

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA



TESIS:

**“ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO PARA LA
CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD
CAMPESINA DE QUEHUINCHA DEL DISTRITO DE LIVITACA –
CHUMBIVILCAS - CUSCO”**

PRESENTADO POR:

BACH. RONALD RAMIREZ OYOLA.

BACH. RUBEN DARIO PONCE CENTENO.

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

ASESOR:

ING. EDISON MATTOS OJEDA.

CUSCO - PERÚ

2022



DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mis padres Florentino, Isabel y hermanos(a) quienes me han apoyado incondicionalmente para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que ellos con su esfuerzo y trabajo siempre han estado presentes para apoyarme moral y psicológicamente.

También le dedico a mi hijo Andree leonardo quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para él.

BACH. RONALD RAMIREZ OYOLA

En primera instancia, agradecer a Dios, quien me ha guiado y protegido a lo largo de mi carrera profesional, también agradecerle por permitirme disfrutar a mis padres en este momento tan importante para mi vida profesional.

Dedico de manera especial a mi abuelo Humberto y Sebastián, a quienes siempre los llevo en mi corazón.

Quiero agradecer a Papá y Mama a quienes amo, los cuales fueron el más grande aliciente para poder cumplir con mis objetivos, a pesar de las grandes vicisitudes en este trayecto, siempre estuvimos lleno de bríos, con el sueño y la persistencia para conseguir este primer objetivo que me llena de orgullo al igual que ellos.

A Harold y Yuri, quienes fueron compañeros de salidas de campo, anécdotas y aprendizaje en esta primera casa de estudios, llamada universidad.

BACH. RUBEN DARIO PONCE CENTENO



INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
RESUMEN.....	XIX
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I.....	3
GENERALIDADES.....	3
1.1 UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	3
1.1.1 Ubicación política.....	3
1.1.2 Ubicación Geográfica.....	4
1.1.3 Ubicación Hidrográfica.....	4
1.1.4 Extensión.....	4
1.2 ACCESIBILIDAD.....	6
1.3 CLIMA Y VEGETACIÓN.....	6
1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.4.1 Planteamiento Del Problema.....	6
1.4.2 Objetivos.....	8
1.5 MARCO TEÓRICO.....	10
1.5.1 Muestra.....	10
1.6 ANTECEDENTES:.....	16
1.7 METODOLOGÍA.....	17
1.7.1 Etapa de Coordinación con la comunidad Campesina:.....	17
1.7.2 Fase de recopilación de información existente.....	18
1.7.3 Fase de campo.....	18
1.7.4 Etapa de laboratorio.....	20
CAPITULO II.....	21



GEOMORFOLOGIA	21
2.1 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	21
2.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL	25
2.2.1 Pendiente	26
2.2.2 Fisiografía.....	29
2.2.3 Geomorfología del Vaso Propuesto de la Presa	33
2.2.4 Geomorfología Del Dique Propuesto	33
2.3 Controles Geomorfológicos.....	35
CAPITULO III	36
GEOLOGIA.....	36
3.1 GEOLOGÍA REGIONAL	36
3.1.1 Formación Arcurquina (Kis-Ar).....	36
3.1.2 Depósitos Cuaternarios.....	38
3.1.3 Rocas Ígneas	39
3.2 GEOLOGÍA LOCAL DE LA PRESA Y ESTRATIGRAFÍA	42
3.2.1 Formación Arcurquina (Kis-Ar).....	42
3.2.2 Cuaternario	43
3.2.3 ROCAS IGNEAS	46
CAPITULO IV	49
GEOLOGIA ESTRUCTURAL	49
4.1 TECTÓNICA Y RASGOS ESTRUCTURALES.....	49
4.1.1 Estructuras Regionales	49
4.2 ESTRUCTURAS DE PATRÓN ANDINO.....	50
4.3 ESTRUCTURAS LOCALES.....	53
4.3.1 Fallas.....	53



4.3.2	Fracturas	55
4.3.3	Plegamientos.....	56
CAPITULO V.....		58
HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA		58
5.1	EVALUACIÓN HIDROLÓGICA	58
5.1.1	Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca.....	58
5.2	HIDROLOGÍA DE LA PRESA HAYCULLI.....	63
5.2.1	Información meteorológica.....	63
5.2.2	Precipitación.....	63
5.3	COMPLETADO Y EXTENSIÓN DE REGISTROS	73
5.4	REGIONALIZACIÓN	76
5.4.1	Regionalización de la Precipitación	76
5.4.2	Regionalización de la Temperatura.....	82
5.4.3	Regionalización Evaporación.....	85
5.4.4	Humedad relativa.....	86
5.4.5	Velocidad del viento.....	87
5.5	CLASIFICACION CLIMATICA.....	88
5.6	GENERACION DE LA CAPACIDAD EN VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO.....	89
5.7	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOPOGRAFICO	105
5.8	INFILTRACIÓN	106
5.9	HIDROGEOLOGÍA.....	111
CAPITULO VI		112
GEODINÁMICA.....		112
6.1	GEODINÁMICA INTERNA.....	112



6.1.1	Sismicidad	112
6.1.2	Zonificación.....	116
6.1.3	Sismicidad De La Zona	120
6.2	GEODINÁMICA EXTERNA	120
6.2.2	Movimientos en maza.....	122
CAPITULO VII.....		123
GEOFÍSICA		123
7.1	PROSPECCIÓN GEOFÍSICA	123
7.1.1	Ensayos de Refracción Sísmica.....	124
7.1.2	Fundamento Teórico.....	124
7.2	TRABAJOS DE CAMPO – ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA	125
7.2.1	Procesamiento de campo.	126
7.3	TRABAJOS DE GABINETE.....	127
7.3.1	Procesamiento e Interpretación de Datos	127
7.3.2	Interpretación De Resultados.....	131
7.3.3	Parámetros dinámicos.....	132
7.4	DISCUSIÓN DEL RESULTADO DE GEOFÍSICA.	134
CAPITULO VIII.....		135
GEOTECNIA		135
8.1	ALCANCES DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	135
8.2	NORMATIVIDAD.....	135
8.3	EXPLORACIÓN EN CAMPO	136
8.3.1	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	136
8.3.2	PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN MÍNIMO (PIM).....	137
8.4	TRABAJOS REALIZADOS “IN SITU”	138



