 | 1031.1 |
| 1989 | 199.69 | 107.5 | 158 | 101.59 | 13.6 | 1.79 | 0 | 8.1 | 16.5 | 63.2 | 100.9 | 115.59 | 886.46 |
| 1990 | 255.69 | 120.59 | 76.19 | 86.19 | 11.6 | 66 | 0 | 0 | 28.6 | 117.59 | 160.19 | 133.1 | 1055.7 |
| 1991 | 137.8 | 142.89 | 208.8 | 33.29 | 5 | 16.79 | 0 | 0 | 6.09 | 65 | 214.5 | 60 | 890.16 |
| 1992 | 80 | 101.3 | 67.59 | 10.8 | 1.2 | 3.4 | 1.39 | 9.39 | 15.39 | 67.09 | 112.59 | 58 | 528.14 |
| 1993 | 264.5 | 76.9 | 78.69 | 61.2 | 0 | 2.79 | 6.9 | 3 | 24.39 | 33.29 | 90.59 | 133.39 | 775.64 |
| 1994 | 85.09 | 185.19 | 133.89 | 82.8 | 3.29 | 0 | 0 | 0 | 10.8 | 35 | 79.69 | 89.19 | 704.94 |
| 1995 | 110.59 | 118.4 | 83.19 | 51.29 | 0 | 0 | 10.19 | 0 | 27.29 | 29.5 | 86.09 | 128 | 644.54 |
| 1996 | 191.1 | 119.9 | 110.5 | 71.69 | 14.6 | 0 | 1 | 38.7 | 25.29 | 79.4 | 58.29 | 141 | 851.47 |
| 1997 | 151.39 | 164.1 | 195.69 | 26.89 | 17.39 | 0 | 0 | 18.6 | 1.2 | 53.4 | 140.69 | 134.3 | 903.65 |
| 1998 | 188.6 | 174.3 | 119.69 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61.5 | 98.8 | 134.3 | 807.19 |
| 1999 | 148.69 | 115.09 | 132.69 | 98.19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20.89 | 46.5 | 27.5 | 192.1 | 781.65 |
| 2000 | 125.9 | 206.39 | 90.69 | 39 | 7.3 | 8.69 | 4.5 | 19.79 | 21.39 | 107.19 | 16.7 | 176.39 | 823.93 |
| 2001 | 248.39 | 153.8 | 179.3 | 44.2 | 15.1 | 3.4 | 10.89 | 15.69 | 18.1 | 39 | 93.8 | 126.9 | 948.57 |
| 2002 | 192.6 | 247.3 | 238.89 | 62.79 | 18.1 | 1.1 | 19.79 | 7.5 | 22.89 | 49.2 | 105.5 | 121.9 | 1087.6 |
| 2003 | 197.8 | 172.89 | 127.5 | 54.4 | 13 | 10.1 | 0 | 3.79 | 3.09 | 42.09 | 68.8 | 145.6 | 839.06 |
| 2004 | 250.1 | 185.5 | 87.8 | 63.59 | 16.89 | 12.89 | 10.6 | 36.5 | 56.59 | 59.4 | 85.19 | 188.69 | 1053.7 |
| 2005 | 129.89 | 148.39 | 95.4 | 48.79 | 4.3 | 0 | 0 | 2.9 | 0 | 61.9 | 82.19 | 93.09 | 666.85 |
| 2006 | 162.19 | 133.69 | 149.89 | 98.8 | 0 | 12.39 | 0 | 5.3 | 2 | 58.4 | 133.8 | 138 | 894.46 |
| 2007 | 197.3 | 169.69 | 178.69 | 92.5 | 1 | 0 | 5.5 | 0 | 2.9 | 51.2 | 96.59 | 88.9 | 884.27 |
| 2008 | 152.3 | 212.89 | 76.69 | 41.9 | 20 | 7.69 | 0 | 0 | 12.6 | 73.09 | 47.79 | 145.89 | 790.84 |
| 2009 | 122.5 | 125.5 | 100 | 76.8 | 8.19 | 0 | 8.89 | 0 | 4.5 | 20.6 | 199.6 | 147.69 | 814.27 |
| 2010 | 278 | 94.9 | 112 | 19 | 9.89 | 0 | 0 | 11.3 | 5 | 48.4 | 41.2 | 191.39 | 811.08 |
| 2011 | 155.3 | 169.5 | 207.3 | 62.2 | 3.2 | 3.5 | 8.3 | 0 | 59.9 | 34.59 | 48.2 | 170 | 921.99 |
| 2012 | 172.3 | 220.1 | 116.19 | 48.9 | 3.5 | 13.6 | 0 | 0 | 29 | 25.7 | 111.19 | 179 | 919.48 |
| 2013 | 149.39 | 146.19 | 79.5 | 43.9 | 0 | 0 | 15.1 | 15.5 | 18.89 | 72.09 | 75.3 | 139.8 | 755.66 |
| 2014 | 107.46 | 118.69 | 129.44 | 78.54 | 1.84 | 4.88 | 0 | 2.34 | 7.97 | 48.08 | 93.54 | 110.1 | 702.88 |
| 2015 | 209.21 | 103.93 | 152.13 | 48.56 | 0.26 | 0.21 | 0.01 | 15.73 | 20.36 | 64.67 | 122.5 | 154.42 | 891.99 |
| 2016 | 177.9 | 111.28 | 79.54 | 49.52 | 0.47 | 0.6 | 0.08 | 0.3 | 18.22 | 66.52 | 99.35 | 128.15 | 731.93 |
| 2017 | 160.41 | 123.91 | 102.56 | 78.85 | 2.39 | 8.91 | 0.08 | 2.74 | 11.88 | 58.52 | 70.66 | 143.21 | 764.12 |
| 2018 | 181.86 | 128.75 | 87.76 | 61.98 | 4.95 | 0.2 | 0.55 | 0.32 | 3.24 | 55.99 | 126.09 | 133.61 | 785.30 |
| 2019 | 244.77 | 125.69 | 91.12 | 54.37 | 3.82 | 0.56 | 0.46 | 1.53 | 28.75 | 56.34 | 61.07 | 158.2 | 826.68 |
| 2020 | 198.67 | 132.11 | 141.31 | 57.41 | 0.85 | 1.44 | 0.31 | 0.86 | 4.88 | 78.22 | 109.81 | 158.42 | 884.29 |
| PROM | 182.11 | 137.63 | 130.13 | 62.68 | 5.86 | 5.02 | 3.19 | 6.28 | 18.25 | 61.61 | 107.11 | 132.07 | 851.92 |





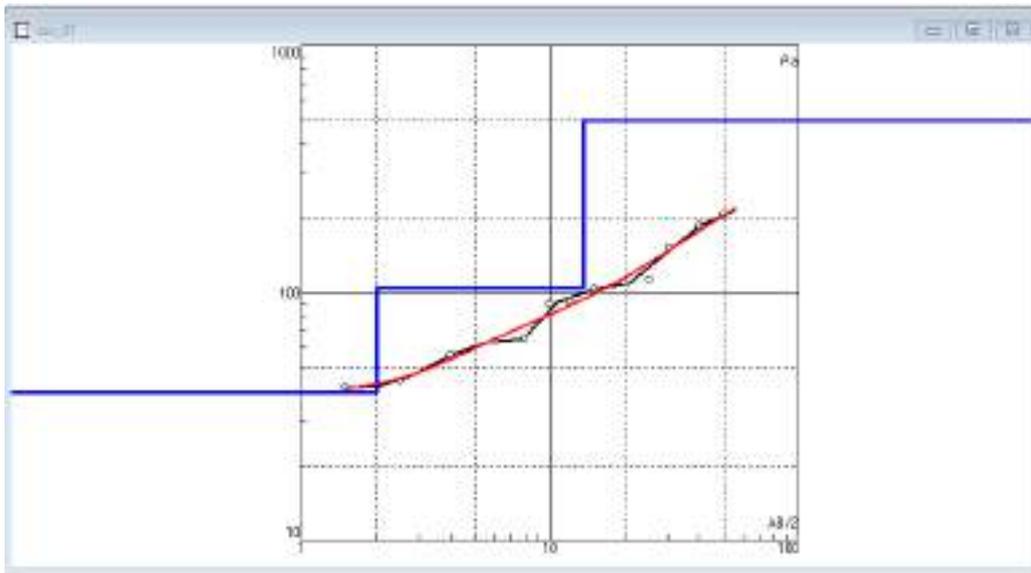
| PERSISTENCIA DE CAUDALES (m3/s) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Orden | Persistencia % | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
| 1 | 2.38 | 0.45 | 0.58 | 0.47 | 0.16 | 0.06 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0.05 |
| 2 | 4.76 | 0.30 | 0.55 | 0.56 | 0.33 | 0.11 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.06 | 0.27 | 0.50 | 0.59 |
| 3 | 7.14 | 0.45 | 0.67 | 0.43 | 0.21 | 0.08 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.21 | 0.52 | 0.59 | 0.64 |
| 4 | 9.52 | 0.38 | 0.58 | 0.51 | 0.32 | 0.11 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.16 | 0.36 | 0.46 |
| 5 | 11.90 | 0.27 | 0.42 | 0.57 | 0.64 | 0.20 | 0.09 | 0.04 | 0.06 | 0.06 | 0.42 | 0.59 | 0.59 |
| 6 | 14.29 | 0.47 | 0.54 | 0.59 | 0.38 | 0.16 | 0.10 | 0.06 | 0.02 | 0.34 | 0.51 | 0.51 | 0.48 |
| 7 | 16.67 | 0.57 | 0.65 | 0.29 | 0.51 | 0.16 | 0.06 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.47 | 0.17 |
| 8 | 19.05 | 0.29 | 0.52 | 0.34 | 0.14 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.24 | 0.50 | 0.63 | 0.45 |
| 9 | 21.43 | 0.46 | 0.67 | 0.44 | 0.62 | 0.19 | 0.08 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.17 | 0.30 | 0.54 |
| 10 | 23.81 | 0.21 | 0.52 | 0.49 | 0.55 | 0.18 | 0.08 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.22 | 0.47 | 0.55 |
| 11 | 26.19 | 0.42 | 0.15 | 0.33 | 0.45 | 0.15 | 0.07 | 0.04 | 0.03 | 0.08 | 0.48 | 0.58 | 0.63 |
| 12 | 28.57 | 0.63 | 0.70 | 0.34 | 0.18 | 0.08 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.11 | 0.37 | 0.57 | 0.33 |
| 13 | 30.95 | 0.37 | 0.51 | 0.34 | 0.11 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.22 | 0.46 | 0.28 |
| 14 | 33.33 | 0.18 | 0.48 | 0.57 | 0.60 | 0.17 | 0.07 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.34 | 0.47 | 0.54 |
| 15 | 35.71 | 0.53 | 0.65 | 0.61 | 0.34 | 0.12 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.05 | 0.23 | 0.43 |
| 16 | 38.10 | 0.56 | 0.69 | 0.34 | 0.38 | 0.13 | 0.07 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.15 | 0.12 | 0.48 |
| 17 | 40.48 | 0.53 | 0.44 | 0.51 | 0.50 | 0.17 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.08 | 0.14 | 0.42 |
| 18 | 42.86 | 0.51 | 0.45 | 0.55 | 0.36 | 0.12 | 0.05 | 0.02 | 0.07 | 0.11 | 0.07 | 0.37 | 0.55 |
| 19 | 45.24 | 0.54 | 0.73 | 0.50 | 0.19 | 0.07 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.14 | 0.17 | 0.16 |
| 20 | 47.62 | 0.50 | 0.32 | 0.53 | 0.60 | 0.18 | 0.08 | 0.05 | 0.04 | 0.14 | 0.17 | 0.15 | 0.50 |
| 21 | 50.00 | 0.60 | 0.53 | 0.58 | 0.27 | 0.10 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.26 | 0.12 | 0.48 |
| 22 | 52.38 | 0.70 | 0.64 | 0.69 | 0.58 | 0.21 | 0.09 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.09 | 0.24 |
| 23 | 54.76 | 0.48 | 0.48 | 0.59 | 0.39 | 0.15 | 0.06 | 0.07 | 0.02 | 0.09 | 0.18 | 0.24 | 0.53 |
| 24 | 57.14 | 0.61 | 0.61 | 0.54 | 0.24 | 0.10 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.10 | 0.06 | 0.27 | 0.54 |
| 25 | 59.52 | 0.51 | 0.69 | 0.47 | 0.27 | 0.09 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.20 | 0.44 |
| 26 | 61.90 | 0.54 | 0.50 | 0.55 | 0.25 | 0.08 | 0.05 | 0.02 | 0.05 | 0.06 | 0.16 | 0.14 | 0.42 |
| 27 | 64.29 | 0.50 | 0.63 | 0.55 | 0.27 | 0.09 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.17 | 0.25 | 0.52 |
| 28 | 66.67 | 0.52 | 0.59 | 0.50 | 0.28 | 0.11 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.07 | 0.11 | 0.41 |
| 29 | 69.05 | 0.45 | 0.58 | 0.37 | 0.13 | 0.07 | 0.06 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.18 | 0.29 | 0.52 |
| 30 | 71.43 | 0.61 | 0.69 | 0.37 | 0.16 | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.31 | 0.24 | 0.52 |
| 31 | 73.81 | 0.43 | 0.66 | 0.49 | 0.16 | 0.11 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.09 | 0.18 | 0.53 |
| 32 | 76.19 | 0.65 | 0.68 | 0.52 | 0.24 | 0.10 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.16 | 0.13 | 0.15 | 0.50 |
| 33 | 78.57 | 0.59 | 0.70 | 0.53 | 0.41 | 0.14 | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.08 | 0.28 | 0.62 |
| 34 | 80.95 | 0.51 | 0.56 | 0.40 | 0.15 | 0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.42 | 0.56 | 0.47 |
| 35 | 83.33 | 0.47 | 0.50 | 0.47 | 0.38 | 0.12 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.06 | 0.13 | 0.30 | 0.51 |
| 36 | 85.71 | 0.45 | 0.66 | 0.63 | 0.28 | 0.09 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.11 | 0.18 | 0.40 | 0.41 |
| 37 | 88.10 | 0.48 | 0.56 | 0.51 | 0.26 | 0.09 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.11 | 0.23 | 0.28 | 0.44 |
| 38 | 90.48 | 0.57 | 0.41 | 0.56 | 0.45 | 0.15 | 0.08 | 0.04 | 0.06 | 0.09 | 0.18 | 0.41 | 0.44 |
| 39 | 92.86 | 0.50 | 0.37 | 0.42 | 0.36 | 0.11 | 0.06 | 0.04 | 0.02 | 0.06 | 0.21 | 0.41 | 0.55 |
| 40 | 95.24 | 0.36 | 0.56 | 0.51 | 0.33 | 0.13 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.17 | 0.20 | 0.47 |
| 41 | 97.62 | 0.43 | 0.52 | 0.45 | 0.32 | 0.12 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.23 | 0.34 | 0.47 |
| | P(50%) | 0.604 | 0.531 | 0.582 | 0.273 | 0.104 | 0.063 | 0.037 | 0.050 | 0.043 | 0.264 | 0.123 | 0.484 |
| | P(75%) | 0.539 | 0.669 | 0.507 | 0.201 | 0.106 | 0.053 | 0.042 | 0.054 | 0.107 | 0.108 | 0.165 | 0.519 |
| | P(90%) | 0.583 | 0.437 | 0.554 | 0.409 | 0.138 | 0.074 | 0.038 | 0.053 | 0.091 | 0.189 | 0.381 | 0.438 |





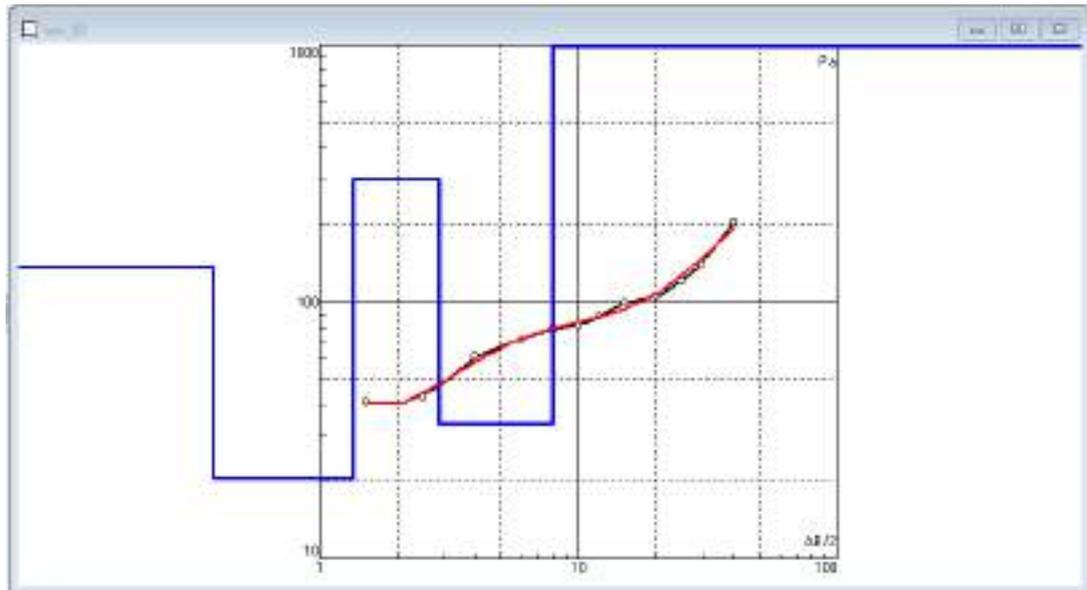
ANEXOS GEOFISICA

Sev-01



| Error = 5.33% | | | | |
|---------------|------|-------|-------|--------|
| N | p | h | d | Alt |
| 1 | 39.3 | 0.323 | 0.323 | -0.323 |
| 2 | 39.3 | 0.485 | 0.809 | -0.808 |
| 3 | 39.3 | 1.21 | 2.02 | -2.021 |
| 4 | 104 | 11.7 | 13.7 | -13.65 |
| 5 | 497 | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

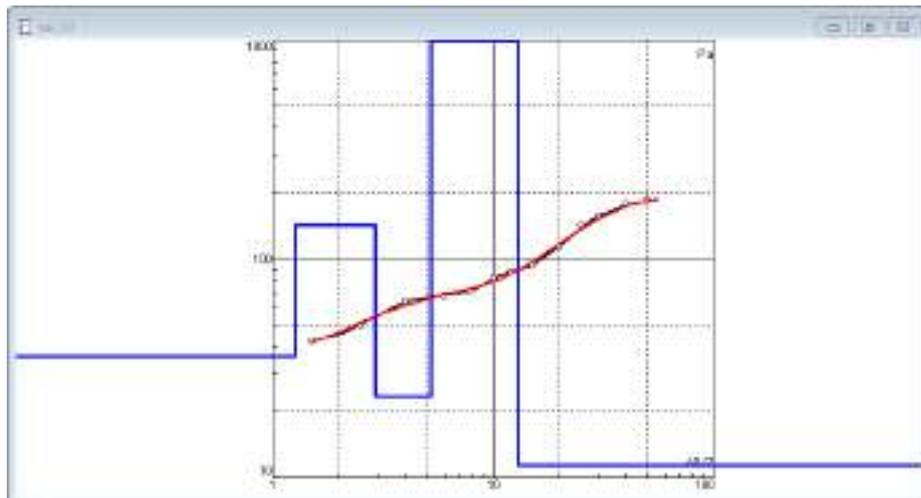
Sev-02



Error = 3.34%

| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|-------|-------|--------|
| 1 | 137 | 0.386 | 0.386 | -0.385 |
| 2 | 20.7 | 0.949 | 1.33 | -1.334 |
| 3 | 302 | 1.56 | 2.89 | -2.892 |
| 4 | 33.5 | 5.05 | 7.94 | -7.94 |
| 5 | 14955 | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