8.4.1	Ensayos Realizados “In Situ”.....	138
8.4.2	Extracción de Muestras Representativas	140
8.5	ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO.....	141
8.6	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA.....	142
8.6.1	Calicata C-01, Presa Sector Izquierda.	142
8.6.2	Calicata C-02 Presa Sector Central	143
8.6.3	Calicata- C-03 Presa Sector Derecho	145
8.7	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN GEOTECNICA.....	146
8.7.1	Mecánica De Suelos.	147
8.7.2	Problemas Especiales De Cimentación	153
8.7.3	CANTERAS	155
	CONCLUSIONES.....	160
	RECOMENDACIONES	165
	BIBLIOGRAFÍA	167
	ANEXOS 01	168
	ANEXOS 02	171
	ANEXOS 03	183



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación Geográfica en punto de vaso de almacenamiento.....	4
Tabla 2: Clasificación de suelos S.U.C.S	16
Tabla 3: Distribución de pendientes a la largo de la cuenca Hayculli.....	27
Tabla 4: Distribución estadística de las unidades fisiográficas	31
Tabla 5: Orientación de Rumbos y buzamientos de las fracturas.....	56
Tabla 6: Información meteorológica utilizada.....	63
Tabla 7: Variación mensual de la precipitación media anuales.....	64
Tabla 8: Longitud de Registros de Precipitación Total	66
Tabla 9: Selección de los periodos a corrección según saltos.	68
Tabla 10: Prueba de bondad al 95 % método de Student o prueba de “T”	69
Tabla 11: Grados de libertad	70
Tabla 12: Prueba de bondad al 95 % método de Fisher o prueba de “F”.....	70
Tabla 13: Datos meteorológicos del Primer periodo corregido.....	71
Tabla 14: Comprobación de pruebas de bondad al 95 % confianza.....	72
Tabla 15: Prueba de bondad al 95 % método de Studens o prueba de “t”	72
Tabla 16: Prueba de bondad al 95 % método de Fisher o prueba de “f”.....	72
Tabla 17: Nuevo registro de datos corregidos estación Santo Tomás.....	73
Tabla 18: Ecuación de Recta de Regresión para completado de datos faltantes	75
Tabla 19: Datos Meteorológicos completados y extendidos para la estación Santo Tomas	76
Tabla 20: Estaciones utilizadas para el proceso de regionalización.....	77



Tabla 21: Coeficientes para generación de precipitación mensual sector Hayculli	79
Tabla 22: Registro de precipitación regionalizada altitud media Hayculli	81
Tabla 23: Regionalización de la precipitación anual según la altitud	81
Tabla 24: Precipitación efectiva al 75 % de persistencia sector	82
Tabla 25: Proceso de regionalización anual de temperatura máxima	83
Tabla 26: Proceso de regionalización anual de temperatura mínima	83
Tabla 27: Registro de temperatura media mensual Zona del proyecto	84
Tabla 28: Temperaturas Media, máxima y mínima– 4300 msnm.....	85
Tabla 29: Regionalización de la temperatura anual según la altitud	85
Tabla 30: Regionalización de la evaporación al sector Hayculli.....	86
Tabla 31: Variación de la Humedad Relativa Mensual.....	87
Tabla 32: Dirección y velocidad máxima del viento estación Santo Tomas (m/s)	88
Tabla 33: Clasificación climática de Hayculli según modelo climático de Holdridge	89
Tabla 34: Límite superior para la precipitación efectiva.....	93
Tabla 35: Coeficiente para el cálculo de la precipitación efectiva.....	94
Tabla 36: Calculo de los coeficientes de agotamiento “a”.	97
Tabla 37: Lámina acumulada en los tres tipos de almacén hídrico.....	97
Tabla 38: Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (%).....	99
Tabla 39: Caudal generado cuenca de escurrimiento	102
Tabla 40: Calculo topográfico de áreas y volúmenes entre curvas de nivel.....	105
Tabla 41: Ubicación de las pruebas de infiltración	107



Tabla 42: Resumen de pruebas de infiltración	110
Tabla 43: Resultados de prueba de infiltracion modelo Lefranc.....	110
Tabla 44: resultados de prueba de infiltración modelo Gilg Gavard.....	110
Tabla 45: Factores de zona.	117
Tabla 46: Parámetros sísmicos de diseño para la zona de estudio.	120
Tabla 47: Ubicación de las líneas sísmicas para refracción sísmica	124
Tabla 48: Perfil estratigráfico de las líneas sísmicas.....	132
Tabla 49: Parámetros dinámicos para el dique de la presa.....	133
Tabla 50: Parámetros dinámicos para el vaso de la presa	133
Tabla 51: Resume las profundidades alcanzadas de acuerdo a la técnica de investigación	136
Tabla 52: Ubicación de las calicatas.....	137
Tabla 53: Norma NTP 339.151(DIN 4094) para extracción de muestras	140
Tabla 54: Lista Normas Utilizadas	141
Tabla 55: Ubicación calicata C-01	142
Tabla 56: Columna estratigráfica calicata C-01	143
Tabla 57: Ubicación calicata C-02	143
Tabla 58: Columna estratigráfica Calicata C-02	144
Tabla 59: Ubicación calicata C-03	145
Tabla 60: Columna estratigráfica Calicata C-03	146
Tabla 61: Ensayos realizados	147



Tabla 62: Propiedades físicas del terreno de fundación del eje de presa	149
Tabla 63: Parámetros geotécnicos de la calicata C-01	150
Tabla 64: Parámetros geotécnicos de la calicata C-02.	150
Tabla 65: Parámetros geotécnicos de la calicata C-03	151
Tabla 66: Resumen de capacidad admisible del terreno.....	152
Tabla 67: Tipo de asentamiento tomándose en cuenta el método y aplicación.....	152
Tabla 68: Análisis de colapsabilidad según de limite líquido y densidad.....	154
Tabla 69: Potencial de hinchamiento de acuerdo al límite líquido y límite plástico.....	154
Tabla 70: Resultados de propiedades geotécnicas de la cantera	158
Tabla 71: Estándares mínimos que se debe cumplir para una cantera	159
Tabla 72: parámetros geotécnicos analizados,	163