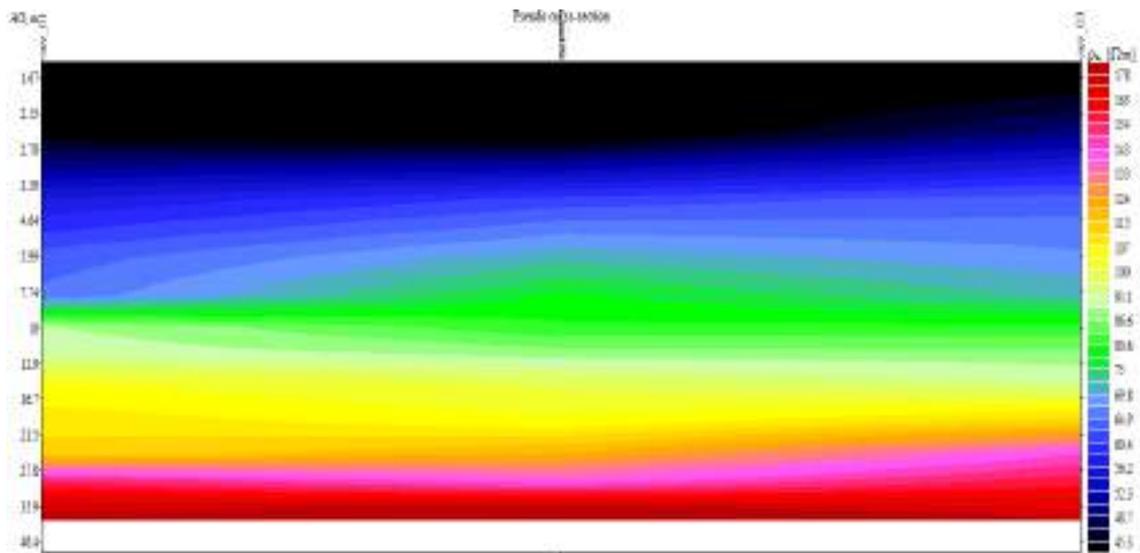
Sev-03



Error = 2.4%

| N | p | h | d | Alt |
|---|------|------|------|--------|
| 1 | 35.9 | 1.27 | 1.27 | -1.267 |
| 2 | 143 | 1.66 | 2.93 | -2.932 |
| 3 | 23.5 | 2.31 | 5.24 | -5.242 |
| 4 | 1642 | 7.69 | 12.9 | -12.94 |
| 5 | 11.4 | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Sección



| | | | | | | | | | |
|------------|---|--------|--------------|---------|-----------|------------|------------|-------------|--|
| PROYECTO | ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHACOYOCAMPAMPA DE LA CUENCA LLANCAMA DEL DISTRITO DE OMACHA, PROVINCIA DE PARURO, DEPARTAMENTO DEL CUSCO. | | | | | | | | |
| REGION | PROVINCIA | | DISTRITO | | UBICACIÓN | | | | |
| CUSCO | PARURO | | OMACHA | | | | | | |
| OPERADOR | GEODITA E.I.R.L | | | | | | | | |
| ARREGLO | SCHLUMBERGER | | MEDIDA LONG. | | METROS | FECHA | 15/09/2022 | | |
| S. COORD. | UTM | ESTE | | NORTE | | ELEVACION | | | |
| | 19L | 201998 | | 8441075 | | 4505.3msnm | | | |
| PROF ESTIM | 15 | | SEV N° | 5-01 | | | | | |
| PUNTO | AB/2 | MN/2 | K | SP | PI | DV(mv) | I(ma) | R(Ohm-m) | |
| 1 | 1.5 | 0.5 | 6.28 | 12.1 | 198.58 | 186.48 | 28.3 | 41.40241682 | |
| 2 | 2.5 | 0.5 | 18.85 | 3.21 | 498.23 | 495.02 | 212.3 | 43.95151753 | |
| 3 | 4 | 0.5 | 49.48 | 6.23 | 439.58 | 433.35 | 381.23 | 56.24477226 | |
| 4 | 6 | 0.5 | 112.31 | 5.65 | 298.65 | 293 | 518.65 | 63.44817825 | |
| 5 | 8 | 0.5 | 200.28 | 2.98 | 297.63 | 294.65 | 900.11 | 65.56029825 | |
| 6 | 10 | 0.5 | 313.37 | 7.56 | 208.36 | 200.8 | 698.35 | 90.10592473 | |
| 7 | 12 | 0.5 | 451.60 | 3.54 | 135.26 | 131.72 | 645.98 | 92.08531456 | |
| 8 | 15 | 0.5 | 706.07 | 6.21 | 123.54 | 117.33 | 799.25 | 103.6515972 | |
| 9 | 20 | 0.5 | 1255.85 | 2.89 | 90.23 | 87.34 | 994.2 | 110.3259749 | |
| 10 | 25 | 0.5 | 1962.71 | 3.25 | 60.54 | 57.29 | 996.47 | 112.8419887 | |
| 11 | 30 | 0.5 | 2826.65 | 10.54 | 64.62 | 54.08 | 999.18 | 152.9905756 | |
| 12 | 30 | 10 | 125.66 | 9.23 | 203.98 | 194.75 | 133.65 | 183.1126582 | |
| 13 | 40 | 10 | 235.62 | 7.32 | 246.2 | 238.88 | 273.69 | 205.6515546 | |
| 14 | 50 | 10 | 376.99 | 4.98 | 205.36 | 200.38 | 345.78 | 218.4668874 | |

| PROYECTO | ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHACOYOCAMPAMPA DE LA CUENCA LLANCAMA DEL DISTRITO DE OMACHA, PROVINCIA DE PARURO, DEPARTAMENTO DEL CUSCO. | | | | | | | | | | |
|------------|---|--------|---------|--------------|---------|--------|--------|------------|------------|--|--|
| REGION | CUSCO | | | PROVINCIA | PARURO | | | DISTRITO | OMACHA | | |
| OPERADOR | GEODITA E.I.R.L | | | | | | | | | | |
| ARREGLO | SCHLUMBERGER | | | MEDIDA LONG. | METROS | | | FECHA | 13/09/2022 | | |
| S. COORD. | UTM | ESTE | | | NORTE | | | ELEVACION | | | |
| | 19L | 201995 | | | 8441096 | | | 4504.4msnm | | | |
| PROF ESTIM | 15 | | | SEV N° | S-02 | | | | | | |
| PUNTO | AB/2 | MN/2 | K | SP | PI | DV(mv) | I(ma) | R(Ohm-m) | | | |
| 1 | 1.5 | 0.5 | 6.28 | 9.1 | 199.01 | 189.91 | 29.4 | 40.5863851 | | | |
| 2 | 2.5 | 0.5 | 18.85 | 3.2 | 498.25 | 495.05 | 219.25 | 42.5608787 | | | |
| 3 | 4 | 0.5 | 49.48 | 3.65 | 499.14 | 495.49 | 400.32 | 61.2432228 | | | |
| 4 | 6 | 0.5 | 112.31 | 5.36 | 420.08 | 414.72 | 655.23 | 71.0864989 | | | |
| 5 | 8 | 0.5 | 200.28 | 3.21 | 315.54 | 312.33 | 798.12 | 78.3746418 | | | |
| 6 | 10 | 0.5 | 313.37 | 9.54 | 194.69 | 185.15 | 715.35 | 81.108788 | | | |
| 7 | 12 | 0.5 | 451.60 | 6.21 | 145.36 | 139.15 | 715.98 | 87.7687768 | | | |
| 8 | 15 | 0.5 | 706.07 | 5.23 | 116.58 | 111.35 | 795.25 | 98.8635308 | | | |
| 9 | 20 | 0.5 | 1255.85 | 2.65 | 86.28 | 83.63 | 998.23 | 105.213102 | | | |
| 10 | 25 | 0.5 | 1962.71 | 5.96 | 60.7 | 54.74 | 896.47 | 119.846449 | | | |
| 11 | 30 | 0.5 | 2826.65 | 3.54 | 50.98 | 47.44 | 959.18 | 139.802937 | | | |
| 12 | 30 | 10 | 125.66 | 10.23 | 241.98 | 231.75 | 142.65 | 204.153971 | | | |
| 13 | 40 | 10 | 235.62 | 7.69 | 239.54 | 231.85 | 259.69 | 210.359926 | | | |
| 14 | 50 | 10 | 376.99 | 8.32 | 215.32 | 207 | 340.42 | 229.237887 | | | |

| PROYECTO | ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA CHACOYOCAMPAMPA DE LA CUENCA LLANCAMA DEL DISTRITO DE OMACHA, PROVINCIA DE PARURO, DEPARTAMENTO DEL CUSCO. | | | | | | | | | | |
|------------|---|--------|---------|--------------|---------|--------|--------|-------------|------------|--|--|
| REGION | CUSCO | | | PROVINCIA | PARURO | | | DISTRITO | OMACHA | | |
| OPERADOR | GEODITA E.I.R.L | | | | | | | | | | |
| ARREGLO | SCHLUMBERGER | | | MEDIDA LONG. | METROS | | | FECHA | 13/09/2022 | | |
| S. COORD. | UTM | ESTE | | | NORTE | | | ELEVACION | | | |
| | 19L | 202000 | | | 8441106 | | | 45015.9msnm | | | |
| PROF ESTIM | 15 | | | SEV N° | S-03 | | | | | | |
| PUNTO | AB/2 | MN/2 | K | SP | PI | DV(mv) | I(ma) | R(Ohm-m) | | | |
| 1 | 1.5 | 0.5 | 6.28 | 10.1 | 219.01 | 208.91 | 31.1 | 42.20643867 | | | |
| 2 | 2.5 | 0.5 | 18.85 | 6.31 | 582.21 | 575.9 | 219.25 | 49.5117868 | | | |
| 3 | 4 | 0.5 | 49.48 | 5.32 | 510.14 | 504.82 | 391.23 | 63.84616761 | | | |
| 4 | 6 | 0.5 | 112.31 | 6.4 | 320.08 | 313.68 | 520.23 | 67.72006327 | | | |
| 5 | 8 | 0.5 | 200.28 | 3.93 | 325.41 | 321.48 | 898.12 | 71.68852648 | | | |
| 6 | 10 | 0.5 | 313.37 | 8.25 | 194.69 | 186.44 | 715.35 | 81.67389921 | | | |
| 7 | 12 | 0.5 | 451.60 | 2.5 | 125.36 | 122.86 | 635.98 | 87.24183238 | | | |
| 8 | 15 | 0.5 | 706.07 | 5.36 | 115.68 | 110.32 | 835.25 | 91.25826725 | | | |
| 9 | 20 | 0.5 | 1255.85 | 3.69 | 86.28 | 82.59 | 998.12 | 103.9161512 | | | |
| 10 | 25 | 0.5 | 1962.71 | 2.65 | 68.85 | 66.2 | 946.47 | 137.2800011 | | | |
| 11 | 30 | 0.5 | 2826.65 | 9.23 | 65.85 | 56.62 | 999.18 | 160.1761536 | | | |
| 12 | 30 | 10 | 125.66 | 12.54 | 217.24 | 204.7 | 123.65 | 208.0336486 | | | |
| 13 | 40 | 10 | 235.62 | 8.36 | 249.68 | 241.32 | 263.69 | 215.6307992 | | | |
| 14 | 50 | 10 | 376.99 | 7.98 | 205.32 | 197.34 | 335.24 | 221.9169172 | | | |



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Licenciados 1-3 San Sebastián. Telf: 084-254730, Cel. Entel: 984-727700

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y

Proyecto: MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicita: Instituto de Manejo de

Fecha: Lunes, 4 de Julio de 2022

Calicata: C-1

Profundidad: 1.50 m

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN TERZAGHI

$$q_{cu} = c + N_c + q + N_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma + N_\gamma$$

$$q = \gamma \cdot D_f$$

B= 1.00 m

F.S. = 3

L= 5.00 m

| D_f (m) | c (kg/cm ²) | γ (gr/cm ³) | q (kg/cm ²) | N_c | N_q | N_γ | q_{cu} (kg/cm ²) | q_a (kg/cm ²) |
|--------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------|-------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 0.30 | 0.10 | 1.70 | 0.05 | 6.43 | 1.54 | 0.43 | 0.71 | 0.24 |
| 0.60 | 0.10 | 1.70 | 0.10 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 1.47 | 0.49 |
| 0.90 | 0.10 | 1.70 | 0.15 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 1.59 | 0.53 |
| 1.20 | 0.10 | 1.70 | 0.20 | 14.52 | 6.19 | 5.14 | 2.95 | 0.98 |
| 1.50 | 0.10 | 1.70 | 0.26 | 27.37 | 16.02 | 18.69 | 8.16 | 2.72 |
| 1.80 | 0.10 | 1.70 | 0.31 | 27.39 | 16.05 | 18.73 | 8.94 | 2.98 |
| 2.10 | 0.10 | 1.70 | 0.36 | 27.40 | 16.05 | 18.74 | 9.71 | 3.24 |
| 2.40 | 0.10 | 1.70 | 0.41 | 27.48 | 16.12 | 18.85 | 10.52 | 3.51 |





PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Dpto. Lláncas L-3 San Sebastián, Telf 084-254720, Cel. Estadi: 984-727700

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Proyecto:

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicita: Instituto de Manejo de Agua y

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Calicata: C-1

Profundidad: 1.50 m

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN MEYERHOF

$$q_{cu} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_y \cdot F_{ys} \cdot F_{yd}$$

Ángulo de inclinación de la Carga con respecto a la Vertical:

0° 00' 00"

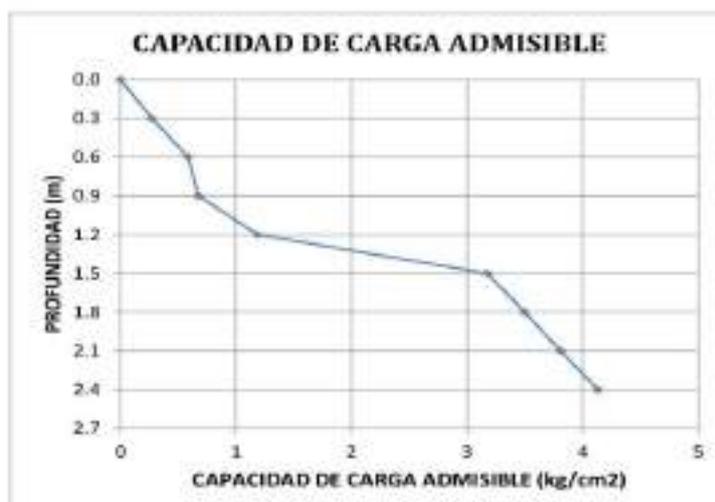
B= 1.00 m

F.S. = 3

L= 5.00 m

| D _i (m) | F _{cs} | F _{qs} | F _{ys} | F _{cd} | F _{qd} | F _{yd} | F _{ci} | F _{qi} | F _{yi} |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0.30 | 1.05 | 1.02 | 0.92 | 1.12 | 1.04 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.60 | 1.07 | 1.05 | 0.92 | 1.24 | 1.17 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.90 | 1.07 | 1.05 | 0.92 | 1.36 | 1.26 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.20 | 1.09 | 1.07 | 0.92 | 1.35 | 1.28 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.50 | 1.12 | 1.11 | 0.92 | 1.39 | 1.29 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.80 | 1.12 | 1.11 | 0.92 | 1.43 | 1.31 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.10 | 1.12 | 1.11 | 0.92 | 1.45 | 1.33 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.40 | 1.12 | 1.11 | 0.92 | 1.47 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| D _i (m) | D _i /B | c (kg/cm ²) | γ (gr/cm ³) | q (kg/cm ²) | N _c | N _q | N _y | q _{cu} (kg/cm ²) | q _a (kg/cm ²) |
|--------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 0.30 | 0.30 | 0.10 | 1.70 | 0.05 | 6.43 | 1.54 | 0.43 | 0.82 | 0.27 |
| 0.60 | 0.60 | 0.10 | 1.70 | 0.07 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 1.76 | 0.59 |
| 0.90 | 0.90 | 0.10 | 1.70 | 0.10 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 2.03 | 0.68 |
| 1.20 | 1.20 | 0.10 | 1.70 | 0.14 | 14.52 | 6.19 | 5.14 | 3.56 | 1.19 |
| 1.50 | 1.50 | 0.10 | 1.70 | 0.17 | 27.37 | 18.02 | 18.69 | 8.52 | 3.17 |
| 1.80 | 1.80 | 0.10 | 1.70 | 0.21 | 27.39 | 16.05 | 18.73 | 10.49 | 3.50 |
| 2.10 | 2.10 | 0.10 | 1.70 | 0.24 | 27.40 | 16.05 | 18.74 | 11.42 | 3.81 |
| 2.40 | 2.40 | 0.10 | 1.70 | 0.28 | 27.48 | 16.12 | 18.85 | 12.40 | 4.13 |





PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Licenciados L-3 San Sebastián, Telf: 084-254730, Cel. Bani: 984-727700

Proyecto: RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMILLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicitante: Instituto de Manejo de Agua y

Fecha: Lunes, 4 de Julio de 2022

Calicote: C-1
Profundidad: 1.50 m

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN VESIC

$$q_{cu} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{cc} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qc} + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_y \cdot F_{ys} \cdot F_{yd} \cdot F_{yc}$$

Ángulo de inclinación de la Carga
con respecto a la Vertical: 0° 00' 00"

B= 1.00 m
L= 5.00 m

F.S. = 3

| D _v (m) | F _{cs} | F _{qs} | F _{ys} | F _{cd} | F _{qd} | F _{yd} | F _{ci} = F _{qi} | F _{yi} | F _{cc} | F _{qc} = F _{yc} |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| 0.30 | 1.05 | 1.02 | 0.92 | 1.12 | 1.04 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.60 | 1.07 | 1.05 | 0.92 | 1.24 | 1.17 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.90 | 1.07 | 1.05 | 0.92 | 1.36 | 1.26 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.20 | 1.09 | 1.07 | 0.92 | 1.35 | 1.28 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.50 | 1.12 | 1.11 | 0.92 | 1.39 | 1.29 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.80 | 1.12 | 1.11 | 0.92 | 1.43 | 1.31 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.10 | 1.12 | 1.11 | 0.92 | 1.45 | 1.33 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.40 | 1.12 | 1.11 | 0.92 | 1.47 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| D _v (m) | c (kg/cm ²) | γ (gr/cm ³) | q (kg/cm ²) | N _c | N _q | N _y | q _{cs} (kg/cm ²) | q _{cs} (kg/cm ²) |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|--|--|
| 0.30 | 0.10 | 1.70 | 0.05 | 6.43 | 1.54 | 0.43 | 0.82 | 0.27 |
| 0.60 | 0.10 | 1.70 | 0.07 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 1.76 | 0.59 |
| 0.90 | 0.10 | 1.70 | 0.10 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 2.03 | 0.68 |
| 1.20 | 0.10 | 1.70 | 0.14 | 14.52 | 6.19 | 5.14 | 3.56 | 1.19 |
| 1.50 | 0.10 | 1.70 | 0.17 | 27.37 | 16.02 | 18.69 | 9.52 | 3.17 |
| 1.80 | 0.10 | 1.70 | 0.21 | 27.39 | 16.05 | 18.73 | 10.49 | 3.50 |
| 2.10 | 0.10 | 1.70 | 0.24 | 27.40 | 16.05 | 18.74 | 11.42 | 3.81 |
| 2.40 | 0.10 | 1.70 | 0.28 | 27.48 | 16.12 | 18.85 | 12.40 | 4.13 |





PRO&CON SILVER S.C.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

Urb. Licenciados L-3 San Sebastián, Tel: 084-254730, Cel. Ext: 904-727700

RELATÓRICO DEL SERVICIO: EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE REDUCCIÓN DE RIESGOS MICROCUENCAS DE TOCCORUANCA, LLANCAMÁ, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y

Proyecto: MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicita: Instituto de Manejo de Agua y Medio