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Columna estratigráfica de la zona de estudio.....	41
Figura 2: eliminación de la cuenca de aporte hídrico	60
Figura 3: Rectángulo equivalente de altitud.	62
Figura 4: Curva Hipsométrica.	62
Figura 5: Variación Anual de la precipitación promedio multimensual (2003 – 2018).....	64
Figura 6: Variación Anual de la precipitación media red de estaciones.	65
Figura 7: Histograma de precipitación para la estación de Santo Tomas.....	67
Figura 8: Histograma de precipitación para la estación de Tambobamba.....	67
Figura 9: Histograma de precipitación para la estación de Paruro	68
Figura 10: Diagramas de regresión, para la precipitación media anual.....	78
Figura 11: Comportamiento regional de la precipitación anual por regresión exponencial	80
Figura 12: Distribución regional de la temperatura media mensual.....	84
Figura 13: Variación Mensual de la Temperaturas máxima, mínima y media.....	85
Figura 14: Variación Mensual de la Evaporación Media.	86
Figura 15: Variación Mensual de la Humedad Relativa.....	87
Figura 16: Esquema de transformación de precipitación a caudal	90
Figura 17: Ubicación de la precipitación efectiva resultante	103
Figura 18: Diagrama de infiltración modelo Lefranc	111
Figura 19: Diagrama de infiltración modelo Gilg Gavard	111
Figura 20: Curva dromocrónica de la sección LRS-001	128



Figura 21: Registro de onda Vp para la línea sísmica LS-001 disparo (golpe) en cota 0+000.....	129
Figura 22: Registro de onda Vp para la línea sísmica LS-001, disparo (golpe) en cota 0+050.....	129
Figura 23: Registro de onda Vp para la línea sísmica LS-001, disparo (golpe) en cota 0+100.....	130
Figura 24: Perfil de refracción sísmica de la sección LS-001	130
Figura 25: leyenda del perfil de refracción sísmica LS-001.....	131



INDICE DE IMÁGENES

Foto 1: Vista panorámica de punto de ubicación de la presa Hayculli.....	3
Foto 2: Emplazamiento de la represa Hayculli en el contexto de la Geomorfología Regional	22
Foto 3: Vista de relieves ondulados circundantes a la cuenca Haycul 29	29
Foto 4: Vista de ladera de montaña baja allanada.	30
Foto 5: Vista de laderas de montaña baja empinadas.....	30
Foto 6: Vista de laderas de montaña baja fuertemente empinadas.....	31
Foto 7: Vista de laderas de montaña baja escarpadas.....	31
Foto 8: Fondo de vaso de almacenamiento	33
Foto 9: Geomorfología del estribo izquierdo del dique.....	34
Foto 10: Geomorfología del estribo derecho del dique	34
Foto 12: Calizas grises propias de la formación Arcurquina, extremo Sur del área de emplazamiento de la presa de Hayculli.	38
Foto 11: Afloramiento de calizas de la formación Arcurquina	38
Foto 13: Al rededor del área del embalse de la presa Hayculli, se observa Deposito Fluvioglaciario fondo de la foto	39
Foto 14: Afloramiento del Plutón de Charamuray, sector de Qomerpata , cerca de la zona de estudio.....	40
Foto 15: Sector de Qomerpata, se observa el Plutón de Charamuray. Diorita compuesta por grano grueso, constituida esencialmente por plagioclasa, hornblenda, biotita y cuarzo	40
Foto 16: Se aprecia caliza de formación Arcurquina	42



Foto 17: Afloramiento de Calizas de la formación Arcurquina	43
Foto 18: Suelo glaciar con cantos angulosos a subangulosos de calizas y rocas ígneas de naturaleza diorítica, en matriz arenosa y arenas tufáceas.	44
Foto 19: Suelo glaciar con alto contenido de fragmentos de diorita alterada.....	44
Foto 20: Suelos orgánicos de bofedal, emplazados en fondo de valle.	45
Foto 21: Suelos orgánicos de bofedal, emplazados en fondo de valle.	46
Foto 22: Afloramiento de Diorita del Plutón Charamuray, Norte: 8408704, Este: 202279; Norte: 8408665, Este: 201979	47
Foto 23: Cuerpo de Diorita del Plutón Charamuray, Norte: 8408709, Este: 202286.....	47
Foto 24: Cuerpo de Diorita del Plutón Charamuray, Norte: 8408709, Este: 202286.....	48
Foto 25: Falla F-01, falla sinistral inversa local de dirección R 285°, BZ 80° NE;	53
Foto 26: Falla F-02, falla normal,; Falla F-03, falla inversa,; Formación Arcurquina Falla F-02, dirección R 350°, BZ 62° SW coordenada E: 201190, N: 8408084 Falla F-03, dirección R 250°, BZ 50° NW coordenada E: 201066, N: 8407657.....	54
Foto 27: Falla F-04, falla inversa,dirección R 270°, BZ 45° S, coordenada Este: 202500, Norte: 8406525. Formación Arcurquina.	54
Foto 28: Presencia de fracturas en roca caliza, así como algunos Karst de pequeño tamaño	55
Foto 29: Dirección de familia de fracturas CHARAMURAY	55
Foto 30: Vista de la zona a represamiento.....	89
Foto 31: Levantamiento topográfico de área posible de inundación.....	105
Foto 32: Prueba de infiltración en suelo biogénico	107