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Calcula: C-1

Profundidad: 1.50 m

ASENTAMIENTO INMEDIATO

ASENTAMIENTO EN EL CENTRO DE LA ZAPATA

B= 1.00 m

L= 3.00 m

$$S = 2 * q_u * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$$

D= 2.00 m

ASENTAMIENTO EN LAS ESQUINAS DE LA ZAPATA

El valor más crítico es el Asentamiento en el Centro

$$S = q_u * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$$

| D _i (m) | q _u (kg/cm ²) | | | | | μ | E (kg/cm ²) | N |
|-----------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|-------|------|----------------------------|------|
| | Ncampo | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic | | | |
| 0.30 | 4.34 | - | 0.24 | 0.27 | 0.27 | 0.25 | 96.71 | 1.00 |
| 0.60 | 5.64 | - | 0.49 | 0.59 | 0.59 | 0.25 | 103.22 | 1.00 |
| 0.90 | 6.51 | - | 0.53 | 0.68 | 0.68 | 0.25 | 107.56 | 1.00 |
| 1.20 | 7.38 | - | 0.98 | 1.19 | 1.19 | 0.25 | 111.90 | 1.00 |
| 1.50 | 15.19 | - | 2.72 | 3.17 | 3.17 | 0.25 | 150.97 | 1.00 |
| 1.80 | 23.61 | - | 2.98 | 3.50 | 3.50 | 0.25 | 203.07 | 1.00 |
| 2.10 | 20.84 | - | 3.24 | 3.81 | 3.81 | 0.25 | 179.19 | 1.00 |
| 2.40 | 25.18 | - | 3.51 | 4.13 | 4.13 | 0.25 | 200.90 | 1.00 |

| D _i (m) | ASENTAMIENTOS EN EL CENTRO DE LA ZAPATA (cm) | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Skempton | | Terzaghi | | Meyerhof | | Vesic | | | |
| | Calculado | Corregido | Calculado | Corregido | Calculado | Corregido | Calculado | Corregido | Calculado | Corregido |
| 0.30 | - | - | 0.46 | 0.46 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 |
| 0.60 | - | - | 0.89 | 0.89 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 1.06 |
| 0.90 | - | - | 0.93 | 0.93 | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.18 |
| 1.20 | - | - | 1.65 | 1.65 | 1.99 | 1.99 | 1.99 | 1.99 | 1.99 | 1.99 |
| 1.50 | - | - | 3.38 | 1.70 | 3.94 | 1.70 | 3.94 | 1.70 | 3.94 | 1.70 |
| 1.80 | - | - | 2.75 | 1.70 | 3.23 | 1.70 | 3.23 | 1.70 | 3.23 | 1.70 |
| 2.10 | - | - | 3.39 | 1.70 | 3.98 | 1.70 | 3.98 | 1.70 | 3.98 | 1.70 |
| 2.40 | - | - | 3.27 | 1.70 | 3.86 | 1.70 | 3.86 | 1.70 | 3.86 | 1.70 |

| S _{max} (cm) | ASENTAMIENTOS MÁXIMOS CALCULADOS | | | |
|--------------------------|----------------------------------|----------|----------|-------|
| | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic |
| | - | 3.39 | 3.98 | 3.98 |

$$S_{max} = 3.98 \text{ cm} \leq 2.54 \text{ cm} \text{ MAL}$$

Los asentamientos superan los límites permisibles, por lo que se debe realizar correcciones en la Capacidad de Carga Admisible, Reduciendo el Asentamiento

| S _{max} (cm) | ASENTAMIENTOS MÁXIMOS CORREGIDOS | | | |
|--------------------------|----------------------------------|----------|----------|-------|
| | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic |
| | - | 1.70 | 1.99 | 1.99 |

$$S_{max} = 1.99 \text{ cm} \leq 2.54 \text{ cm} \text{ OK!}$$



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Licenciados L-3 San Sebastián, Telf: 084-254730, Cel. Entel: 984-727700

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO

Proyecto: DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicita: Instituto de Manejo de Agua y Medio

Calicata: C-1

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Profundidad: 1.50 m

CORRECCIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO

CAPACIDAD ADMISIBLE PARA ASENTAMIENTO = 2.54 cm

B= 1.00 m

L= 5.00 m

$$q_a = \frac{S * E}{2 * B * (1 - \mu^2) * N}$$

D_f= 2.40 m

| D _f (m) | q _a Calculados (kg/cm ²) | | | | q _a Corregidos (kg/cm ²) | | | |
|-----------------------|---|----------|----------|-------|---|----------|----------|-------|
| | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic |
| 0.30 | - | 0.24 | 0.27 | 0.27 | - | 0.24 | 0.27 | 0.27 |
| 0.60 | - | 0.49 | 0.59 | 0.59 | - | 0.49 | 0.59 | 0.59 |
| 0.90 | - | 0.53 | 0.68 | 0.68 | - | 0.53 | 0.68 | 0.68 |
| 1.20 | - | 0.98 | 1.19 | 1.19 | - | 0.98 | 1.19 | 1.19 |
| 1.50 | - | 2.72 | 3.17 | 3.17 | - | 1.37 | 1.37 | 1.37 |
| 1.80 | - | 2.98 | 3.50 | 3.50 | - | 1.84 | 1.84 | 1.84 |
| 2.10 | - | 3.24 | 3.81 | 3.81 | - | 1.62 | 1.62 | 1.62 |
| 2.40 | - | 3.51 | 4.13 | 4.13 | - | 1.82 | 1.82 | 1.82 |



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Licenciados L-3 San Sebastián, Telf: 084-254730, Cel. Entel: 984-727700

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS
MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y

Proyecto: MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE
PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA -
DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicita: Instituto de Manejo de Agua y

Calicata: C-1

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Profundidad: 1.50 m

RESUMEN DE RESULTADOS

ZAPATA 1.0 m. X 5.0 m.

| | | q _s (kg/cm ²) | | | q _s Mínima (kg/cm ²) |
|-----------------------|------|--------------------------------------|----------|-------|--|
| | | Terzaghi | Meyerhof | Vesic | |
| D _f (m) | 0.30 | 0.24 | 0.27 | 0.27 | 0.24 |
| | 0.60 | 0.49 | 0.59 | 0.59 | 0.49 |
| | 0.90 | 0.53 | 0.68 | 0.68 | 0.53 |
| | 1.20 | 0.98 | 1.19 | 1.19 | 0.98 |
| | 1.50 | 1.37 | 1.37 | 1.37 | 1.37 |
| | 1.80 | 1.84 | 1.84 | 1.84 | 1.84 |
| | 2.10 | 1.62 | 1.62 | 1.62 | 1.62 |
| | 2.40 | 1.82 | 1.82 | 1.82 | 1.82 |



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1 - Cusco - Cusco, Telf: 984-254730, Cel. Movistar: 984-621405, Claro: 984-727700

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUINVALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHIMCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y

Proyecto: ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA - PARURO - CUSCO

Solicitante: Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente - IMA

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Ubicación: P-1

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

ASTM D-2434 y AASHTO T-125

| NIVEL DE AGUA DE INFILTRACIÓN (mm) | AGUA INFILTRADA (mm) | TIEMPO DE INFILTRACIÓN ACUMULADO (hr min seg) | TIEMPO DE INFILTRACIÓN PARCIAL (hr min seg) | TASA DE INFILTRACIÓN R | | | |
|------------------------------------|----------------------|---|---|------------------------|----------|---------|----------|
| | | | | (mm/hr) | (mm/min) | (cm/hr) | (cm/min) |
| 45 | - | 12h 20m 00s | - | - | - | - | - |
| 55 | 10 | 12h 25m 00s | 0h 05m 00s | 120.00 | 2.000 | 12.00 | 0.2000 |
| 63 | 8 | 12h 30m 00s | 0h 05m 00s | 96.00 | 1.600 | 9.60 | 0.1600 |
| 70 | 7 | 12h 35m 00s | 0h 05m 00s | 84.00 | 1.400 | 8.40 | 0.1400 |
| 76 | 6 | 12h 40m 00s | 0h 05m 00s | 72.00 | 1.200 | 7.20 | 0.1200 |
| 82 | 6 | 12h 45m 00s | 0h 05m 00s | 72.00 | 1.200 | 7.20 | 0.1200 |
| PROMEDIOS | 7.40 | - | 0h 05m 00s | 88.80 | 1.480 | 8.88 | 0.1480 |



| |
|--|
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 88.80 mm/hr |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 1.48 mm/min |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 8.88 cm/hr |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 0.1480 cm/min |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 0.0025 cm/s |
| TIEMPO DE INFILTRACIÓN PARA EL DESCENSO DE 1 cm = 0h 06m 45s |



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254723, Cel. Móvil: 984-021483, Claro: 984-727100

Proyecto: RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMILLO, TALCABAMBA Y MISKAHAYOOO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA - PARURO - CUSCO

Solicitante: IMA

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

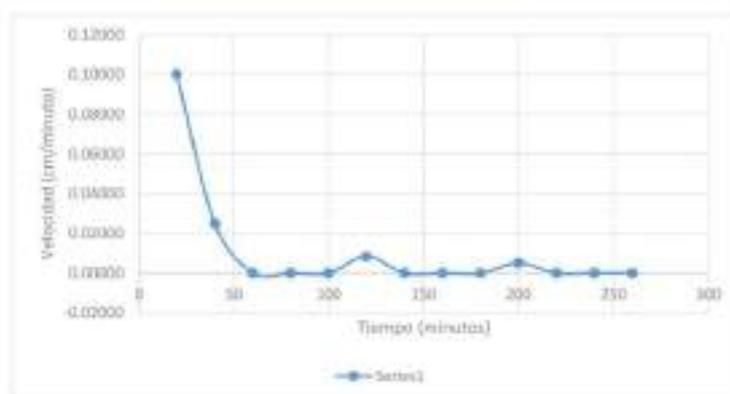
ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE

MTC E 908 - 2100. Basado en la Norma ASTM D-2434 y AASHTO T-215

| | | |
|---|-------|----|
| Área de la sección transversal de la bureta (a) | 0.94 | cm |
| Longitud de la muestra (L) | 14.59 | cm |
| Diametro de la sección de la muestra de suelo | 8.32 | cm |
| Área de la sección transversal de la muestra de suelo | 31.37 | |

| h1 [cm] | h2 [cm] | Δh [cm] | Δt [minutos] | Δt [minutos] | R [cm/minuto] | k [cm/s] |
|---------|---------|---------|--------------|--------------|---------------|----------|
| 82 | 80 | 2 | 20 | 1200 | 0.10000 | 0.03239 |
| 80 | 79 | 1 | 40 | 2400 | 0.02500 | 0.00825 |
| 79 | 79 | 0 | 60 | 3600 | 0.00000 | 0.00000 |
| 79 | 79 | 0 | 80 | 4800 | 0.00000 | 0.00000 |
| 79 | 79 | 0 | 100 | 6000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 79 | 78 | 1 | 120 | 7200 | 0.00833 | 0.00278 |
| 78 | 78 | 0 | 140 | 8400 | 0.00000 | 0.00000 |
| 78 | 78 | 0 | 160 | 9600 | 0.00000 | 0.00000 |
| 78 | 78 | 0 | 180 | 10800 | 0.00000 | 0.00000 |
| 78 | 77 | 1 | 200 | 12000 | 0.00500 | 0.00169 |
| 77 | 77 | 0 | 220 | 13200 | 0.00000 | 0.00000 |
| 77 | 77 | 0 | 240 | 14400 | 0.00000 | 0.00000 |
| 77 | 77 | 0 | 260 | 15600 | 0.00000 | 0.00000 |

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 0.0035 cm/s





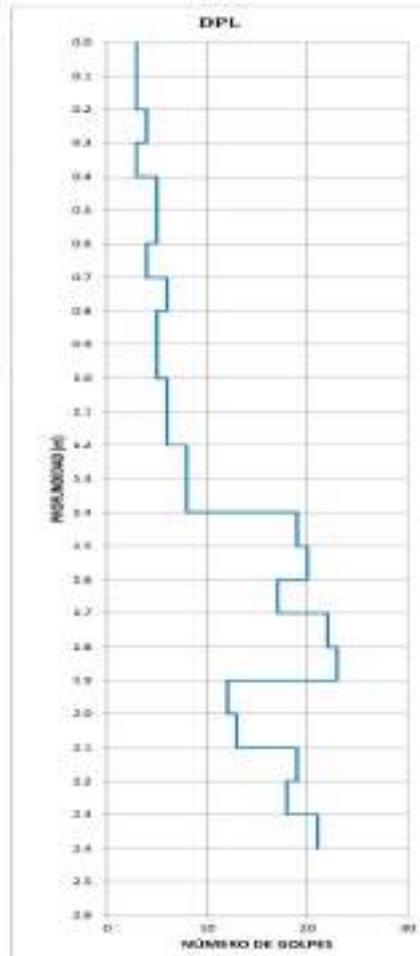
PROS CON SILVER S.C.R.L.
 - LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 - Urb. Simón Bolívar A-9 San Sebastián, Telf: 004 224709, Cel: 994 727749

INFORME 2205-3256-A
PEREONOMETRO INERCIOSO LIBRE (DPL)
 STD 330-100, Norma DIN 4084 y Norma ISTV/DP

RECUPERACIÓN DEL SERVIDOR ECOSISTEMAS DE REGULACIÓN HÍDRICA EN LAS PRECIPITACIONES DE TUCUCUABARA, LAMBANA, LLAMBITUALCO, TALKABARANA Y MIERREHUAYCO DE LA CUENCA MEDIO DEL APURÍMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARALIMBIANA, PAMPALTA, PUNTO Y OCHOYAPUNDO - PROVINCIA DE PARLINO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
 Proyecto: PUNTO Y OCHOYAPUNDO - PROVINCIA DE PARLINO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
 Ubicación: OYACHA-PARLINO-CUSCO
 Solicitud: Instituto de Manejo del Agua y Medio Ambiente - INMA
 Fecha: Lima, 4 de Mayo de 2022

Cálculo: C-1
 Profundidad: 3.50 m

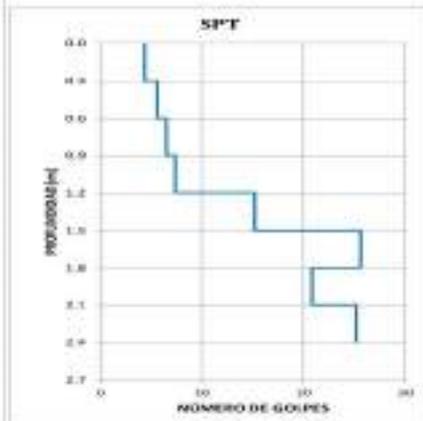
| DPL | |
|-----------------|---------------|
| PROFUNDIDAD (m) | NÚM DE GOLPES |
| 0.10 | 3 |
| 0.20 | 4 |
| 0.30 | 4 |
| 0.40 | 3 |
| 0.50 | 5 |
| 0.60 | 5 |
| 0.70 | 4 |
| 0.80 | 5 |
| 0.90 | 6 |
| 1.00 | 5 |
| 1.10 | 6 |
| 1.20 | 6 |
| 1.30 | 8 |
| 1.40 | 8 |
| 1.50 | 14 |
| 1.60 | 20 |
| 1.70 | 17 |
| 1.80 | 22 |
| 1.90 | 23 |
| 2.00 | 12 |
| 2.10 | 13 |
| 2.20 | 19 |
| 2.30 | 18 |
| 2.40 | 18 |
| 2.50 | 23 |



CORRELACIÓN ENTRE DPL Y SPT
 $N_{60} = N + W + A + K_{100} = A + E$
 $N_{60} = \frac{N_{DPL} + W_{DPL} + A_{DPL}}{A_{SPT} + K_{SPT}} = \frac{N_{DPL} + W_{DPL} + A_{DPL}}{A_{SPT} + K_{SPT}}$
 $N_{DPL} = N_{SPT} \cdot \frac{W_{DPL} + A_{DPL}}{A_{SPT} + K_{SPT}} + A_{DPL} - N_{SPT} \cdot \frac{W_{DPL} + A_{DPL}}{A_{SPT} + K_{SPT}}$

| Tipos Penetrómetros | DPL | SPT |
|--|-------|-------|
| Penetrómetro de 60 kg | 10.00 | 20.00 |
| Área de Cabeza 10 cm ² | 90.00 | 70.00 |
| Área de Placa 30 cm ² | 4.00 | 20.00 |
| Constante de Impacto 1 cm ² | 90.00 | 20.00 |

| P-01 | |
|-----------------|---------------|
| PROFUNDIDAD (m) | NÚM DE GOLPES |
| 0.10 | 4.33 |
| 0.20 | 5.64 |
| 0.30 | 6.95 |
| 0.40 | 7.96 |
| 0.50 | 13.10 |
| 0.60 | 15.62 |
| 0.70 | 16.93 |
| 0.80 | 18.18 |





PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

- Urb. Licenciados L-3 San Sebastián, Telf: 084-254730, Cel. Eitel: 984-727700

INFORME 2205 -3256 A

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

MTC E 108, Basado en la Norma ASTM D-2216

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Proyecto: **RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO**

Ubicación: **OMACHA-PARURO-CUSCO**

Solicita: **Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente - IMA**

Muestra: **Muestra in - situ**

Fecha: **lunes, 4 de Julio de 2022**

Calicata: **C-1**
Profundidad: **1.50 m**

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 |
|---------------------------------------|------------|------------|
| Peso de Capsula (gr) | 16.50 | 16.50 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 99.03 | 99.03 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 72.57 | 72.59 |
| Peso del Agua (gr) | 26.46 | 26.44 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 56.07 | 56.09 |
| Contenido de Humedad | 47.19% | 47.14% |



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 47.16%



PRO&CON SILVER S.C.R.L.
 - LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 Avenida Paredón 2-1, Tels: 884-254738, Cel: 984-021149, Oficio: 884-727788

INFORME 3205-3256 A
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 NTC E 307, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

Proyecto: RECUPERACION DEL SERVICIO ACOSTUMBRADO DE REGULACION HIBRIDA EN LAS MICROCUENCA DE TOCCDHUANCA, UANZAMA, LIANDORVALDE,
 Ubicación: OMBASHA PARIJAYO, CUSCO
 Solicita: Instituto de Manejo del Agua y Medio
 Muestra: P-01
 Fecha: lunes, 4 de julio de 2022

Código: C-1
 Profundidad: 1.20 m

| MATERIAL NO LAVADO | |
|-----------------------------------|-----------|
| Peso total de la muestra = | 808.28 gr |
| Peso de la fracción no lavada = | 0.00 gr |
| Peso de la fracción para lavado = | 808.28 gr |

| FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO | |
|--|-----------|
| Peso de la fracción antes del lavado = | 808.28 gr |
| Peso de la fracción después de lavar = | 562.51 gr |
| % de la fracción lavada = | 100.00% |

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (gr) | % RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA | CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA | % RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA | % RETENIDO CORREGIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|------------------------|---------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|----------------------|------------|
| 4" | 100 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 7" | 20 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 8.5" | 17.5 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 12" | 30 | 72.25 | 12.85% | 0.02% | 12.80% | 8.18% | 8.18% | 91.82% |
| 16.5" | 40 | 30.36 | 5.40% | 0.03% | 5.40% | 3.44% | 11.62% | 88.38% |
| 20" | 47.5 | 45.70 | 8.14% | 0.03% | 8.10% | 5.19% | 16.81% | 83.19% |
| Nº 4 | 4.75 | 83.58 | 11.18% | 0.02% | 11.05% | 7.12% | 23.93% | 76.07% |
| Nº 10 | 2 | 78.18 | 13.90% | 0.03% | 13.82% | 8.85% | 32.78% | 67.22% |
| Nº 20 | 0.850 | 57.80 | 10.00% | 0.03% | 9.90% | 6.50% | 39.28% | 60.72% |
| Nº 40 | 0.425 | 35.37 | 10.00% | 0.03% | 9.90% | 6.18% | 45.46% | 54.54% |
| Nº 60 | 0.250 | 11.84 | 2.79% | 0.02% | 2.70% | 4.96% | 50.42% | 49.58% |
| Nº 100 | 0.150 | 7.12 | 1.18% | 0.02% | 1.10% | 3.17% | 53.59% | 46.41% |
| Nº 200 | 0.075 | 28.27 | 4.07% | 0.00% | 4.00% | 2.37% | 55.96% | 44.04% |
| Gasas | - | 0.81 | 1.00% | 0.00% | 1.00% | 0.80% | 56.76% | 43.24% |
| Uso de | - | 321.05 | - | - | - | 35.00% | 100.00% | - |
| Gravimétrico en Lavado | - | 64.77 | 99.90% | 0.10% | 100.00% | 64.60% | - | - |
| Total | - | 808.28 | - | - | - | 100.00% | - | - |

Fracciones de Grava, Arena y Fines de la Muestra
 % de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 24.50%
 % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 29.02%
 % de Fines (Pasa Tamiz Nº 200) = 46.48%
 Total = 100.00%

Fracción Grava
 % de grava = 58.01%
 % de arena = 41.99%
 Total = 100.00%





INFORME 2205-3250.A

MTC E 110, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

RECUPERACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE REGULACIÓN HÍDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURÍMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO YANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO
 Solicita: Instituto de Gestión de Agua y Medio Ambiente - IMA
 Muestra: P-01
 Fecha: lunes, 4 de julio de 2022

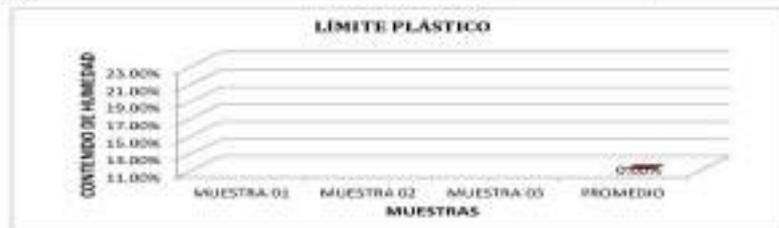
Calicata: C-1
 Profundidad: 1.00 m

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|-------------|------------|------------|------------|
| Numero de Golpes | N.P. | | | |
| Peso de Capsula (gr) | | | | |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | | | | |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | | | | |
| Peso del Agua (gr) | | | | |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | | | | |
| Contenido de Humedad | | | | |



LÍMITE PLÁSTICO
 MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 |
|---------------------------------------|-------------|------------|------------|
| Peso de Capsula (gr) | N.P. | | |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | | | |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | | | |
| Peso del Agua (gr) | | | |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | | | |
| Contenido de Humedad | | | |



LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA
 LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA
 ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PLÁSTICO



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Licenciados L-3 San Sebastián, Telf: 084-254730, Cel. Entel: 984-727700

INFORME 2205 -3256 A

DENSIDAD EN CAMPO POR EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA

MTC E 117 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1556 y AASHTO T-191.