Foto 33: Prueba de infiltración en trinchera de suelo biogénico	108
Foto 34: Prueba de infiltración en trinchera suelo flúvio glacial	108
Foto 35: Prueba de infiltración en suelo flúvio glacial	108
Foto 36: Prueba de infiltración en roca diorita fuertemente alterada con juntas selladas .	109
Foto 37: Prueba de infiltración en roca diorita fuertemente alterada con juntas selladas .	109
Foto 38: Prueba de infiltración en roca caliza de la formación Arcurquina.....	109
Foto 39: Izquierda: Mapa sísmico del Perú	113
Foto 40: Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas del Dpto. del Cusco	114
Foto 41: Mapa de zonificación Sísmica del Perú. Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.....	117
Foto 42: Tasas de erosión laminar baja a moderada en pie de ladera de montaña baja	121
Foto 43: Foto Tasas de erosión laminar baja a moderada en cimas vertientes y pie de ladera de montaña baja.....	121
Foto 44: Golpe con comba en disco para registro de refracción sísmica	123
Foto 45: Extendido de cables para ensayo de prospección geofísica método refracción sísmica	126
Foto 46: Extendido de cables para ensayo de prospección geofísica método refracción sísmica.....	126
Foto 47: Ubicación y dirección de líneas sísmicas represa Hayculli	127
Foto 48: Apertura y ubicación de la Calicata C-01, C-02 y C-03	137
Foto 49: Calicatas 01, Calicata 02 A) Auscultación con PDL, C-01.	139
Foto 50: Calicata 03, C) Auscultación con PDL, Profundidad: 2.10 m	139



Foto 51: Perfil estratigráfico C-03.....	142
Foto 52: Perfil estratigráfico C-02.....	144
Foto 53: Perfil estratigráfico C-03.....	145
Foto 54: Ubicación de Cantera Hayculli; Este: 201733, Norte: 8409293.....	158



INDICE DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación de represa.	5
Mapa 2: Unidades geomorfológicas regionales.....	24
Mapa 3: Pendientes de la represa	28
Mapa 4: Unidades fisiográficas cuenca Hayculli.	32
Mapa 5: Estructuras regionales.....	52
Mapa 6: Lineamientos estructurales en zona de proyecto	57
Mapa 7: Sistema de unidad hidrográfica	59
Mapa 8: Orográfico de la cuenca Hayculli.....	61
Mapa 9: Área e escurrimiento para generación hidrológica del volumen de represamiento.	104
Mapa 10: Mapa de ordenadas espectrales.	119



RESUMEN

La presente tesis titulada **“Estudio geológico, geotécnico para la construcción de la presa Hayculli en la comunidad campesina de Quehuincha del distrito de Livitaca – Chumbivilcas - Cusco”**, tiene especial importancia en la caracterización geológica geotécnica y el análisis de los materiales que constituirán la estructura de la presa; el sector de Hayculli, está ubicado en la región del Cusco, Provincia de Santo tomas, Distrito de Livitaca, a una altitud media de 4030 msnm. Geológicamente, la zona de estudio señala que en el cuerpo de la presa presenta afloramientos de rocas ígneas, conformado por dioritas compuesto por cristales de color verde claro con una ligera cloritización, seritización, débil argilización y una incipiente epidotización. Recubriendo a esta unidad, se tiene potentes depósitos de glaciares, en el vaso de almacenamiento, y hacia la superficie por material biogénico (de bofedal) de hasta 1.50 m de potencia. Alrededor de la zona de inundación, se tiene rocas calizas de la formación Arcurquina.

A nivel geomorfológico, la presa Hayculli se encuentra ubicada en una depresión natural, valle glaciar flanqueado por colinas bajas, generando un cierre natural, donde se emplazará el dique de presa, el piso de valle está constituido por un humedal amplio de baja pendiente, latitudinalmente, se encuentra entre los 4300 msnm.

Geológicamente, el vaso y dique de almacenamiento, tiene como basamento rocoso a unidades de caliza de la formación Arcurquina, en el extremo sur (parte alta del vaso de almacenamiento, y rocas ígneas pertenecientes al Plutón de Charamuray (Paleógeno-Neógeno), de composición Diorítica.

Las estructuras encontradas como pliegues (sinclinal y anticlinal), fallas inversas y normales, en su mayoría se ajustan al modelo tectónico andino con dirección NO-SE ya también E-O (como la deflexión de Abancay.



Hidrológicamente la cuenca de aporte hídrico de 4.56 km², puede generar un volumen de 1'133,332 m³, mientras que, topográficamente el vaso de almacenamiento, a un nivel de 5 m de altura presa, puede almacenar un volumen de 951,790.59 m³ de agua aproximadamente.

Desde el punto de vista de permeabilidad se puede indicar que el estribo izquierdo y derecho de la presa constituido por depósitos glaciáricos, tienen un nivel de infiltración que va de media a baja (10^{-5} - 10^{-6}), la zona media y vaso de almacenamiento constituido por sedimentos biogénicos, tiene una capacidad de infiltración de baja a media baja (10^{-6} – 10^{-7}), el cual garantiza la estanqueidad del vaso de almacenamiento.

De acuerdo con el estudio geofísico, por el método de refracción sísmica, se ha llegado a diferenciar 3 estratos principales, el primero corresponde a un suelo fluvio-glaciar medianamente denso a denso que oscila de 2-3m, que tiene velocidades de ondas compresionales (V_p) que varía de 600-1500m/s y velocidades de ondas de corte (V_s) que varía de 300-400m/s.

Según el análisis granulométrico según clasificación SUCS, La constitución de los suelos en fondo del área de desplante del eje de la presa en todos los puntos explorados es de tipo CL (arcillas de baja compresibilidad con arena). De acuerdo a los ensayos geofísicos, indican que la estructura se cimentará sobre depósitos morrenicos que tiene una potencia que varía de 10 a 20 m, con capacidad admisible promedio de suelo de fundación para la cimentación según criterios de Terzaghi, Meyerhof y Vesic promedio de 1.13 kg/cm² para el lado del estribo izquierdo, 1.11 kg/cm² para la zona del estribo derecho y de 1.04 kg/cm² en el centro del eje de presa.



INTRODUCCION

La finalidad de construir una presa (como en nuestro caso de tierra), permitirá almacenar agua de escurrimiento superficial generada en las épocas de lluvia, de manera segura. Sabemos actualmente que atravesamos una etapa de cambio climático, que a veces es impredecible si habrá periodos de fuertes tormentas o será épocas de estiaje prolongado, lo cierto que bajo estas condiciones de incertidumbre las presas en sus diferentes formas y técnicas, señaladas, la historia ha demostrado que las presas en especial en la sierra del Perú como son presas de tierra, continúan siendo las más comunes, principalmente porque se construyen con materiales de la zona materiales en estado natural aplicando un mínimo de tratamiento. Muchas presas bajo las condiciones de ubicación altoandina se encuentran sobre relieves de origen aluvial o material no compactado, los cuales en muchos de los casos se advierte la presencia de una permeabilidad moderada a alta, con consecuencias que parte del agua almacenada comienza a infiltrarse, a través de la cimentación de la presa.

Es por ello que buscando la seguridad de la presa en la fase constructiva, se debe realizar un monitoreo supervisado de inspección geotécnica del material de fundación y el material usado para la conformación del cuerpo de presa; para ello dentro de un programa de evaluación se iniciara con una verificación de las condiciones geológicas a nivel superficial y de sub suelo mediante apertura de calicatas de exploración así como la aplicación de métodos directos e indirectos como en nuestro caso de prospección geofísica (refracción sísmica) y correlacionados con pruebas directas de campo y laboratorio. Todos estos detalles, permitirán finalmente conocer las propiedades geotécnicas de los materiales de fundación y los usados para la conformación de la presa de tierra, bajo el uso de cálculos con software especializados a nivel de geotecnia, los cuales nos permiten obtener: la capacidad admisible de las suelos de fundación y las propiedad físico mecánicas de los



suelos utilizados para la conformación de la opresa, todo estos parámetros, permitirán dar soluciones técnico apropiadas, que permitan la construcción de la presa de manera segura.



CAPITULO I

GENERALIDADES

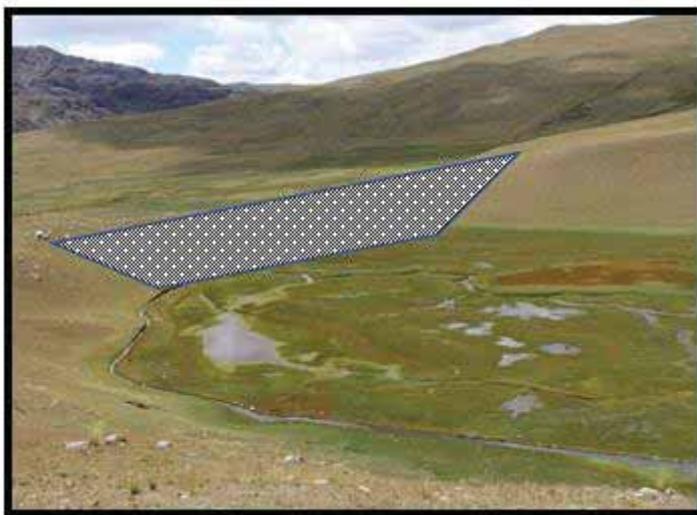
Las evaluaciones geológicas, hidrológicas, geofísicas y geotécnicas, dan la posibilidad de la construcción de la presa de tierra Hayculli, del distrito de Livitaca, estos trabajos de prospección se han realizado, por medio de investigaciones minuciosos de ingeniería geológica, contrastados con pruebas de laboratorio, siguiendo las especificaciones técnicas reglamentadas por el Reglamento Nacional de Edificaciones, así como criterios técnicos recomendados en el ejemplar del MTC PLAN MERISS, etc; referidos a mecánica de suelos y rocas para este tipo de obras.

1.1 UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.1.1 Ubicación política

Políticamente la Represa de Hayculli, se encuentra en el sector de Quehuincha, perteneciente a la Comunidad Campesina de Hayculli, Distrito de Livitaca, Provincia de Chumbivilcas, Región Cusco, a una altitud de 4330 msnm. Y tendrá como beneficiarios a los sectores de Huanaco, Auchillica, Cerropampa, Pullahuayco, Hapuopampa, Puccuto, Huacachacra y Huanccoma (CDN, 2016).

Foto 1: Vista panorámica de punto de ubicación de la presa Hayculli





1.1.2 Ubicación Geográfica

Está ubicada en la provincia de Chumbivilcas, y al Nor Oeste del distrito de Livitaca, en los ejes territoriales y UTM siguientes:

Tabla 1: Ubicación Geográfica en punto de vaso de almacenamiento.

Descripción	COORDENADAS GEOGRAFICAS		COORDENADAS UTM		Altitud m.s.n.m.
	Latitud Sur	Longitud Oeste	Norte	Este	
Presa Hayculli	14°22'43.49"	71°45'37.78"	8408604	202285	4330
Franja 19 L, DATUM WG84S					