Proyecto: RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TALICABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicita: Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente - IMA
Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Calicata: C-1
Profundidad: 1.50 m

| DATOS DE LA ARENA | |
|---|--|
| Tipo de Arena utilizada: Machupicchu | |
| Peso Unitario de la Arena (gr/cm ³) = 1.50 gr/cm ³ | |

| DATOS DEL ENSAYO | |
|---|---------|
| Número de Cono | 2 |
| Peso del Frasco + Cono antes de usarlo (gr) | 7051.00 |
| Peso del Frasco + Cono después de usarlo (gr) | 3222.00 |
| Peso del Suelo Húmedo (gr) | 2332.00 |
| Peso de la Arena Utilizada, hueco + cono (gr) | 3829.00 |
| Peso de la Arena en el Cono (gr) | 1802.93 |
| Peso de la Arena en el Hueco (gr) | 2026.07 |
| Volumen del Hueco (cm ³) | 1346.75 |
| Densidad Natural Húmeda (gr/cm ³) | 1.73 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|---------------------------------------|--------|
| Peso de Capsula (gr) | 16.50 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 99.03 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 72.57 |
| Peso del Agua (gr) | 26.46 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 56.07 |
| Contenido de Humedad | 47.19% |

DENSIDAD NATURAL HUMEDA = 1.73 gr/cm³

DENSIDAD NATURAL SECA = 1.18 gr/cm³



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Llacmichas L-3 San Sebastián, Telf: 084-254730, Cel. Entel: 994-927790

INFORME 2205 -3256 A

CORTE DIRECTO

MTC E 123, Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236

Proyecto: RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TIOCOHUANCA, LIANCA

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicitante: Instituto de Manejo de Agua y Medio

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Calicata: C-1

Profundidad: 1.50 m

| DIMENSIONES DE LA MUESTRA | | DENSIDAD DE LA MUESTRA | |
|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Dímetro = | 50.85 mm | Peso = | 74.52 gr |
| Altura h_0 = | 21.50 mm | Peso Unitario húmedo = | 1.71 gr/cm ³ |
| Área = 20.31 cm ² | | Contenido de Humedad = 47.16% | |
| Volumen = | 43.66 cm ³ | Peso Unitario seco = | 1.16 gr/cm ³ |

Velocidad de Deformación Horizontal = 0.50 mm/mín

| DEFORMÍMETRO DE LONGITUD DE CORTE | LECTURA DE CARGA HORIZONTAL | | | FUERZA DE CORTE HORIZONTAL | | | ÁREA CORREGIDA A' | ESFUERZO CORTANTE τ | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|----------------------|------------------------|------|------|
| | M-01 | M-02 | M-03 | M-01 | M-02 | M-03 | | M-01 | M-02 | M-03 |
| | N | | | kg | | | | kg/cm ² | | |
| 0.20 | 24.8 | 54.2 | 83.2 | 2.53 | 5.53 | 8.48 | 20.21 | 0.12 | 0.27 | 0.42 |
| 0.40 | 35.4 | 76.8 | 132.4 | 3.61 | 7.81 | 13.50 | 20.10 | 0.18 | 0.38 | 0.66 |
| 0.60 | 42.0 | 89.0 | 164.4 | 4.28 | 9.08 | 16.76 | 20.00 | 0.21 | 0.45 | 0.83 |
| 0.80 | 48.8 | 99.0 | 187.4 | 4.98 | 10.10 | 19.11 | 19.90 | 0.25 | 0.50 | 0.94 |
| 1.00 | 53.6 | 116.0 | 202.4 | 5.47 | 11.83 | 20.64 | 19.80 | 0.27 | 0.58 | 1.02 |
| 1.50 | 68.6 | 138.0 | 226.2 | 7.00 | 14.07 | 23.07 | 19.55 | 0.34 | 0.69 | 1.14 |
| 2.00 | 77.6 | 141.2 | 243.2 | 7.91 | 14.40 | 24.80 | 19.29 | 0.39 | 0.71 | 1.22 |
| 2.50 | 81.6 | 135.6 | 256.2 | 8.32 | 13.83 | 26.13 | 19.04 | 0.41 | 0.68 | 1.29 |
| 3.00 | 81.0 | 135.0 | 265.8 | 8.28 | 13.77 | 27.10 | 18.78 | 0.41 | 0.68 | 1.33 |
| 3.50 | 75.4 | 129.6 | 273.0 | 7.69 | 13.22 | 27.84 | 18.53 | 0.38 | 0.65 | 1.37 |
| 4.00 | 71.0 | 129.4 | 281.2 | 7.24 | 13.20 | 28.67 | 18.28 | 0.36 | 0.65 | 1.41 |
| 4.50 | 71.6 | 127.0 | 286.4 | 7.30 | 12.95 | 29.20 | 18.02 | 0.36 | 0.64 | 1.44 |
| 5.00 | 69.6 | 129.0 | 287.8 | 7.10 | 13.15 | 29.35 | 17.77 | 0.35 | 0.65 | 1.45 |
| 5.50 | 69.6 | 126.8 | 289.8 | 7.10 | 12.93 | 29.55 | 17.52 | 0.35 | 0.64 | 1.46 |
| 6.00 | 69.2 | 127.0 | 290.8 | 7.06 | 12.95 | 29.65 | 17.26 | 0.35 | 0.64 | 1.46 |
| 6.50 | 67.8 | 125.0 | 291.0 | 6.91 | 12.75 | 29.67 | 17.01 | 0.34 | 0.63 | 1.46 |
| 7.00 | 67.4 | 124.2 | 289.8 | 6.87 | 12.66 | 29.55 | 16.76 | 0.34 | 0.62 | 1.46 |
| 7.50 | 65.8 | 121.4 | 287.2 | 6.81 | 12.38 | 29.29 | 16.51 | 0.34 | 0.61 | 1.44 |
| 8.00 | 64.4 | 120.4 | 284.6 | 6.57 | 12.28 | 29.02 | 16.26 | 0.32 | 0.60 | 1.43 |
| 8.50 | 65.4 | 120.0 | 288.8 | 6.77 | 12.24 | 29.45 | 16.01 | 0.33 | 0.60 | 1.45 |
| 9.00 | 67.2 | 119.0 | 292.6 | 6.85 | 12.13 | 29.84 | 15.76 | 0.34 | 0.60 | 1.47 |
| 9.50 | 67.8 | 117.8 | 290.4 | 6.91 | 12.01 | 29.61 | 15.51 | 0.34 | 0.59 | 1.46 |
| 10.00 | 64.2 | 115.2 | 292.2 | 6.55 | 11.75 | 29.80 | 15.26 | 0.32 | 0.58 | 1.47 |



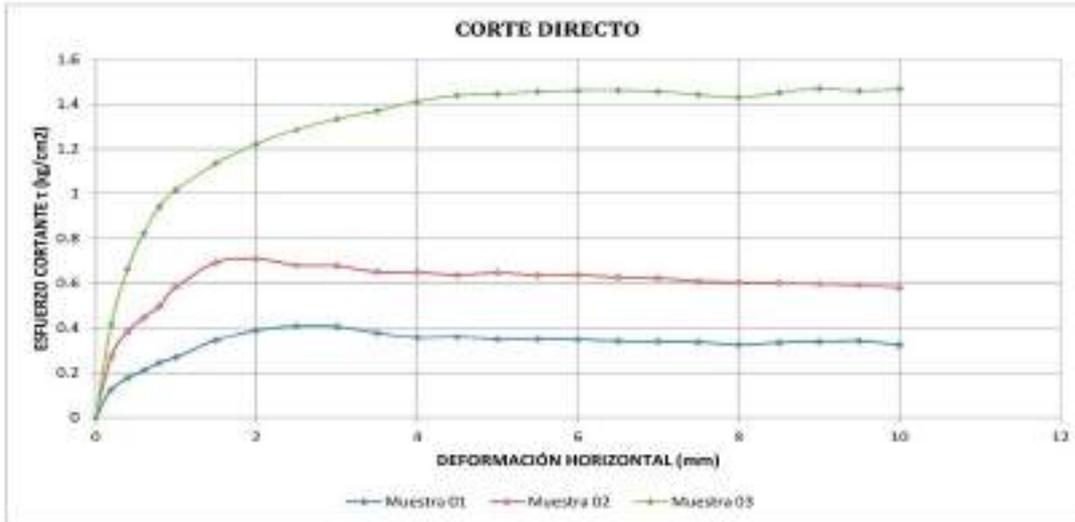
PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
 - Urb. Lincecristales L-2 San Sebastián, Telf: 084-254730, Cel. Bate: 984-727790

INFORME 2205-3256 A
CORTE DIRECTO

MTC E 123, Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236

Proyecto: RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCA
 Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO
 Solicita: Instituto de Manejo de Agua y Medio
 Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022
 Calicata: C-1
 Profundidad: 1.50 m



| Muestras | M-01 | M-02 | M-03 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| Carga Vertical (kg) | 0.00 | 20.00 | 32.00 |
| Área en Corte (cm ²) | 29.04 | 29.29 | 35.76 |
| σ _v (kg/cm ²) | 0.42 | 0.68 | 2.03 |
| τ (kg/cm ²) | 0.41 | 0.71 | 1.47 |

| PARAMETROS EFECTIVOS O NO DRENADOS |
|--|
| Cohesión = 0.1 kg/cm ² |
| Ángulo de fricción interna = 33° 00' 24" |



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
- 309, Universidad L-1 2do. Semestre, Toluca, 404-054709, Cel. 3348-308-727799

RECUPERACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE REGULACIÓN HÍDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCÁ, LIANCAMA, ELANDIMILLO, TALCARAMBA Y MISERAHUYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURÍMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y AYTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicitante: Instituto de Mando de Agua y Saneamiento Básico - IMA
Fecha: lunes, 4 de julio de 2022

Catena: C14
Profundidad: 1.50 m

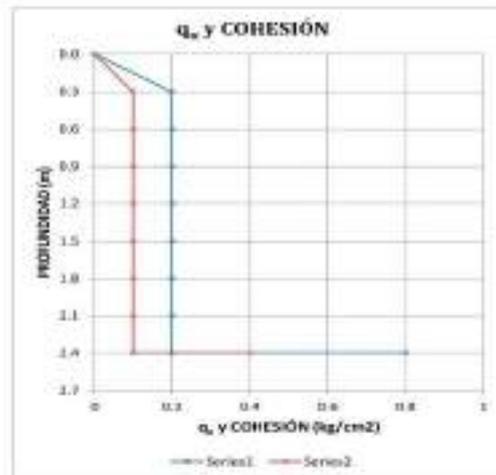
CORRELACIONES DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)

NO Presenta Nivel Probable

| ESTRATO | | PROFUNDIDAD | | CLASIFICACIÓN |
|-----------|--------------|-------------|-----------|---------------|
| NÚMERO | ESPESES (cm) | INICIAL (m) | FINAL (m) | SUCS |
| Estrato 1 | 0.25 | 0.00 | 0.25 | OL |
| Estrato 2 | 1.25 | 0.25 | 1.50 | SM |

Profundidad de investigación alcanzada en campo: 1.50 m

| PROFUNDIDAD (m) | NÚMERO DE GOLPES EN SPT Noempe | ESFUERZO TOTAL DEL SUELO (kg/cm ²) | ESFUERZO EFECTIVO DEL SUELO (kg/cm ²) | FACTOR DE CORRECCIÓN POR PROFUNDIDAD C _d | NÚMERO DE GOLPES EN SPT CORREGIDO N _{60cor} | ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE q _c (kg/cm ²) | COHESIÓN c (kg/cm ²) |
|-----------------|--------------------------------|--|---|---|--|--------------------------------|---|----------------------------------|
| 0.30 | 4.54 | 0.06 | 0.06 | 1.00 | 4.54 | 2° 39' 46" | 0.2 | 0.1 |
| 0.60 | 5.64 | 0.10 | 0.07 | 1.00 | 5.64 | 13° 40' 04" | 0.2 | 0.1 |
| 0.90 | 6.52 | 0.15 | 0.10 | 1.00 | 6.52 | 13° 43' 04" | 0.2 | 0.1 |
| 1.20 | 7.38 | 0.20 | 0.14 | 1.00 | 7.38 | 18° 30' 50" | 0.2 | 0.1 |
| 1.50 | 11.19 | 0.26 | 0.17 | 1.00 | 11.19 | 28° 46' 26" | 0.2 | 0.1 |
| 1.80 | 25.61 | 0.31 | 0.21 | 1.00 | 25.61 | 28° 46' 58" | 0.2 | 0.1 |
| 2.10 | 20.84 | 0.30 | 0.24 | 1.00 | 20.84 | 28° 47' 00" | 0.2 | 0.1 |
| 2.40 | 25.18 | 0.41 | 0.28 | 1.57 | 39.43 | 28° 40' 24" | 0.2 | 0.1 |





PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
 - Urb. Licenciados 1-3 San Sebastián, Telef. 084-254730, Cel. Etef. 984-727700

RECUPERACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE REGULACIÓN HÍDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURÍMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMÁCHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Proyecto:
 Ubicación: OMÁCHA-PARURO-CUSCO
 Solicita: Instituto de Manejo de
 Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022
 Calicata: C-1
 Profundidad: 1.50 m

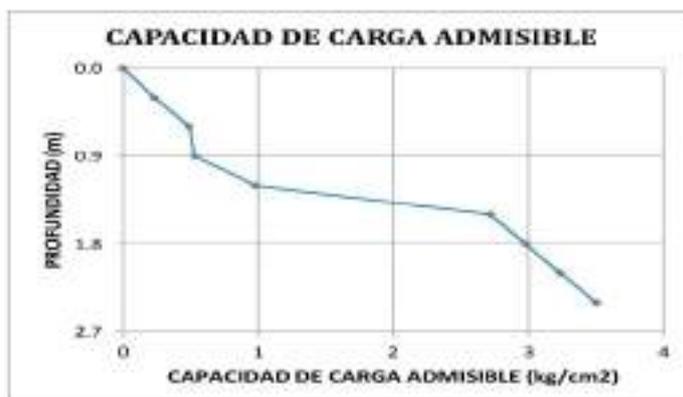
CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN TERZAGHI

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

$$q = \gamma \cdot D_f$$

B= 1.00 m F.S. = 3
 L= 3.00 m

| D _f (m) | c (kg/cm ²) | γ (gr/cm ³) | q (kg/cm ²) | N _c | N _q | N _γ | q _{ult} (kg/cm ²) | q _a (kg/cm ²) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|--|--------------------------------------|
| 0.30 | 0.10 | 1.70 | 0.05 | 6.43 | 1.54 | 0.43 | 0.71 | 0.24 |
| 0.60 | 0.10 | 1.70 | 0.10 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 1.47 | 0.49 |
| 0.90 | 0.10 | 1.70 | 0.15 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 1.59 | 0.53 |
| 1.20 | 0.10 | 1.70 | 0.20 | 14.52 | 6.19 | 5.14 | 2.95 | 0.98 |
| 1.50 | 0.10 | 1.70 | 0.26 | 27.37 | 16.02 | 18.69 | 8.16 | 2.72 |
| 1.80 | 0.10 | 1.70 | 0.31 | 27.39 | 16.05 | 18.73 | 8.94 | 2.98 |
| 2.10 | 0.10 | 1.70 | 0.36 | 27.40 | 16.05 | 18.74 | 9.71 | 3.24 |
| 2.40 | 0.10 | 1.70 | 0.41 | 27.48 | 16.12 | 18.85 | 10.52 | 3.51 |





PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Uta, Tacacsambo 1-3 San Sebastián, Telf: 094-254770, Cel: Exter: 994-727700

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE REGULACIÓN HÍDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAJCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURÍMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Proyecto:
Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO
Solicitante: Instituto de Manejo de Agua y
Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Categoría: C-1
Profundidad: 1.50 m

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN MEYERHOFF

$$q_{cu} = c + N_c + F_{ys} + F_{cs} + F_{cl} + q + N_q + F_{qs} + F_{qs} + F_{qs} + 0.5 \cdot B \cdot \gamma + N_\gamma + F_{\gamma s} + F_{\gamma s} + F_{\gamma s}$$

Ángulo de inclinación de la carga con respecto a la Vertical:

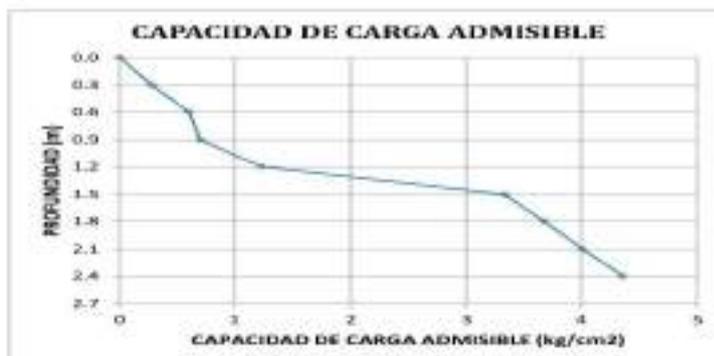
0° 00' 00"

B= 1.00 m
L= 3.00 m

F_o = 1

| D _s (m) | F _{cs} | F _{qs} | F _{ys} | F _{cl} | F _{qs} | F _{qs} | F _{cl} | F _{qs} | F _{qs} |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0.30 | 1.08 | 1.03 | 0.87 | 1.12 | 1.04 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.60 | 1.11 | 1.08 | 0.87 | 1.24 | 1.17 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.90 | 1.11 | 1.08 | 0.87 | 1.36 | 1.26 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.20 | 1.14 | 1.12 | 0.87 | 1.49 | 1.38 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.50 | 1.20 | 1.18 | 0.87 | 1.59 | 1.49 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.80 | 1.26 | 1.18 | 0.87 | 1.64 | 1.51 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.10 | 1.30 | 1.18 | 0.87 | 1.65 | 1.53 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.40 | 1.30 | 1.18 | 0.87 | 1.67 | 1.55 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| D _s (m) | D _s /B | c (kg/cm ²) | γ (gr/cm ³) | q (kg/cm ²) | N _c | N _q | N _γ | q _u (kg/cm ²) | q _a (kg/cm ²) |
|--------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 0.30 | 0.30 | 0.10 | 1.70 | 0.05 | 6.43 | 1.54 | 0.43 | 8.64 | 0.28 |
| 0.60 | 0.60 | 0.10 | 1.70 | 0.07 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 13.81 | 0.80 |
| 0.90 | 0.90 | 0.10 | 1.70 | 0.10 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 13.81 | 0.80 |
| 1.20 | 1.20 | 0.10 | 1.70 | 0.14 | 14.52 | 6.19 | 3.14 | 19.70 | 1.23 |
| 1.50 | 1.50 | 0.10 | 1.70 | 0.17 | 27.37 | 10.02 | 3.80 | 31.00 | 1.83 |
| 1.80 | 1.80 | 0.10 | 1.70 | 0.21 | 27.39 | 10.00 | 3.79 | 31.00 | 1.83 |
| 2.10 | 2.10 | 0.10 | 1.70 | 0.24 | 27.40 | 10.00 | 3.79 | 31.00 | 1.83 |
| 2.40 | 2.40 | 0.10 | 1.70 | 0.28 | 27.48 | 10.12 | 3.85 | 31.07 | 1.86 |





PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Luchobambas L-7 San Sebastián, Teléfono: 094-254770, fax: 094-227700

Proyecto: RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCORUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLI, TAUCASAMBA Y MISKARUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINDHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO
 Solista: Instituto de Manejo de Agua y
 Fecha: lunes, 4 de julio de 2022

Calletera: C-3
 Profundidad: 1.50 m.