1.1.3 Ubicación Hidrográfica

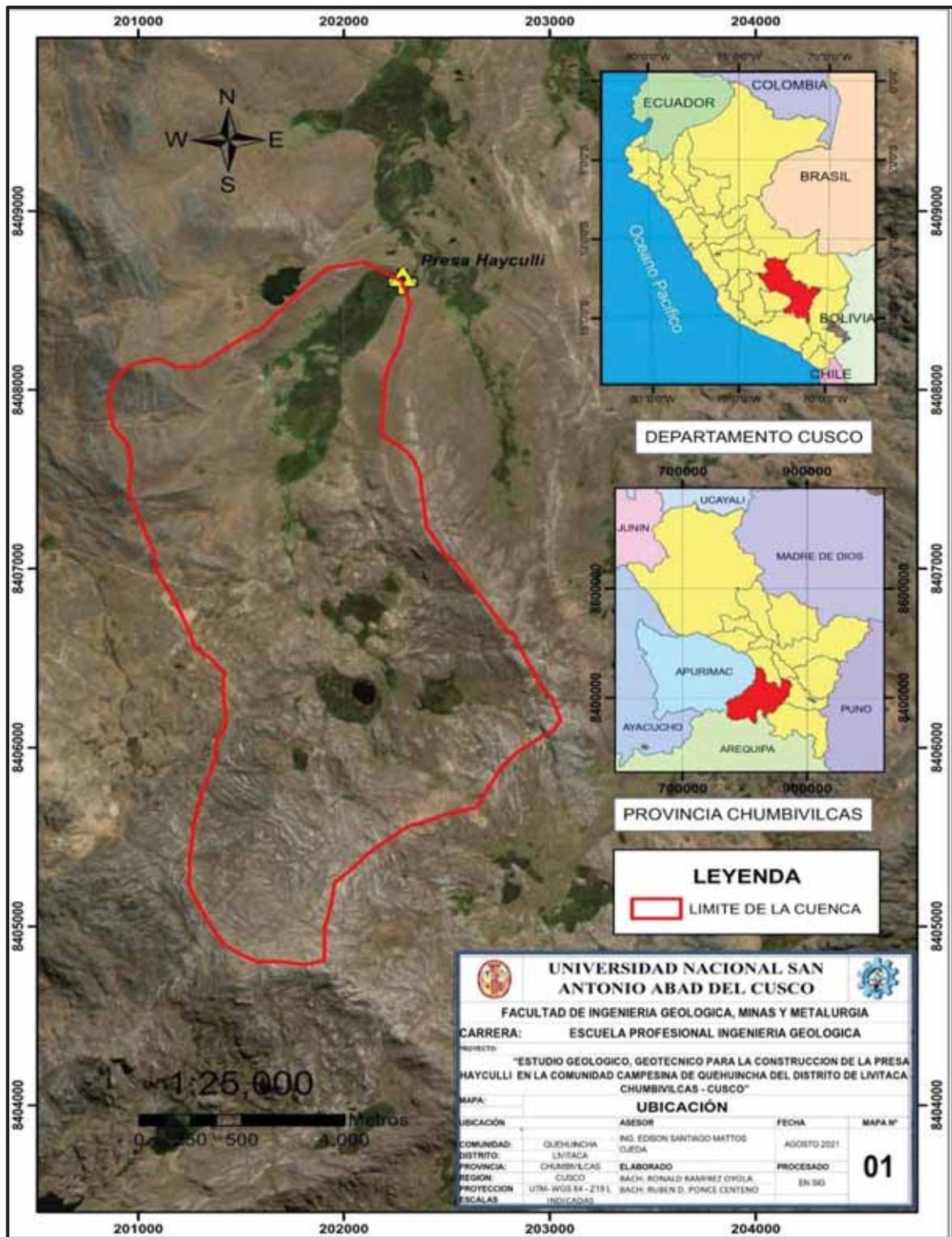
Hidrográficamente la Presa Hayculli, se encuentra en la cabecera del río Jaycuchilca, tributario del río Livitaca y que a su vez es tributario mayor del río Apurímac.

1.1.4 Extensión

Superficialmente la microcuenca de Hayculli presenta un área de aporte de escurrimiento hídrico de 456 ha, mientras que el vaso de almacenamiento posible de represamiento llega a cubrir un área de 21.61 ha.



Mapa 1: Ubicación de represa.





1.2 ACCESIBILIDAD

Se accede por medio de la carretera asfaltada Cusco-Sicuani hasta la localidad de Combapata (107 km), seguidamente un desvío hacia la derecha cruzando por Yanaoca y luego a la localidad de Livitaca (98 km), en un tiempo aproximado total de 4 horas.

Desde Livitaca se toma la ruta hacia las comunidades y sectores del área de influencia a través de la carretera afirmada Livitaca-desvío a presa, 25 km en un tiempo aproximado de 40 minutos hasta la zona de Hayculli.

1.3 CLIMA Y VEGETACIÓN

Está ubicada en la unidad climática per humada, del Páramo - Sub-Andino Boreal, ubicado entre los 4300 msnm, dominada por pajonales altoandinos y especies de bofedal espinosos como Turbera de *Distichia* (*Distichia peatland*), que se encuentran recubriendo esta zona de humedal conformando relieves chatos en cojines, con alta capacidad de retención de agua.

1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 Planteamiento Del Problema

Cada año se va reduciendo el recurso hídrico y este escasea también en las provincias altas del departamento de Cusco, por causas del Cambio Atmosférico, ante este hecho el distrito de Livitaca con sus sectores Auchillica, Cerropampa, Pullahuayco, Hapupampa, Puccuto, Huacachacra, Huanccoma, Sipina, Huaccoto, Soramaque, Condorpampa y Campanani; no son ajenos ante este fenómeno que en temporadas de estiaje el expediente hídrico es escaso para la irrigación de áreas agrícolas y de pastoreo; por tanto se tiene la necesidad de potencializar este recurso embalsando las aguas superficiales y subterráneas para su posterior aprovechamiento, mediante la construcción de una presa, para ello se deben conocer las situaciones geológicas-geotécnicas del lugar de emplazamiento para la presa y



darle una seguridad física a las estructuras del proyecto; para de esta manera lograr satisfacer las necesidades de su uso consuntivo del agua.

El ámbito de emplazamiento de la presa son terrenos no consolidados además que no se cuenta con la información geológica – geotécnica de la subrasante por progresivas, además de la presencia de bofedales y el nivel freático superficial, es inherente determinar las características geológico – geotécnico, para el croquis de la presa, que será una infraestructura de trascendental importancia para el desarrollo del distrito, que permita perfeccionar la disposición de existencia de los pobladores.

El desarrollo de la presa se emplaza sobre suelos cuaternarios que en su mayor parte tienen características físico-mecánicas consideradas como materiales de pésima calidad (limos, arcillas, arenas, grava, depósitos orgánicos con aspecto de horizonte freático), para el soporte de las obras de infraestructura.

Geomorfológicamente precisar y determinar la morfoestructura existente en el ámbito de emplazamiento de la presa.

En el aspecto Geodinámico los movimientos de masa (deslizamientos, derrumbes y reptación) no están ubicados, ni evaluados a lo largo del ámbito de la presa.

Geotécnicamente se tiene la necesidad de calcular la capacidad portante del terreno donde se emplazará la presa, para el diseño de cimentación; así como del mejoramiento del terreno que se requieran para la construcción de la presa.

1.4.1.1 Problema General

Ante la problemática mencionada, se plantea la siguiente interrogante: ¿cuáles son las condiciones geológicas y geotécnicas en el valle glaciar Haycully para la construcción de una presa con fines de almacenamiento de agua?



1.4.1.2 Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las unidades geológicas en la zona de estudio y que características presenta?
- ¿Cuáles son los dominios geomorfológicos en la zona de estudio?
- ¿Cuál es el comportamiento geodinámico interno y externo a la que está expuesto ámbito de estudio?
- ¿Qué propiedades físico-mecánicas tienen los suelos del ámbito de emplazamiento de la presa Hayculli?
- ¿Cuál es el comportamiento hidrogeológico tienen las aguas subterráneas que se encuentran en el subsuelo de la Presa Hayculli?
- ¿Qué parámetros geotécnicos presenta el eje de presa y las canteras de suelo, para la construcción de la Presa?
- ¿Cuál será la altura máxima adecuada de embalse topográfico, para que esta coincida con la generación de volumen hidrológico?

1.4.2 Objetivos

1.4.2.1 Objetivo General.

El objetivo general de la investigación es el de determinar las características geológicas – geotécnicas, para garantizar la seguridad física de la Presa Hayculli en la comunidad Quehuincha.

1.4.2.2 Objetivos Específicos.

1. Reconocer y caracterizar las unidades geológicas dentro del ámbito de estudio.
2. Reconocer y determinar dominios geomorfológicos del ámbito de estudio.
3. Evaluar la geodinámica interna y externa del ámbito de estudio.
4. Determinar las propiedades físico-mecánicas que tienen los suelos donde se emplazara la presa Hayculli.



5. Ubicar y determinar las propiedades físico-mecánicas que tienen los materiales de cantera utilizados en el proceso constructivo de la Presa Hayculli.

1.4.2.3 Hipótesis.

1.4.2.3.1 Hipótesis General

Con el estudio Geológico – Geotécnico de la Presa Hayculli, se conseguirá obtener la información geológica, geotécnica, geofísica e hidrogeológica del área del emplazamiento y el vaso, con la finalidad de prevenir posibles asentamientos diferenciales en el suelo de fundación, fallas en el talud de la presa, filtración de aguas subterráneas, lo que coadyuvará al tiempo útil de vida del proyecto, y garantizará el abastecimiento óptimo del agua para la irrigación de áreas agrícolas y de pastoreo de los pobladores del distrito.

1.4.2.3.2 Hipótesis Específicas.

- Las condiciones geomorfológicas cumplen de forma favorable el emplazamiento de una presa.
- Las condiciones geotécnicas del suelo de cimentación cumplen con parámetros aceptables de diseño de la presa Haycully.

1.4.2.4 Justificación Del Proyecto.

La investigación geológico - geotécnico de la presa Hayculli es importante para el diseño de construcción de la Presa; así como para las distintas infraestructuras que se ejecutaran en el proyecto, donde los factores geológicos y geotécnicos son condicionantes debido al complejo comportamiento del terreno donde se emplazara la presa, por tanto, se brindara seguridad y garantía del tiempo útil de vida del proyecto y coadyuvar con el abastecimiento hídrico para la irrigación de zonas agrarias y de pastoreo de los pobladores del distrito.



1.5 MARCO TEÓRICO

1.5.1 Muestra

La muestra se tomará por medio de los procesos (MTC E101) ya que este es eficiente, por lo que es necesario asegurar el tamaño de muestra inicial, por lo que este servirá de guía en los próximos ensayos estimados.

1.5.1.1 Procedimiento De Toma De Muestra

Se identifica debidamente las muestras con anotaciones, inscripciones y estampillas, antes de trasladarlos de la sucesiva representación:

- a. Apodo o dígito de labor, o entrambos.
- b. Tiempo de muestra.
- c. Modelo/dígito y emplazamiento de la calicata.
- d. Hondura o altura, o entrambas.
- e. Colocación del modelo.
- f. Ilustraciones para exportación personal o administración en la estancia, incluso la representación a modo de permanecer instalada la muestra
- g. Fichas de prueba de perspicacia SPT en caso sean adaptables.

Grupo A

Se transportan las muestras sin importar el tipo de transporte y el tipo de caja, en caso sea comercial debe de cumplir con los requisitos mínimos de transporte para que la muestra no se pierda.

Grupo B

Este tipo de muestras necesitan un transporte distinto al del Grupo A, el transporte debe ser en cajas selladas que no entre humedad, teniendo la capacidad de que no se rompan en el transporte, los empaques pueden ser de plástico, vidrios. En caso de muestras cilíndricas se puede envolver en papel aluminio y estar cubierto por capas de parafina.



Estas muestras logran remitirse por medio de cualquier transporte. Logran enviarse como hubiesen dispuestas o instalarse en vasijas grandes, sacos, cajones de cartulina o de viga, o cubas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017).

1.5.1.2 Ensayo de Análisis Granulométrico. -

En superficies pedregosos, el importe imperceptible de muestra citada debe ser de 115 g de basto pasada por el tamiz N° 10 (2,000 mm), en superficies cenagosos o arenosos, la suma pequeña debe ser 65 g.

Para el examen granulométrico la muestra necesaria, pende de la simetría entre elegantes y robustos que sea adecuado por el tamiz N.º 10 (2,000 mm) y de la dimensión colosal del basto con el fin de que la sea suficiente la cantidad para que pueda ser distintiva.

1.5.1.3 Contenido de Humedad

Es la correspondencia, mencionada como comisión, del peso de agua en una masa entregada a la superficie, al compromiso de los átomos macizos.

Según lo menciona el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017) este carácter Activo establece el peso de agua suprimida, desecando la superficie aguosa hasta que tenga un deber firme en una cocina intervenido a 110 ± 5 °C*. El peso de la superficie que persiste de la deshidratación en horno es fijado como el peso de los átomos macizos. El desgaste de peso íntegro a la deshidratación es estimado como el peso de la humedad.