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN VESIC

$$q_{ult} = c + N_c + F_{cs} + F_{cd} + F_{ct} + F_{cu} + q + N_q + F_{qs} + F_{qd} + F_{qt} + F_{qu} + 0.5 + M + \gamma + N_p + F_{ps} + F_{pd} + F_{pt} + F_{pu}$$

Angulo de inclinación de la carga con respecto a la Vertical:

0° 00' 00"

B= 1.00 m
 L= 3.00 m

P.S. = 3

| D _v (m) | F _{cs} | F _{cd} | F _{ct} | F _{cu} | F _{qs} | F _{qd} | F _{qt} | F _{qu} | F _{ps} | F _{pd} | F _{pt} | F _{pu} |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0.30 | 1.09 | 1.09 | 0.87 | 1.12 | 1.04 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.60 | 1.11 | 1.08 | 0.87 | 1.24 | 1.17 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.90 | 1.11 | 1.08 | 0.87 | 1.36 | 1.26 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.20 | 1.14 | 1.12 | 0.87 | 1.35 | 1.28 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.50 | 1.20 | 1.18 | 0.87 | 1.39 | 1.29 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.80 | 1.20 | 1.18 | 0.87 | 1.43 | 1.31 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.10 | 1.20 | 1.18 | 0.87 | 1.45 | 1.33 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.40 | 1.20 | 1.18 | 0.87 | 1.47 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| D _v (m) | c (kg/cm ²) | γ (gr/cm ³) | q (kg/cm ²) | N _c | N _q | N _γ | q _{cs} (kg/cm ²) | q _{cu} (kg/cm ²) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 0.30 | 0.10 | 1.70 | 0.05 | 6.43 | 1.54 | 0.43 | 0.65 | 0.28 |
| 0.60 | 0.10 | 1.70 | 0.07 | 10.23 | 3.50 | 2.30 | 1.81 | 0.60 |
| 0.90 | 0.10 | 1.70 | 0.10 | 10.23 | 3.90 | 2.20 | 2.50 | 0.70 |
| 1.20 | 0.10 | 1.70 | 0.14 | 14.53 | 6.18 | 3.14 | 3.70 | 1.21 |
| 1.50 | 0.10 | 1.70 | 0.17 | 27.37 | 16.02 | 18.69 | 10.00 | 3.33 |
| 1.80 | 0.10 | 1.70 | 0.21 | 27.39 | 16.05 | 18.73 | 11.03 | 3.88 |
| 2.10 | 0.10 | 1.70 | 0.24 | 27.40 | 16.05 | 18.74 | 12.03 | 4.01 |
| 2.40 | 0.10 | 1.70 | 0.28 | 27.48 | 16.12 | 18.85 | 13.07 | 4.35 |





PRO&CON SILVER S.C.R.L.
 - LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
 - OTU, Lincehuasi 1-2 Sur, SMOYALTA, TEL: 994-254770, TEL. BURO: 994-727799

PROYECTO: MICROELENCAS DE TOCOPHUASANDA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYUCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y AYTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO
 Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO
 Solicita: Instituto de Manejo de Agua y Medio
 Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022
 Calicata: C-1
 Profundidad: 1,50 m

ASENTAMIENTO INMEDIATO

ASENTAMIENTO EN EL CENTRO DE LA ZAPATA

$$S = 2 \cdot q_u \cdot B \cdot \frac{1 - \mu^2}{E} \cdot N$$

B= 1,00 m
 L= 2,00 m

D_z= 2,40 m

ASENTAMIENTO EN LAS ESQUINAS DE LA ZAPATA

$$S = q_u \cdot B \cdot \frac{1 - \mu^2}{E} \cdot N$$

El valor más crítico es el Asentamiento en el Centro

| D _z (m) | Ncampo | q _u (kg/cm ²) | | | | μ | E (kg/cm ²) | N |
|-----------------------|--------|--------------------------------------|----------|----------|-------|------|----------------------------|------|
| | | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic | | | |
| 0.30 | 4.34 | - | 0.24 | 0.28 | 0.28 | 0.25 | 96.71 | 0.88 |
| 0.60 | 5.64 | - | 0.39 | 0.60 | 0.60 | 0.25 | 103.22 | 0.88 |
| 0.90 | 6.51 | - | 0.53 | 0.70 | 0.70 | 0.25 | 107.56 | 0.88 |
| 1.20 | 7.35 | - | 0.59 | 1.23 | 1.23 | 0.25 | 111.89 | 0.88 |
| 1.50 | 13.19 | - | 2.72 | 4.44 | 4.44 | 0.25 | 150.97 | 0.88 |
| 1.80 | 25.61 | - | 2.88 | 3.68 | 3.68 | 0.25 | 203.07 | 0.88 |
| 2.10 | 20.24 | - | 3.24 | 4.03 | 4.03 | 0.25 | 179.19 | 0.88 |
| 2.40 | 23.14 | - | 3.51 | 4.36 | 4.36 | 0.25 | 200.90 | 0.88 |

| D _z (m) | ASENTAMIENTOS EN EL CENTRO DE LA ZAPATA (cm) | | | | | | | |
|-----------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Skempton | | Terzaghi | | Meyerhof | | Vesic | |
| | Calculado | Corregido | Calculado | Corregido | Calculado | Corregido | Calculado | Corregido |
| 0.30 | - | - | 0.30 | 0.30 | 0.68 | 0.68 | 0.48 | 0.48 |
| 0.60 | - | - | 0.78 | 0.78 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |
| 0.90 | - | - | 0.81 | 0.81 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.09 |
| 1.20 | - | - | 1.45 | 1.45 | 1.82 | 1.82 | 1.82 | 1.82 |
| 1.50 | - | - | 2.97 | 1.70 | 3.64 | 1.70 | 3.64 | 1.70 |
| 1.80 | - | - | 2.42 | 1.70 | 2.99 | 1.70 | 2.99 | 1.70 |
| 2.10 | - | - | 2.98 | 1.70 | 3.69 | 1.70 | 3.69 | 1.70 |
| 2.40 | - | - | 2.85 | 1.70 | 3.58 | 1.70 | 3.58 | 1.70 |

| S _{lim} (cm) | ASENTAMIENTOS MÁXIMOS CALCULADOS | | | |
|--------------------------|----------------------------------|----------|----------|-------|
| | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic |
| | - | 2.98 | 3.69 | 3.69 |

S_{lim} = 3.69 cm < 2.54 cm - MAL

Los asentamientos superan los límites permisibles, por lo que se debe realizar correcciones en la Capacidad de Carga Admisible, Reduciendo el Asentamiento

| S _{lim} (cm) | ASENTAMIENTOS MÁXIMOS CORREGIDOS | | | |
|--------------------------|----------------------------------|----------|----------|-------|
| | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic |
| | - | 1.70 | 1.82 | 1.82 |

S_{lim} = 1.82 cm < 2.54 cm - OK!



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Licenciados L-3 San Sebastián, Telf: 084-254730, Cel. Entel: 984-727700

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO

Proyecto: DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicita: Instituto de Manejo de Agua y Medio

Calicata: C-1

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Profundidad: 1.50 m

CORRECCIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO

CAPACIDAD ADMISIBLE PARA ASENTAMIENTO = 2.54 cm

B= 1.00 m

L= 3.00 m

D_r= 2.40 m

$$q_a = \frac{S \cdot E}{2 \cdot B \cdot (1 - \mu^2) \cdot N}$$

| D _r (m) | q _a Calculados (kg/cm ²) | | | | q _a Corregidos (kg/cm ²) | | | |
|-----------------------|---|----------|----------|-------|---|----------|----------|-------|
| | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic |
| 0.30 | - | 0.24 | 0.28 | 0.28 | - | 0.24 | 0.28 | 0.28 |
| 0.60 | - | 0.49 | 0.60 | 0.60 | - | 0.49 | 0.60 | 0.60 |
| 0.90 | - | 0.53 | 0.70 | 0.70 | - | 0.53 | 0.70 | 0.70 |
| 1.20 | - | 0.98 | 1.23 | 1.23 | - | 0.98 | 1.23 | 1.23 |
| 1.50 | - | 2.72 | 3.33 | 3.33 | - | 1.56 | 1.56 | 1.56 |
| 1.80 | - | 2.98 | 3.68 | 3.68 | - | 2.09 | 2.09 | 2.09 |
| 2.10 | - | 3.24 | 4.01 | 4.01 | - | 1.85 | 1.85 | 1.85 |
| 2.40 | - | 3.51 | 4.36 | 4.36 | - | 2.07 | 2.07 | 2.07 |



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Licenciados L-3 San Sebastián, Telf: 084-254730, Cel. Entel: 984-727700

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS
MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y

Proyecto: MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE
PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA -
DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicita: Instituto de Manejo de Agua y

Calicata: C-1

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Profundidad: 1.50 m

RESUMEN DE RESULTADOS

ZAPATA 1.0 m. X 3.0 m.

| | | q _s (kg/cm ²) | | | q _s Mínima (kg/cm ²) |
|-----------------------|------|--------------------------------------|----------|-------|--|
| | | Terzaghi | Meyerhof | Vesic | |
| D _f (m) | 0.30 | 0.24 | 0.28 | 0.28 | 0.24 |
| | 0.60 | 0.49 | 0.60 | 0.60 | 0.49 |
| | 0.90 | 0.53 | 0.70 | 0.70 | 0.53 |
| | 1.20 | 0.98 | 1.23 | 1.23 | 0.98 |
| | 1.50 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 |
| | 1.80 | 2.09 | 2.09 | 2.09 | 2.09 |
| | 2.10 | 1.85 | 1.85 | 1.85 | 1.85 |
| | 2.40 | 2.07 | 2.07 | 2.07 | 2.07 |



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Licenciados 1-3 San Sebastián. Telf: 084-254730, Cel. Entel: 984-727700

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y

Proyecto: MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicita: Instituto de Manejo de

Fecha: Lunes, 4 de Julio de 2022

Calicata: C-1

Profundidad: 1.50 m

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN TERZAGHI

$$q_{cu} = c + N_c + q + N_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma + N_\gamma$$

$$q = \gamma \cdot D_f$$

B= 1.00 m

F.S. = 3

L= 4.00 m

| D _f (m) | c (kg/cm ²) | γ (gr/cm ³) | q (kg/cm ²) | N _c | N _q | N _γ | q _{cu} (kg/cm ²) | q _a (kg/cm ²) |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|--|---|
| 0.30 | 0.10 | 1.70 | 0.05 | 6.43 | 1.54 | 0.43 | 0.71 | 0.24 |
| 0.60 | 0.10 | 1.70 | 0.10 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 1.47 | 0.49 |
| 0.90 | 0.10 | 1.70 | 0.15 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 1.59 | 0.53 |
| 1.20 | 0.10 | 1.70 | 0.20 | 14.52 | 6.19 | 5.14 | 2.95 | 0.98 |
| 1.50 | 0.10 | 1.70 | 0.26 | 27.37 | 16.02 | 18.69 | 8.16 | 2.72 |
| 1.80 | 0.10 | 1.70 | 0.31 | 27.39 | 16.05 | 18.73 | 8.94 | 2.98 |
| 2.10 | 0.10 | 1.70 | 0.36 | 27.40 | 16.05 | 18.74 | 9.71 | 3.24 |
| 2.40 | 0.10 | 1.70 | 0.41 | 27.48 | 16.12 | 18.85 | 10.52 | 3.51 |





PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Dpto. Lláncas L-3 San Sebastián, Telf 084-254720, Cel. Estadi: 984-727700

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Proyecto:

Ubicación: OMACHA-PARURO-CLISCO

Solicita: Instituto de Manejo de Agua y

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Calicata: C-1

Profundidad: 1.50 m

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN MEYERHOF

$$q_{cu} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_y \cdot F_{ys} \cdot F_{yd} + F_{ci} \cdot F_{qi} + F_{yl} \cdot F_{yl}$$

Ángulo de inclinación de la Carga con respecto a la Vertical:

0° 00' 00"

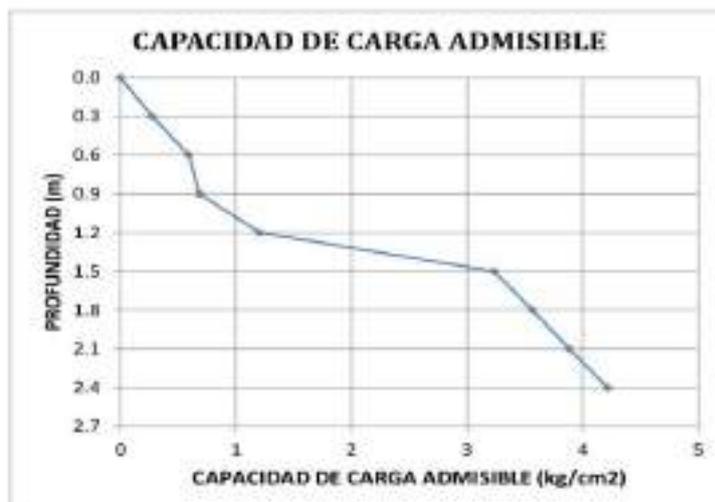
B= 1.00 m

F.S. = 3

L= 4.00 m

| D _i (m) | F _{cs} | F _{qs} | F _{ys} | F _{cd} | F _{qd} | F _{yd} | F _{ci} | F _{qi} | F _{yl} |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0.30 | 1.06 | 1.02 | 0.90 | 1.12 | 1.04 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.60 | 1.09 | 1.06 | 0.90 | 1.24 | 1.17 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.90 | 1.09 | 1.06 | 0.90 | 1.36 | 1.26 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.20 | 1.11 | 1.09 | 0.90 | 1.35 | 1.28 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.50 | 1.15 | 1.14 | 0.90 | 1.39 | 1.29 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.80 | 1.15 | 1.14 | 0.90 | 1.43 | 1.31 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.10 | 1.15 | 1.14 | 0.90 | 1.45 | 1.33 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.40 | 1.15 | 1.14 | 0.90 | 1.47 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| D _i (m) | D _i /B | c (kg/cm ²) | γ (gr/cm ³) | q (kg/cm ²) | N _c | N _q | N _y | q _{cu} (kg/cm ²) | q _a (kg/cm ²) |
|--------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 0.30 | 0.30 | 0.10 | 1.70 | 0.05 | 6.43 | 1.54 | 0.43 | 0.81 | 0.28 |
| 0.60 | 0.60 | 0.10 | 1.70 | 0.07 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 1.78 | 0.59 |
| 0.90 | 0.90 | 0.10 | 1.70 | 0.10 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 2.06 | 0.69 |
| 1.20 | 1.20 | 0.10 | 1.70 | 0.14 | 14.52 | 6.19 | 5.14 | 3.62 | 1.21 |
| 1.50 | 1.50 | 0.10 | 1.70 | 0.17 | 27.37 | 18.02 | 18.69 | 8.70 | 3.23 |
| 1.80 | 1.80 | 0.10 | 1.70 | 0.21 | 27.39 | 16.05 | 18.73 | 10.60 | 3.56 |
| 2.10 | 2.10 | 0.10 | 1.70 | 0.24 | 27.40 | 16.05 | 18.74 | 11.65 | 3.88 |
| 2.40 | 2.40 | 0.10 | 1.70 | 0.28 | 27.48 | 16.12 | 18.85 | 12.65 | 4.22 |





PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Licenciados L-3 San Sebastián, Telf: 084-254730, Cel. Bani: 984-727700

Proyecto: RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMILLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicitante: Instituto de Manejo de Agua y

Fecha: Lunes, 4 de Julio de 2022

Calicote: C-1
Profundidad: 1.50 m

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN VESIC

$$q_{cu} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{cc} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qc} + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_y \cdot F_{ys} \cdot F_{yd} \cdot F_{yc}$$

Ángulo de inclinación de la Carga
con respecto a la Vertical: 0° 00' 00"

B= 1.00 m
L= 4.00 m

F.S. = 3

| D _v (m) | F _{cs} | F _{qs} | F _{ys} | F _{cd} | F _{qd} | F _{yd} | F _{ci} = F _{qi} | F _{yi} | F _{cc} | F _{qc} = F _{yc} |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| 0.30 | 1.06 | 1.02 | 0.90 | 1.12 | 1.04 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.60 | 1.09 | 1.06 | 0.90 | 1.24 | 1.17 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.90 | 1.09 | 1.06 | 0.90 | 1.36 | 1.26 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.20 | 1.11 | 1.09 | 0.90 | 1.35 | 1.28 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.50 | 1.15 | 1.14 | 0.90 | 1.39 | 1.29 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.80 | 1.15 | 1.14 | 0.90 | 1.43 | 1.31 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.10 | 1.15 | 1.14 | 0.90 | 1.45 | 1.33 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.40 | 1.15 | 1.14 | 0.90 | 1.47 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| D _v (m) | c (kg/cm ²) | γ (gr/cm ³) | q (kg/cm ²) | N _c | N _q | N _y | q _{cs} (kg/cm ²) | q _{cs} (kg/cm ²) |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|--|--|
| 0.30 | 0.10 | 1.70 | 0.05 | 6.43 | 1.54 | 0.43 | 0.83 | 0.28 |
| 0.60 | 0.10 | 1.70 | 0.07 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 1.78 | 0.59 |
| 0.90 | 0.10 | 1.70 | 0.10 | 10.23 | 3.50 | 2.20 | 2.06 | 0.69 |
| 1.20 | 0.10 | 1.70 | 0.14 | 14.52 | 6.19 | 5.14 | 3.62 | 1.21 |
| 1.50 | 0.10 | 1.70 | 0.17 | 27.37 | 16.02 | 18.69 | 9.70 | 3.23 |
| 1.80 | 0.10 | 1.70 | 0.21 | 27.39 | 16.05 | 18.73 | 10.89 | 3.56 |
| 2.10 | 0.10 | 1.70 | 0.24 | 27.40 | 16.05 | 18.74 | 11.65 | 3.88 |
| 2.40 | 0.10 | 1.70 | 0.28 | 27.48 | 16.12 | 18.85 | 12.65 | 4.22 |





PRO&CON SILVER S.C.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

Urb. Licenciados L-3 San Sebastián, Tel: 084-254730, Cel. Ext: 904-727700

RELATÓRICO DEL SERVICIO: EJECUCIÓN DE REDUCCIÓN DE NIVEL EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCORUANCA, LLANCAMÁ, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y

Proyecto: MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicita: Instituto de Manejo de Agua y Medio

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Calcula: C-1

Profundidad: 1.50 m

ASENTAMIENTO INMEDIATO

ASENTAMIENTO EN EL CENTRO DE LA ZAPATA

B= 1.00 m

L= 4.00 m

$$S = 2 \cdot q_u \cdot B \cdot \frac{1 - \mu^2}{E} \cdot N$$

D= 2.00 m

ASENTAMIENTO EN LAS ESQUINAS DE LA ZAPATA

El valor más crítico es el Asentamiento en el Centro

$$S = q_u \cdot B \cdot \frac{1 - \mu^2}{E} \cdot N$$

| D _i (m) | q _u (kg/cm ²) | | | | | μ | E (kg/cm ²) | N |
|-----------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|-------|------|----------------------------|------|
| | Ncampo | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic | | | |
| 0.30 | 4.34 | - | 0.24 | 0.28 | 0.28 | 0.25 | 96.71 | 0.95 |
| 0.60 | 5.64 | - | 0.49 | 0.59 | 0.59 | 0.25 | 103.22 | 0.95 |
| 0.90 | 6.51 | - | 0.53 | 0.69 | 0.69 | 0.25 | 107.56 | 0.95 |
| 1.20 | 7.38 | - | 0.98 | 1.21 | 1.21 | 0.25 | 111.90 | 0.95 |
| 1.50 | 15.19 | - | 2.72 | 3.23 | 3.23 | 0.25 | 150.97 | 0.95 |
| 1.80 | 23.61 | - | 2.98 | 3.50 | 3.56 | 0.25 | 203.07 | 0.95 |
| 2.10 | 20.84 | - | 3.24 | 3.88 | 3.88 | 0.25 | 179.19 | 0.95 |
| 2.40 | 25.18 | - | 3.51 | 4.22 | 4.22 | 0.25 | 200.90 | 0.95 |

| D _i (m) | ASENTAMIENTOS EN EL CENTRO DE LA ZAPATA (cm) | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Skempton | | Terzaghi | | Meyerhof | | Vesic | | | |
| | Calculado | Corregido | Calculado | Corregido | Calculado | Corregido | Calculado | Corregido | Calculado | Corregido |
| 0.30 | - | - | 0.43 | 0.43 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 |
| 0.60 | - | - | 0.84 | 0.84 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.02 |
| 0.90 | - | - | 0.88 | 0.88 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 |
| 1.20 | - | - | 1.56 | 1.56 | 1.92 | 1.92 | 1.92 | 1.92 | 1.92 | 1.92 |
| 1.50 | - | - | 3.21 | 1.70 | 3.82 | 1.70 | 3.82 | 1.70 | 3.82 | 1.70 |
| 1.80 | - | - | 2.61 | 1.70 | 3.13 | 1.70 | 3.13 | 1.70 | 3.13 | 1.70 |
| 2.10 | - | - | 3.22 | 1.70 | 3.86 | 1.70 | 3.86 | 1.70 | 3.86 | 1.70 |
| 2.40 | - | - | 3.11 | 1.70 | 3.74 | 1.70 | 3.74 | 1.70 | 3.74 | 1.70 |

| S _{max} (cm) | ASENTAMIENTOS MÁXIMOS CALCULADOS | | | |
|--------------------------|----------------------------------|----------|----------|-------|
| | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic |
| | - | 3.22 | 3.86 | 3.86 |

$$S_{max} = 3.86 \text{ cm} \leq 2.54 \text{ cm} \text{ MAL}$$

Los asentamientos superan los límites permisibles, por lo que se debe realizar correcciones en la Capacidad de Carga Admisible, Reduciendo el Asentamiento

| S _{max} (cm) | ASENTAMIENTOS MÁXIMOS CORREGIDOS | | | |
|--------------------------|----------------------------------|----------|----------|-------|
| | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic |
| | - | 1.70 | 1.92 | 1.92 |

$$S_{max} = 1.92 \text{ cm} \leq 2.54 \text{ cm} \text{ OK!}$$



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Licenciados L-3 San Sebastián, Telf: 084-254730, Cel. Entel: 984-727700

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA - DEPARTAMENTO

Proyecto: DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicita: Instituto de Manejo de Agua y Medio

Calicata: C-1

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

Profundidad: 1.50 m

CORRECCIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO

CAPACIDAD ADMISIBLE PARA ASENTAMIENTO = 2.54 cm

B= 1.00 m

L= 4.00 m

$$q_a = \frac{S * E}{2 * B * (1 - \mu^2) * N}$$

D_f= 2.40 m

| D _f (m) | q _a Calculados (kg/cm ²) | | | | q _a Corregidos (kg/cm ²) | | | |
|-----------------------|---|----------|----------|-------|---|----------|----------|-------|
| | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic | Skempton | Terzaghi | Meyerhof | Vesic |
| 0.30 | - | 0.24 | 0.28 | 0.28 | - | 0.24 | 0.28 | 0.28 |
| 0.60 | - | 0.49 | 0.59 | 0.59 | - | 0.49 | 0.59 | 0.59 |
| 0.90 | - | 0.53 | 0.69 | 0.69 | - | 0.53 | 0.69 | 0.69 |
| 1.20 | - | 0.98 | 1.21 | 1.21 | - | 0.98 | 1.21 | 1.21 |
| 1.50 | - | 2.72 | 3.23 | 3.23 | - | 1.44 | 1.44 | 1.44 |
| 1.80 | - | 2.98 | 3.56 | 3.56 | - | 1.94 | 1.94 | 1.94 |
| 2.10 | - | 3.24 | 3.88 | 3.88 | - | 1.71 | 1.71 | 1.71 |
| 2.40 | - | 3.51 | 4.22 | 4.22 | - | 1.92 | 1.92 | 1.92 |



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. Licenciados L-3 San Sebastián, Telf: 084-254730, Cel. Entel: 984-727700

RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE REGULACION HIDRICA EN LAS
MICROCUENCAS DE TOCCOHUANCA, LLANCAMA, LLANQUIMALLO, TAUCABAMBA Y

Proyecto: MISKAHUAYCCO DE LA CUENCA MEDIA DEL APURIMAC - EN LOS DISTRITOS DE
PARURO, OMACHA, PILLPINTO Y CHINCHAYPUJIO - PROVINCIA DE PARURO Y ANTA -
DEPARTAMENTO DE CUSCO

Ubicación: OMACHA-PARURO-CUSCO

Solicita: Instituto de Manejo de Agua y

Calicata: C-1

Fecha: lunes, 4 de Julio de 2022

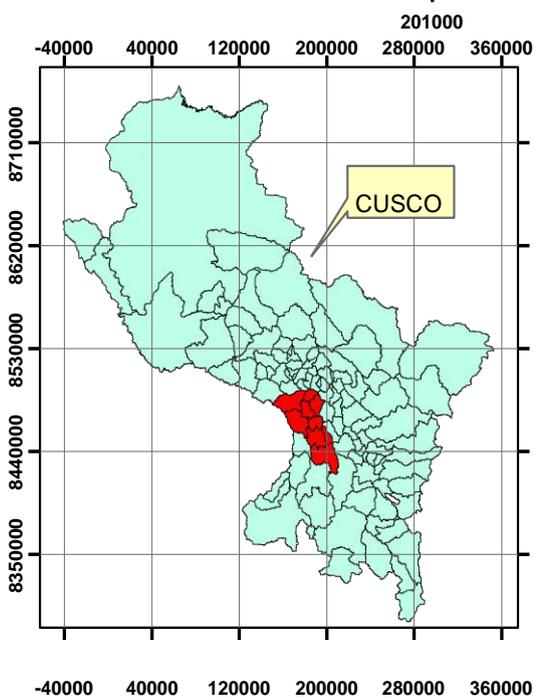
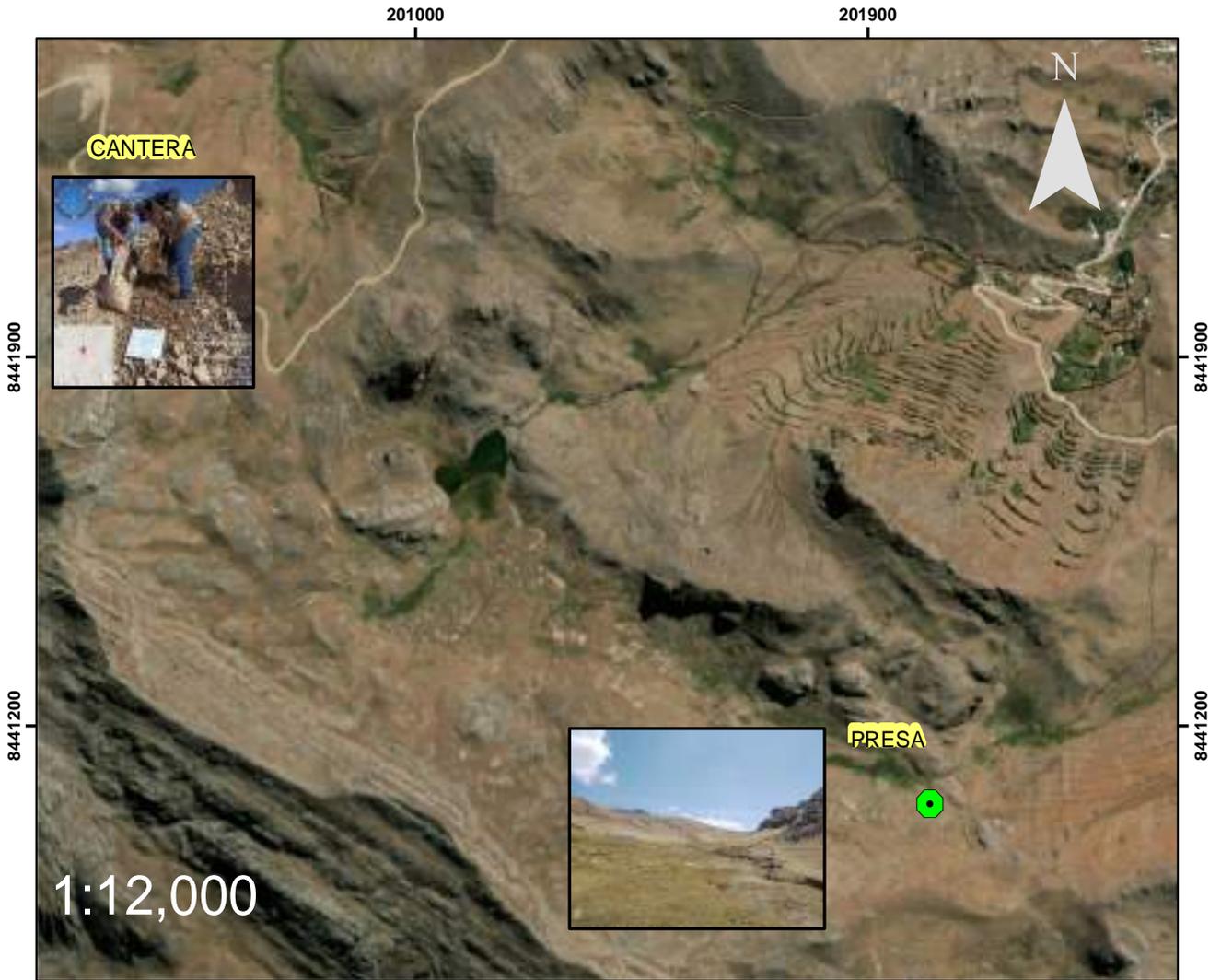
Profundidad: 1.50 m

RESUMEN DE RESULTADOS

ZAPATA 1.0 m. X 4.0 m.

| | | q _s (kg/cm ²) | | | q _s Mínima (kg/cm ²) |
|-----------------------|------|--------------------------------------|----------|-------|--|
| | | Terzaghi | Meyerhof | Vesic | |
| D _f (m) | 0.30 | 0.24 | 0.28 | 0.28 | 0.24 |
| | 0.60 | 0.49 | 0.59 | 0.59 | 0.49 |
| | 0.90 | 0.53 | 0.69 | 0.69 | 0.53 |
| | 1.20 | 0.98 | 1.21 | 1.21 | 0.98 |
| | 1.50 | 1.44 | 1.44 | 1.44 | 1.44 |
| | 1.80 | 1.94 | 1.94 | 1.94 | 1.94 |
| | 2.10 | 1.71 | 1.71 | 1.71 | 1.71 |
| | 2.40 | 1.92 | 1.92 | 1.92 | 1.92 |

MAPA DE UBICACION DE LA PRESA

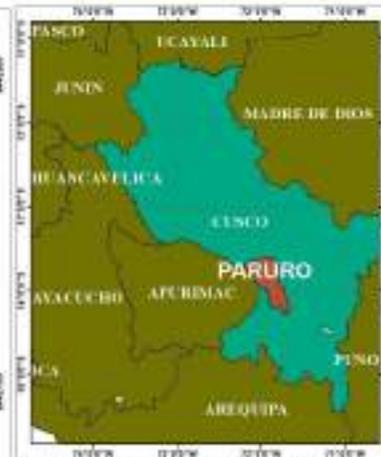


LEYENDA

- presa
- CANTERA

| | | |
|---|--|---------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO | | |
| TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHACOYOCAMPA DE LA CUENCA LLANCAMA DEL DISTRITO DE OMACHA, PROVINCIA DE PARURO DEPARTAMENTO DEL CUSCO" | | |
| FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | | |
| MAPA DE UBICACION | | |
| PROVINCIA: PARURO | DISTRITO: OMACHA | DEPARTAMENTO: CUSCO |
| PROYECCION: UTM | DATUM: WGS86 | ZONA: 19S |
| ESCALA: INDICADA | ALUMNOS: DIAZ TAFUR JIMMY VALER ROMERO JONATHAN | |

MAPA DE UBICACION DEL VS CHACOYOCPAMPA



LEYENDA

- VS CHACOYOCPAMPA
- POBLACION

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAO DEL CUSCO

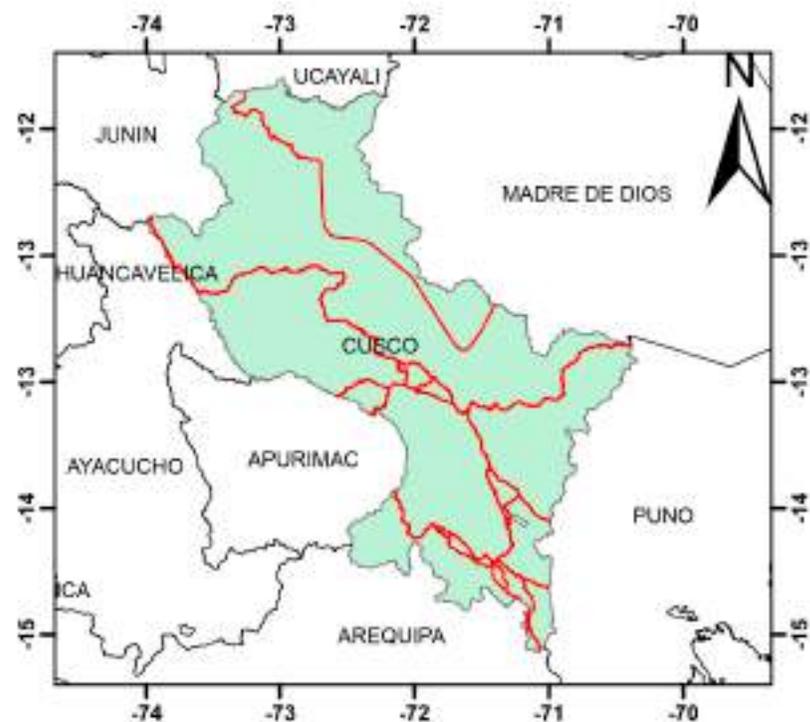
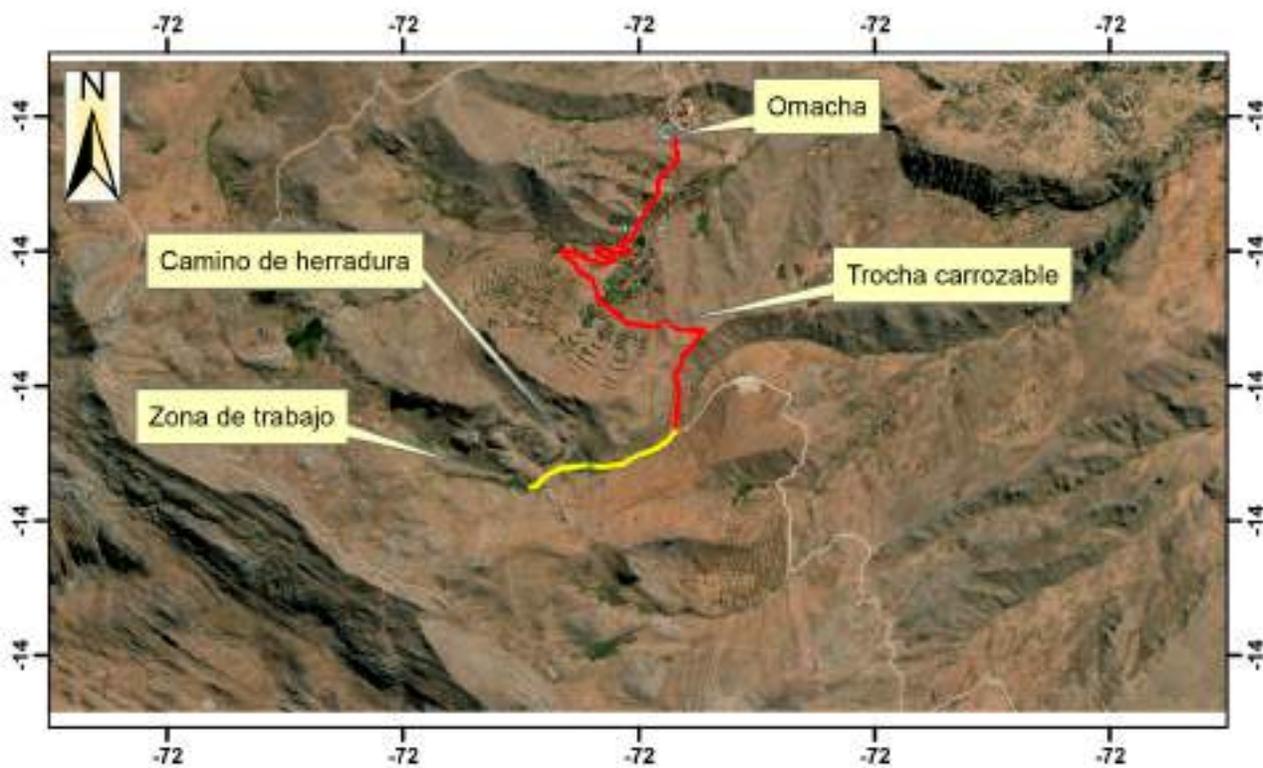
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TITULO: PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y SERVICIO TECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE CARRERA VS CHACOYOCPAMPA DE LA ZONA SIERRA SUR DEL DISTRITO DE OMASACA, PROVINCIA DE PARURO, DEPARTAMENTO DEL CUSCO

UBICACION POLITICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

| | | |
|-------------------------|-----------------------|---|
| DEPARTAMENTO (D): CUSCO | PROVINCIA (P): PARURO | DISTRITO (D): OMASACA |
| PROVINCIA: UTM | SISTEMA: UTM 18 | ZONA: 18 |
| ESCALA: 1:5000 | FECHA: 04/2023 | ELABORADO: DNY PAPERIMMY VALER ROBERTO SANCHEZ |

MAPA DE ACCESIBILIDAD




UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO


FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGIA
ESUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHAC OYOCAMPAMPA DE LA CUENCA LLANCAMA DEL DISTRITO DE OMACHA, PROVINCIA DE PARURO, DEPARTAMENTO DEL CUSCO

MAPA DE ACCESIBILIDAD

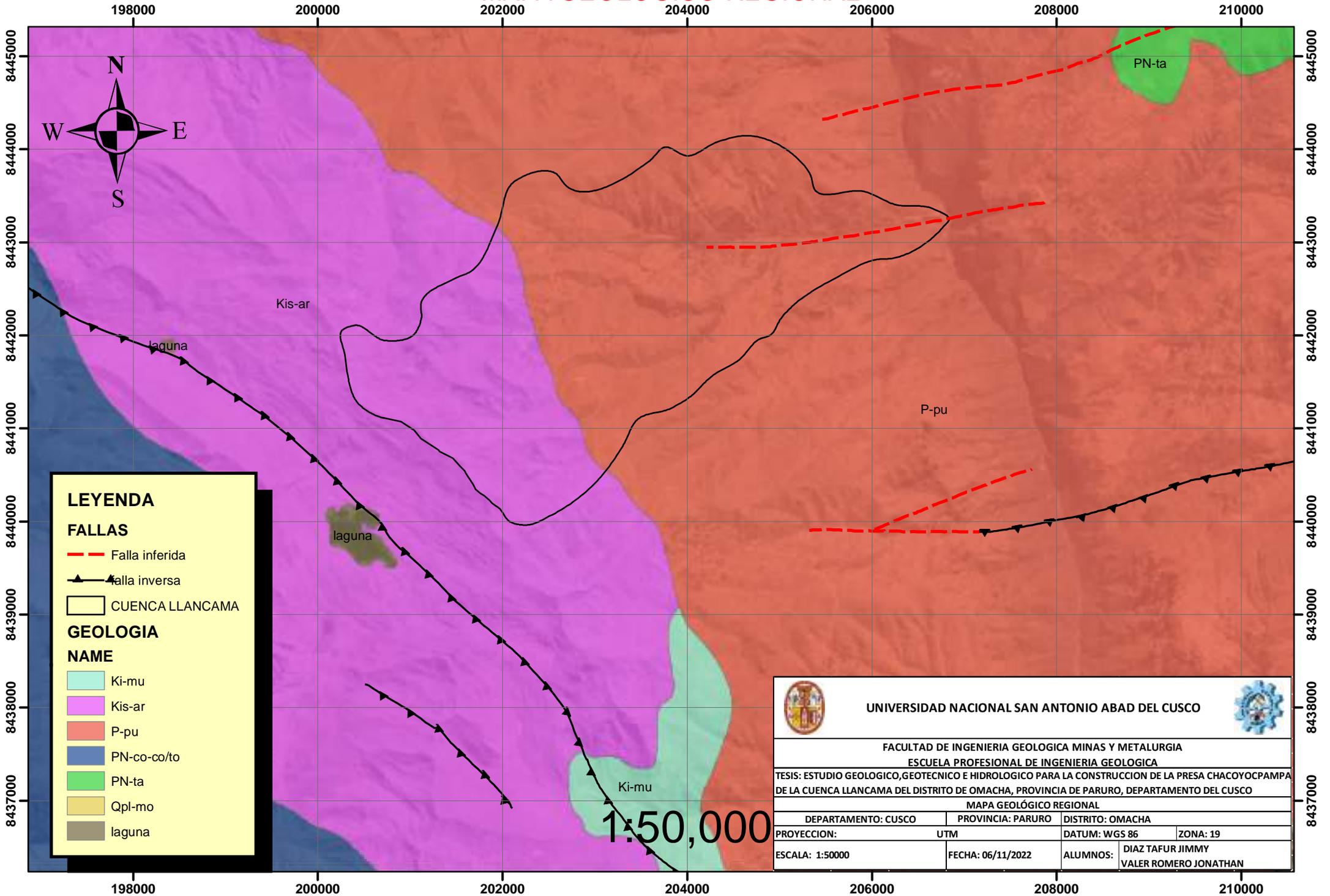
| | | |
|---------------------|-------------------|--|
| DEPARTAMENTO: CUSCO | PROVINCIA: PARURO | DISTRITO: OMACHA |
| PROYECCION: UTM | DATUM: WGS 88 | ZONA: 18 |
| ESCALA: INDICADA | FECHA: 06/11/2022 | ALUMNOS: DIAZ TAFUR JIMMY VALER ROMERO JONATHAN |

LEYENDA

-  Camino de herradura
-  Trocha carrozable
-  RED VIAL NACIONAL



MAPA GEOLÓGICO REGIONAL



LEYENDA

FALLAS

- Falla inferida
- ▲ Falla inversa
- CUENCA LLANCAMA

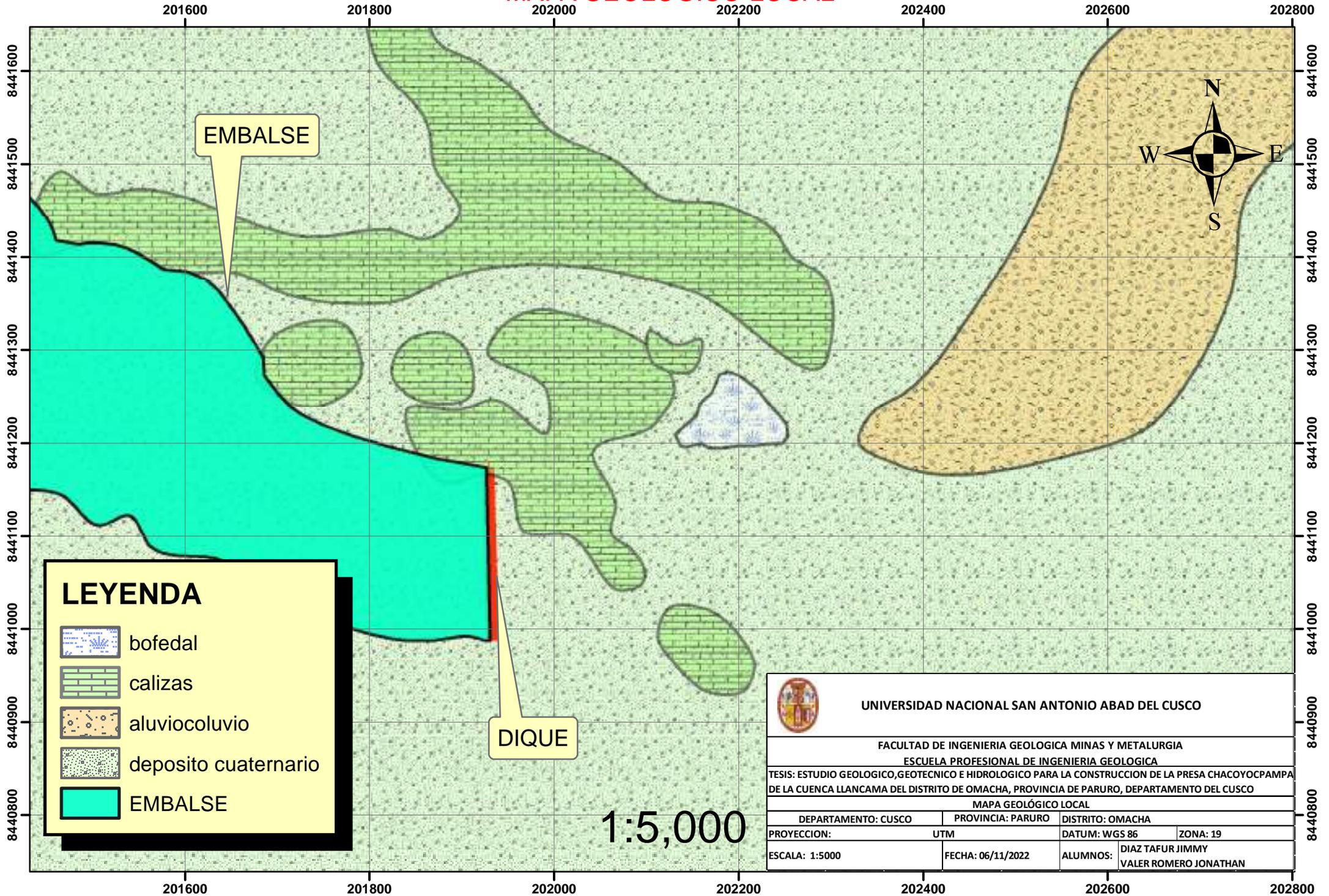
GEOLOGIA

NAME

- Ki-mu
- Kis-ar
- P-pu
- PN-co-co/to
- PN-ta
- Qpl-mo
- laguna

| | | | |
|--|-------------------|---------------------------|-----------------------|
|  UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  | | | |
| FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | | | |
| TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHACOYOCAMPAMA DE LA CUENCA LLANCAMA DEL DISTRITO DE OMACHA, PROVINCIA DE PARURO, DEPARTAMENTO DEL CUSCO | | | |
| MAPA GEOLÓGICO REGIONAL | | | |
| DEPARTAMENTO: CUSCO | PROVINCIA: PARURO | DISTRITO: OMACHA | |
| PROYECCION: UTM | DATUM: WGS 86 | ZONA: 19 | |
| ESCALA: 1:50000 | FECHA: 06/11/2022 | ALUMNOS: DIAZ TAFUR JIMMY | VALER ROMERO JONATHAN |

MAPA GEOLÓGICO LOCAL



LEYENDA

-  bofedal
-  calizas
-  aluviocoluvio
-  deposito cuaternario
-  EMBALSE



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGIA

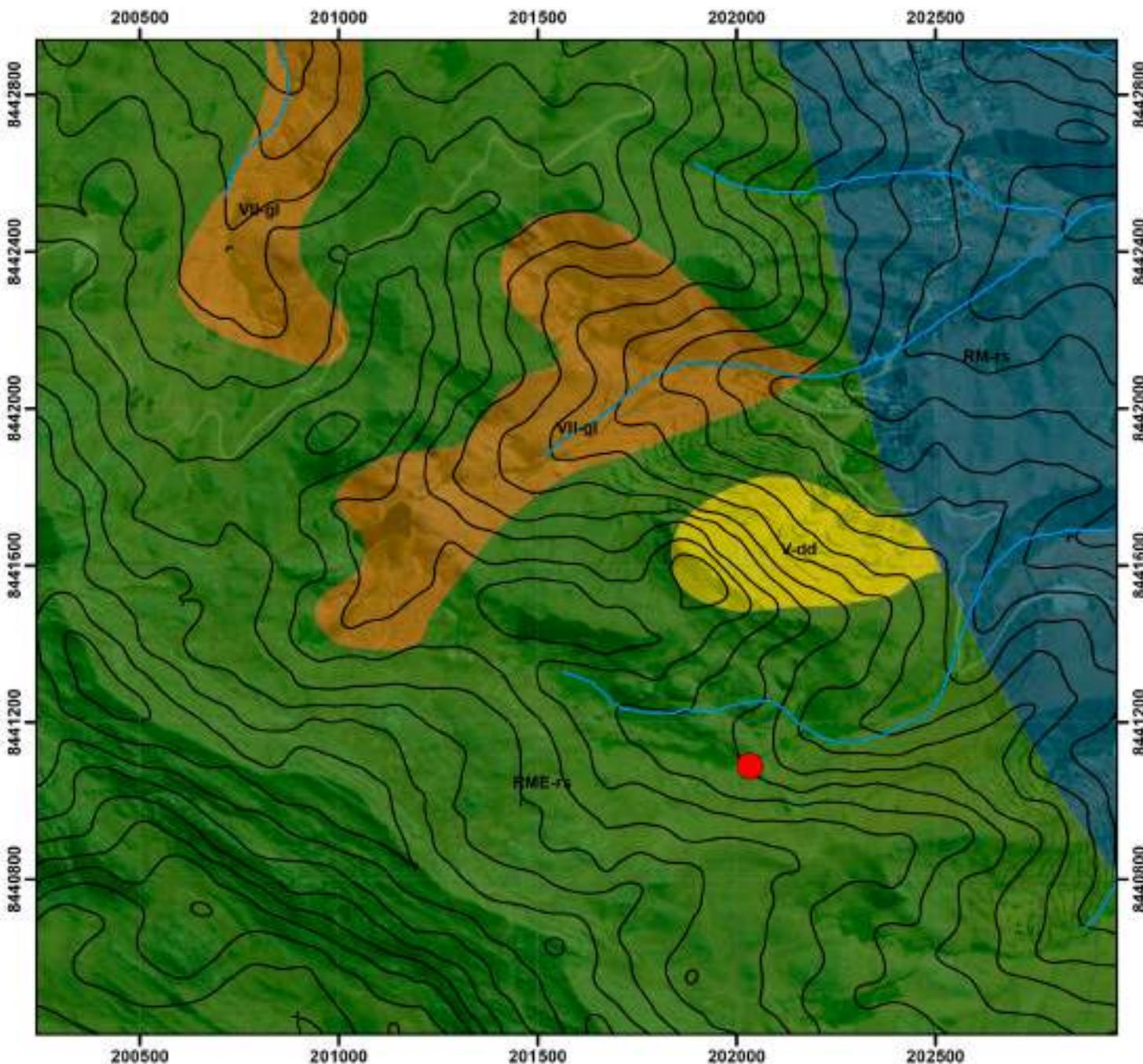
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHACOYOC PAMPA DE LA CUENCA LLANCAMA DEL DISTRITO DE OMACHA, PROVINCIA DE PARURO, DEPARTAMENTO DEL CUSCO

MAPA GEOLÓGICO LOCAL

| | | | |
|---------------------|-------------------|------------------|---|
| DEPARTAMENTO: CUSCO | PROVINCIA: PARURO | DISTRITO: OMACHA | |
| PROYECCION: UTM | DATUM: WGS 86 | ZONA: 19 | |
| ESCALA: 1:5000 | FECHA: 06/11/2022 | ALUMNOS: | DIAZ TAFUR JIMMY VALER ROMERO JONATHAN |

MAPA GEOMORFOLÓGICO REGIONAL DEL VASO CHACOYOCPAMPA I



UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

| | | |
|---|--------|--|
|  | RM-rs | Montaña en Roca Sedimentaria |
|  | RME-rs | Montaña Estructural en Roca Sedimentaria |
|  | V-dd | Vertiente con Depósito de Deslizamiento |
|  | VII-gl | Valle Glaciar |

SIMBOLOGÍA

| | |
|---|----------------------|
|  | Drenaje |
|  | Curvas de Nivel |
|  | Vaso Chacoyocpampa I |



ESCALA: 1:15,000



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

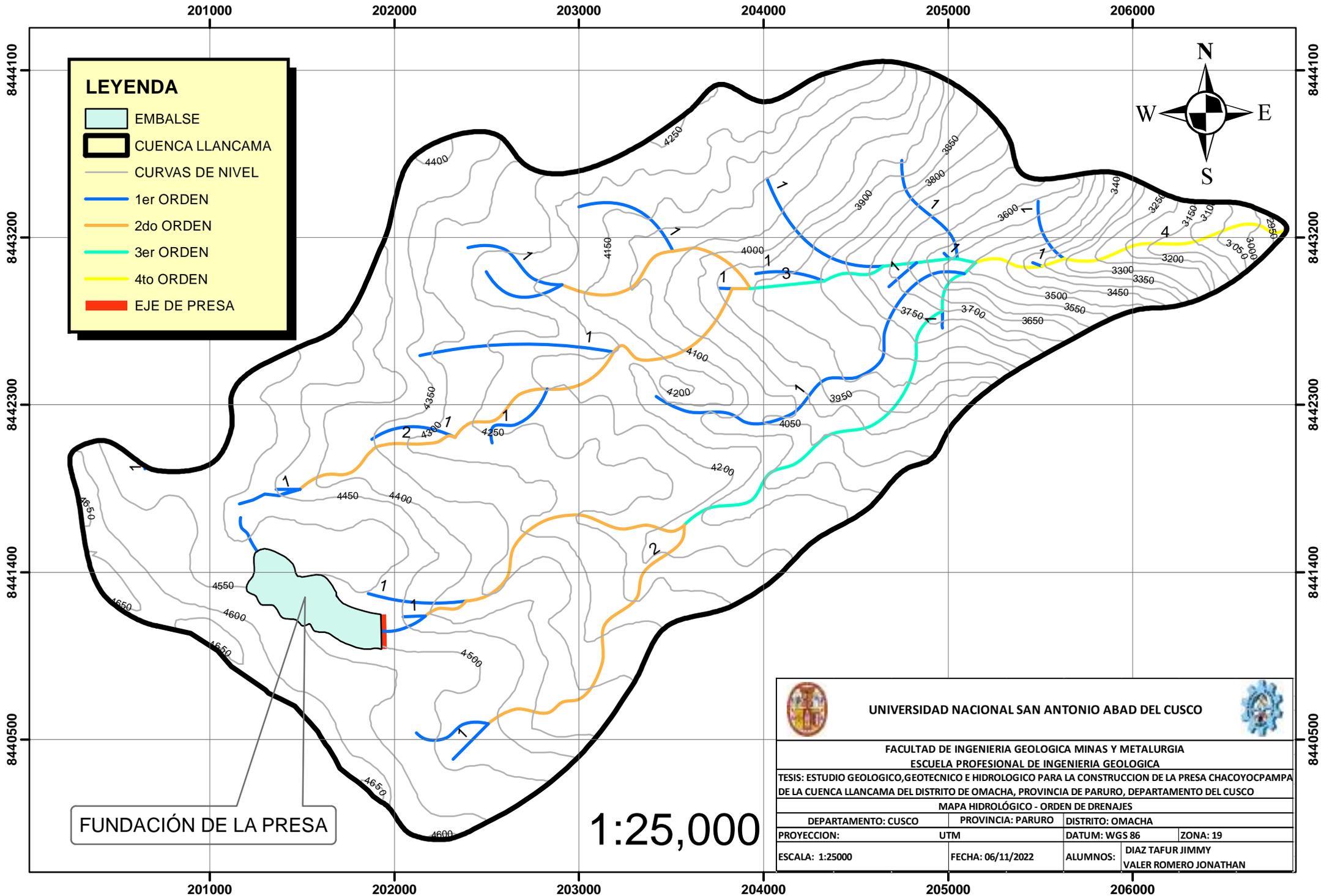


FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHACOYOCPAMPA DE LA CUENCA LANCAAMA DEL DISTRITO DE OMACHA, PROVINCIA DE PARURO, DEPARTAMENTO DEL CUSCO

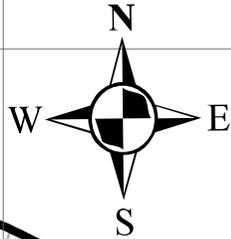
| | | | |
|---------------------|-------------------|------------------|--|
| MAPA GEOMORFOLOGICO | | | |
| DEPARTAMENTO: CUSCO | PROVINCIA: PARURO | DISTRITO: OMACHA | |
| PROYECCION: UTM | ZAFURA: WGS 84 | ZONA: 18 | |
| ESCALA: 1:15000 | FECHA: 06/15/2021 | ALUMNOS: | DAZ TAYLOR ENRY VALER ROMERO JONATHAN |

PLANO HIDROLÓGICO - ORDEN DE DRENAJES



LEYENDA

- EMBALSE
- CUENCA LLANCAMA
- CURVAS DE NIVEL
- 1er ORDEN
- 2do ORDEN
- 3er ORDEN
- 4to ORDEN
- EJE DE PRESA

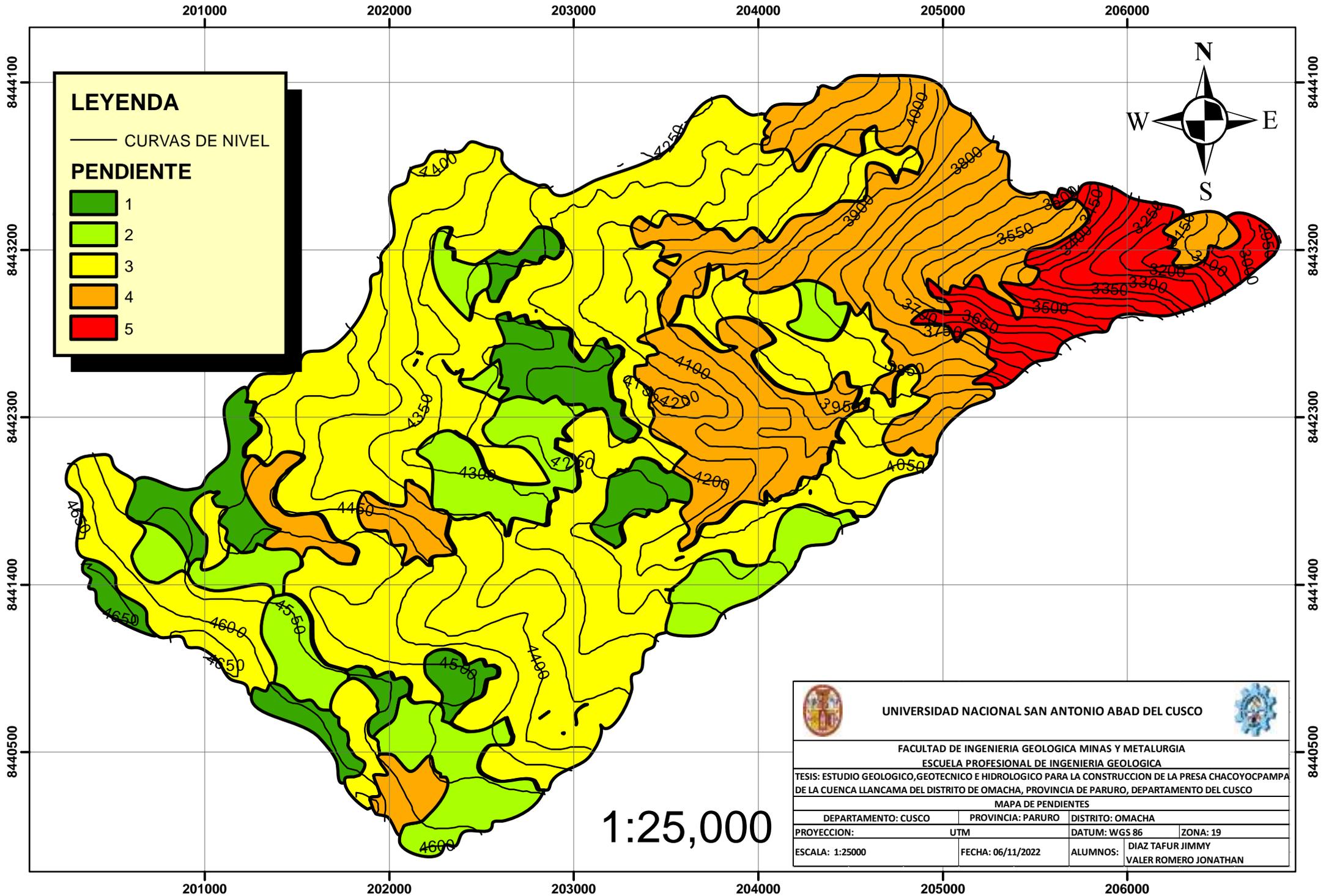


FUNDACIÓN DE LA PRESA

1:25,000

| | | | |
|---|-------------------|---------------------------|-----------------------|
| | | | |
| UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO | | | |
| FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGIA | | | |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | | | |
| TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHACOYOCAMPAMPA DE LA CUENCA LLANCAMA DEL DISTRITO DE OMACHA, PROVINCIA DE PARURO, DEPARTAMENTO DEL CUSCO | | | |
| MAPA HIDROLÓGICO - ORDEN DE DRENAJES | | | |
| DEPARTAMENTO: CUSCO | PROVINCIA: PARURO | DISTRITO: OMACHA | |
| PROYECCION: UTM | DATUM: WGS 86 | ZONA: 19 | |
| ESCALA: 1:25000 | FECHA: 06/11/2022 | ALUMNOS: DIAZ TAFUR JIMMY | VALER ROMERO JONATHAN |

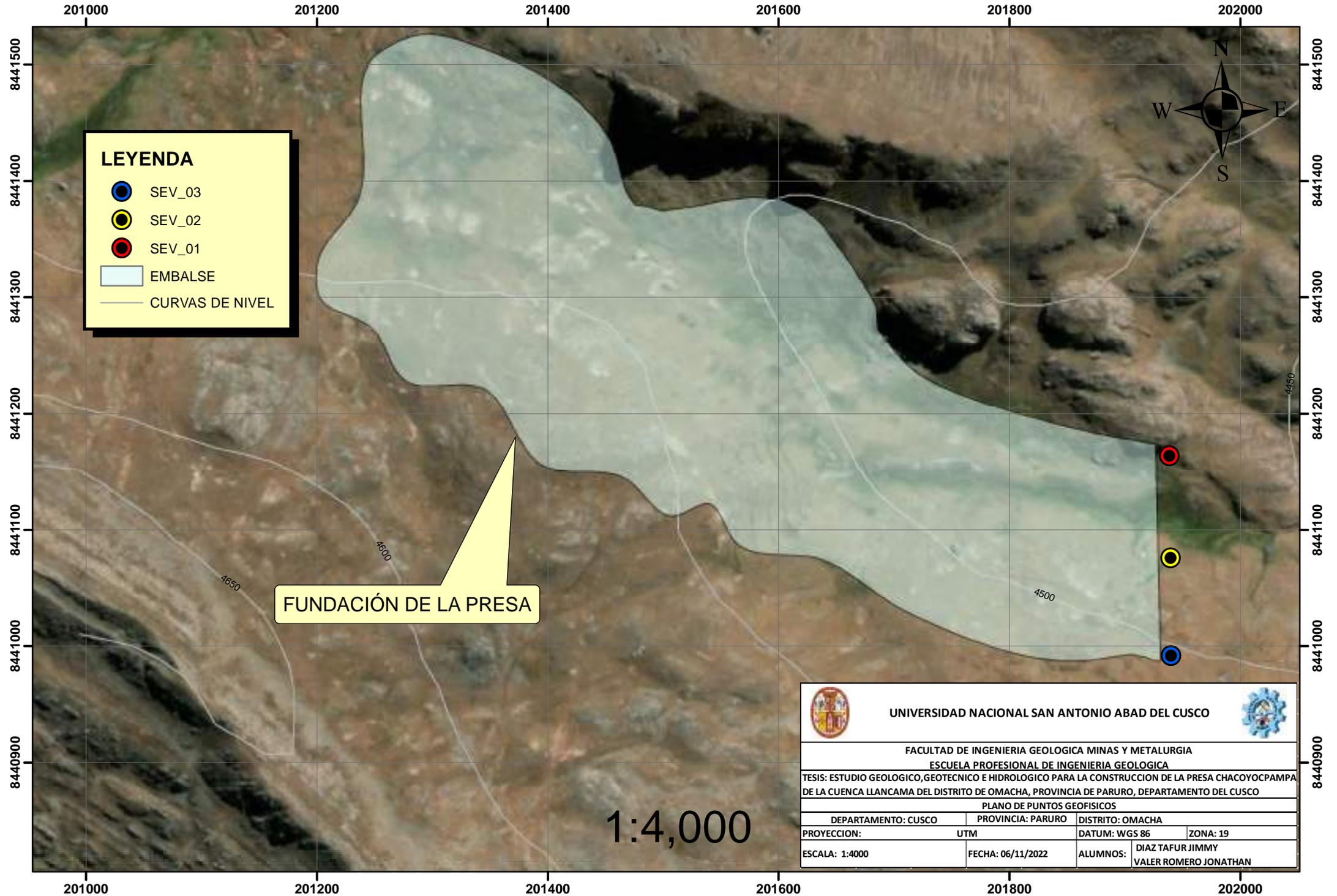
MAPA DE PENDIENTES CUENCA LLANCAMA



1:25,000

| | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|
| | | UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO | | | |
| FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGIA | | | | | |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | | | | | |
| TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHACOYOCAMPA DE LA CUENCA LLANCAMA DEL DISTRITO DE OMACHA, PROVINCIA DE PARURO, DEPARTAMENTO DEL CUSCO | | | | | |
| MAPA DE PENDIENTES | | | | | |
| DEPARTAMENTO: CUSCO | | PROVINCIA: PARURO | | DISTRITO: OMACHA | |
| PROYECCION: UTM | | DATUM: WGS 86 | | ZONA: 19 | |
| ESCALA: 1:25000 | | FECHA: 06/11/2022 | | ALUMNOS: DIAZ TAFUR JIMMY VALER ROMERO JONATHAN | |

PLANO DE PUNTOS GEOFISICOS



LEYENDA

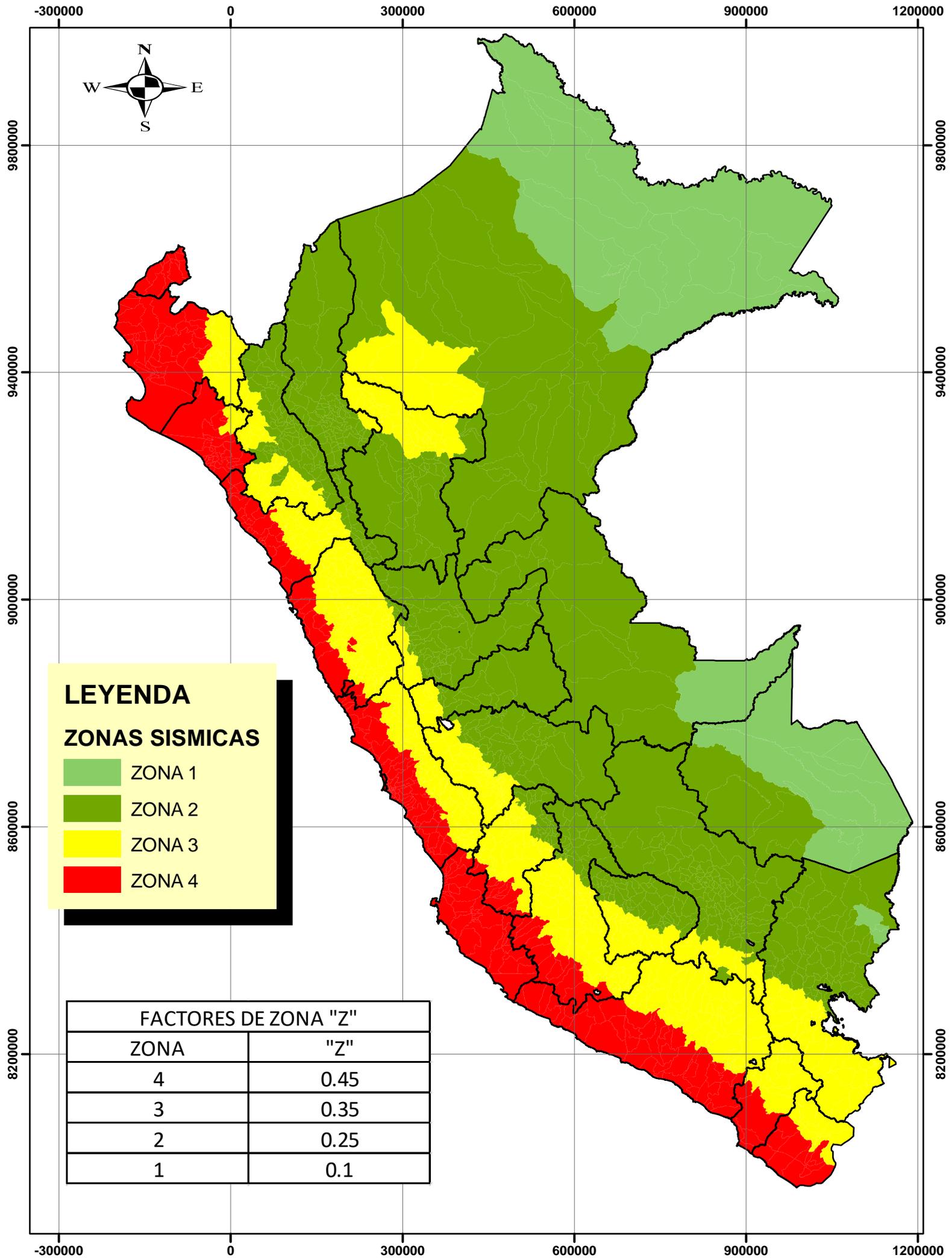
-  SEV_03
-  SEV_02
-  SEV_01
-  EMBALSE
-  CURVAS DE NIVEL

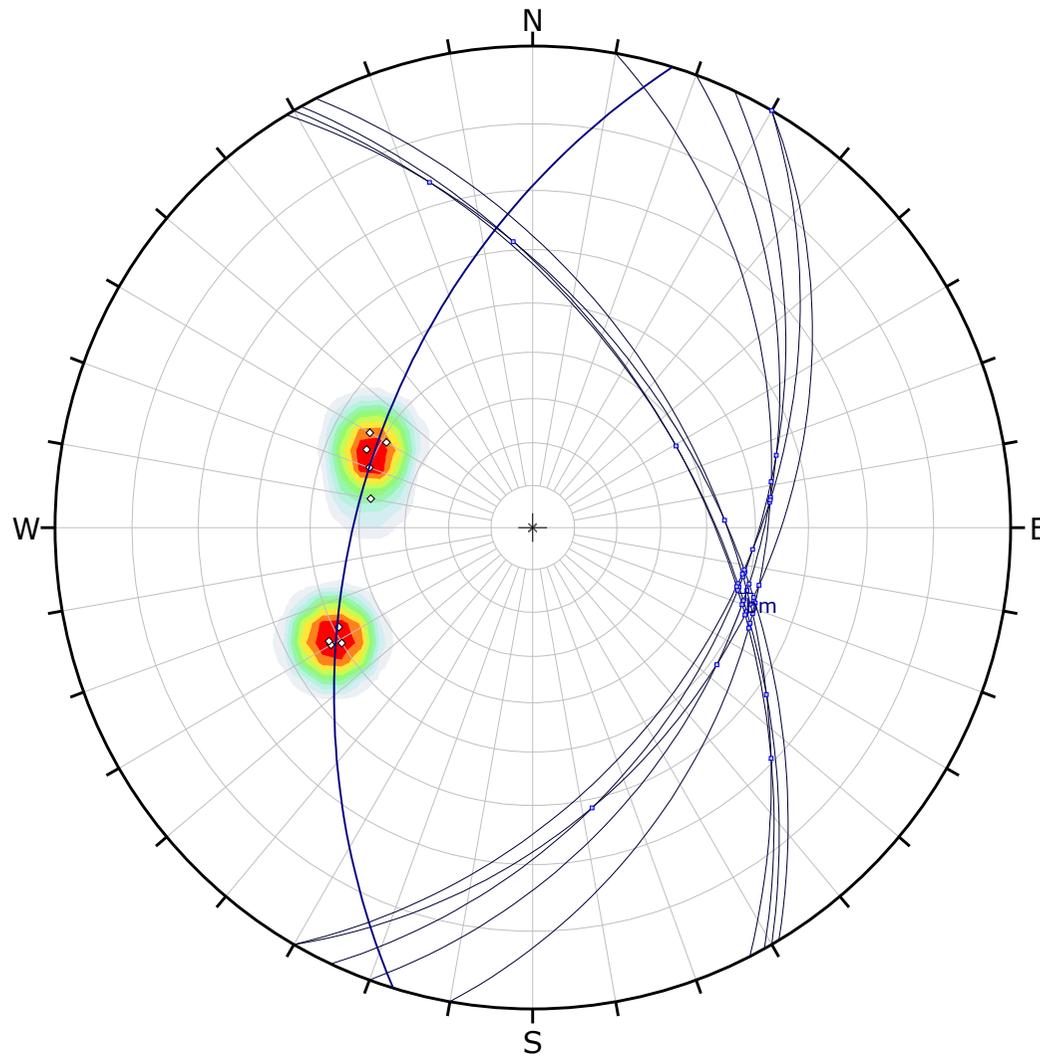
FUNDACIÓN DE LA PRESA

1:4,000

| | | | | | |
|---|--|--|--|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO | |  | |
| FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINAS Y METALURGIA | | | | | |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | | | | | |
| TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA CHACOYOCPAMPA DE LA CUENCA LLANCAMA DEL DISTRITO DE OMACHA, PROVINCIA DE PARURO, DEPARTAMENTO DEL CUSCO | | | | | |
| PLANO DE PUNTOS GEOFISICOS | | | | | |
| DEPARTAMENTO: CUSCO | | PROVINCIA: PARURO | | DISTRITO: OMACHA | |
| PROYECCION: UTM | | DATUM: WGS 86 | | ZONA: 19 | |
| ESCALA: 1:4000 | | FECHA: 06/11/2022 | | ALUMNOS: DIAZ TAFUR JIMMY VALER ROMERO JONATHAN | |

MAPA DE ZONIFICACIÓN SISMICA DEL PERÚ





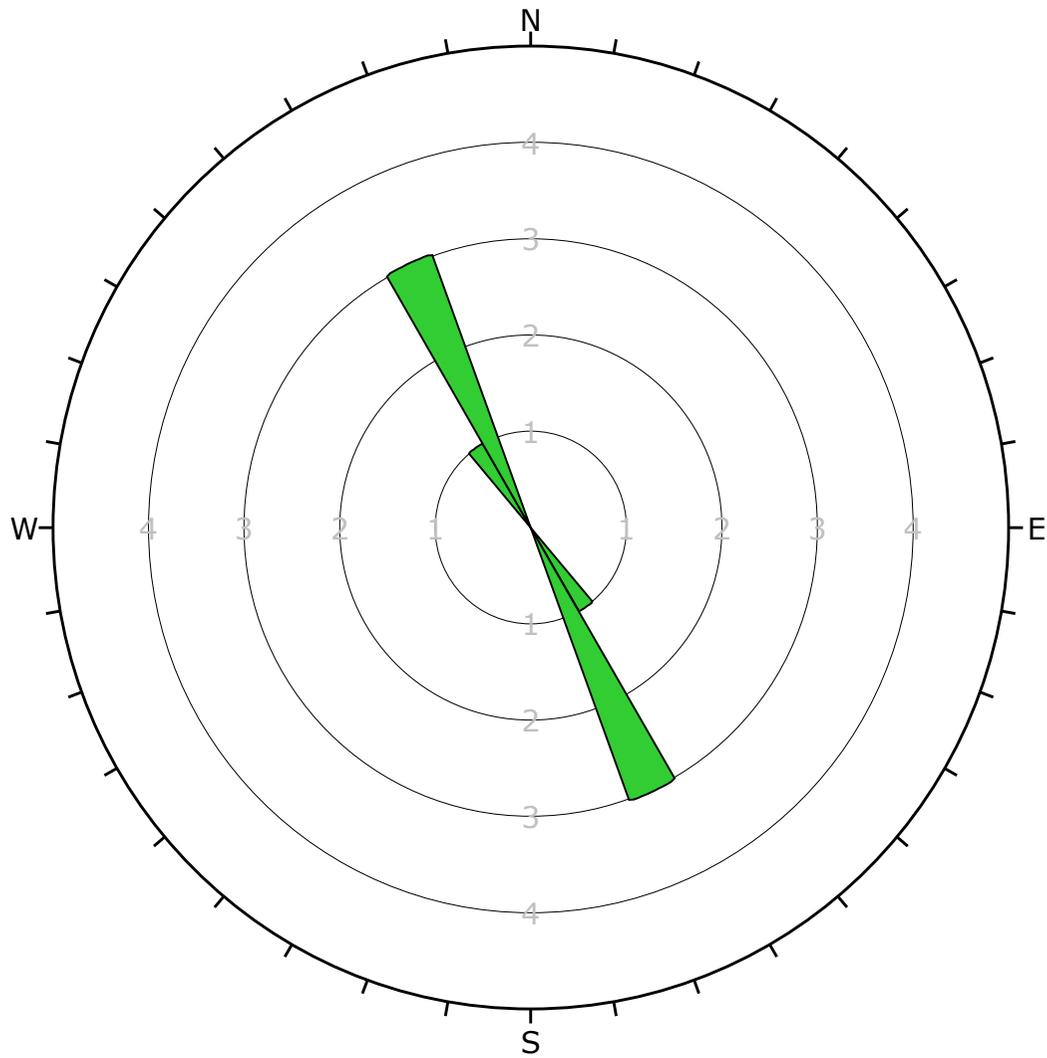
| Symbol | Feature |
|--------|--------------|
| ◇ | Pole Vectors |
| ■ | Intersection |

| Color | Density Concentrations |
|-------|------------------------|
| | 0.00 - 4.40 |
| | 4.40 - 8.80 |
| | 8.80 - 13.20 |
| | 13.20 - 17.60 |
| | 17.60 - 22.00 |
| | 22.00 - 26.40 |
| | 26.40 - 30.80 |
| | 30.80 - 35.20 |
| | 35.20 - 39.60 |
| | 39.60 - 44.00 |

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Contour Data | Pole Vectors |
| Maximum Density | 43.55% |
| Contour Distribution | Fisher |
| Counting Circle Size | 1.0% |

| | |
|----------------------------|------------------|
| Plot Mode | Pole Vectors |
| Vector Count | 9 (9 Entries) |
| Intersection Mode | Grid Data Planes |
| Intersections Count | 36 |
| Hemisphere | Lower |
| Projection | Equal Angle |

| | | | | |
|--|-----------------------------|---|------------------|--------------------|
|  | <i>Project</i> | RUMBOS Y BUZAMIENTOS | | |
| | <i>Analysis Description</i> | Se muestran los polos, las intersecciones y la densidad | | |
| | <i>Drawn By</i> | JIMMY DIA TAFUR | <i>Company</i> | GEODITA E.I.R.L |
| | <i>Date</i> | 31/05/2023, 23:34:12 | <i>File Name</i> | chacoyocampa.dips7 |



| | |
|------------------------------|------------------|
| Plot Mode | Rosette |
| Plot Data | Apparent Strike |
| Face Normal Trend | 0.0 |
| Face Normal Plunge | 90.0 |
| Bin Size | 10° |
| Outer Circle | 5 planes per arc |
| Planes Plotted | 4 |
| Minimum Angle To Plot | 45.0° |
| Maximum Angle To Plot | 90.0° |



| | | | |
|-----------------------------|--|------------------|---------------------|
| <i>Project</i> | FAMILIA DE DISCONTINUIDADES | | |
| <i>Analysis Description</i> | Se muestran dos familias de discontinuidades | | |
| <i>Drawn By</i> | JIMMY DIA TAFUR | <i>Company</i> | GEODITA E.I.R.L |
| <i>Date</i> | 31/05/2023, 23:34:12 | <i>File Name</i> | chacoyocpampa.dips7 |