1.5.1.4 Limite Liquido De Los Suelos

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017) menciona que es el porcentaje de la humedad hallándose el suelo en estado líquido y plástico. Este método de ensayo se usa en diferentes sistemas de ingeniería ya que divide las divisiones de pizca suave de superficies. El fin neto, el término dúctil, y la relación de flexibilidad de superficies con dilatadamente deslucidos, ya sea personal o grupal, con otras posesiones de superficie con el fin de ordenarlos con su conducta ingenieril contracción-expansión y firmeza a la incisión.



1.5.1.5 Limite Plástico (L.P.) De Los Suelos E Índice De Plasticidad (I.P.)

Se designa término plástico (L.P.) al relente más descenso con la que consiguen constituirse plomadas de superficie de unos 3,2 mm (1/8") de línea, volteando la expresión superficie y llana (vidrio esmerilado), sin que estas se destruyan.

Este proceso de ensayo se usa en diversos sistemas de ingeniería para clasificar de granos finos. Ese método que cauda procesos de líquidos, limite plástico, usado en superficies, ya sea particular o en grupo, diferentes peculios de superficie para ordenarlos con su conducta, así como la compresibilidad, filtración, compactibilidad, contracción-expansión y firmeza a la incisión (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017).

1.5.1.6 Compactación De Suelos En Laboratorio Utilizando Proctor Modificado.

Contiene todas las instrucciones de contraste pasados en Recinto, para establecer la correspondencia entre el Comprendido de Humedad y Peso Celulario Áspero de las superficies tupidas en un modelo de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de línea con una maza de 44,5 N (10 lbf) bajando de una elevación de 457 mm (18 pulg), causando un carácter compacto de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie)). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017)

1.5.1.7 MTC E 117 - Ensayo Para Determinar La Densidad Y Peso Unitario Del Suelo In situ Mediante El Método Del Cono De Arena.

Se usa para determinar la consistencia de superficies petrificados que se ubican en la construcción de parapetos de suelo, por lo general se usa como base de aprobación de suelos densos que se adaptaran a una determinada densidad fijada por un determinado proceso de ensayo. Así mismo, es usado para determinar la consistencia in-situ de establecimientos de superficies nativas, adheridos, composición de superficies o un material parecido.

Se usa en superficies que no excedan de roca o materiales directos robustos con una línea mayor a 1 ½ pulg (38 mm). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017)



1.5.1.8 Tipos de presas de tierra

Se designa mecanismo de una presa de suelo a la representación y constitución que se mira en una incisión erguida y estándar a la dirección de su tapiz.

Este rigor no logra instituirse rígidamente ya que dependerá de los instrumentos que se tengan en el lugar de la obra. Las composiciones capitales de estas situaciones dan término a una diversidad usualmente inmensa de dispositivos que logran estar en conjunto de formas diferentes particulares que se narraran seguidamente.

Los materiales que se tiene en la zona de obra para la construcción de una presa, es necesario que esta se caracterice por poseer una distribución estanca, así como materiales resistentes de grano fino o grueso, por lo que esté diferencia está perpetuamente inculcada en cualquier dispositivo de una presa de tierra.

Según Juárez y Rico (1973) las características primordiales de dispositivos a que se apela hoy en día son las siguientes:

a. Secciones homogéneas

Se componen por lo general de un solo material, es un material considerado el más antiguo, se usa actualmente en obras pequeñas. Usando un solo material se puede construir una zona, con material seleccionado con un tipo de construcción distinta de lo habitual, colocando distintas variaciones en la zona de la presa con este material único.

Según Juárez y Rico (1973) menciona que estas secciones tienen otra forma de construcción como materiales especiales. En otros términos para la construcción de la presa se usa materiales diferentes, como suelos finos, gruesos, pero que en su construcción de este tipo se hacen construcciones de buen funcionamiento bastante permeables.



b. Sección graduada

Por otro lado, Juárez y Rico (1973) indican que este tipo de seccion es usado cuando los materiales usados son permeables en volumen, ya que suelen ser economicos para la construccion de la zona, que producen cortinas de indole graduada. Como tambien brindan la impermeabilidad que se necesita al grupo, se usan en zonas de superficies finas, arcillosos, pero que sean relevantemente finos. Existen zonas con material granular grueso, este proporciona la permanencia de la cortina, siendo la contextura de este material permeable. Estas suelen tener capas protectoras contra las erosiones en ocasiones donde la zona exterior de la cortina posea material pesado.

c. Sección de enrocamiento con corazón impermeable (sección mixta)

“Juárez y Rico, (1973) indican que está formado de una impermeable que brinda poca estabilidad a los dorsos de enrocamiento, dando fijeza al mismo. Se constituye erguido y al foco del dispositivo o con la corriente que se califique provechoso. Entre el corazón y los reversos de enrocamiento han de colocarse dispositivos colador, que resguarden al basto del corazón y frenen su propagación de las rocas; si los reveses son de cascajos o sílices útilmente apartadas, las mangas logran alcanzar a destruirse.

1.5.1.9 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Este sistema, originalmente introducido por el Dr. Arthur Casagrande como “Sistema de clasificación de suelos para Aeropuertos”, durante los años de la segunda Guerra Mundial, fue ligeramente modificado, posteriormente por el “U.S. Army Corps of Engineers” y el “U.S. Bureau of Reclamation”, para adoptarlo a usos en caminos, presas de tierra y cimentaciones; actualmente se le conoce como sistema unificado.

Brinda la doble preeminencia de considerarse expeditamente configurable a la huerta y a la estancia, solicitando poca práctica y todo lo probado, naturales para establecer al conjunto donde concierne una superficie entregada. Considerando la granulometría, la



cantidad y las tipologías de la flexibilidad, narra las superficies haciendo que sea fácil, asociando a cada conjunto de superficie la disposición de dimensión de los tipos artilugios, más significativos y seguidamente su adaptación a varias rutinas en la cimentación.

Nina (2017) menciona que las superficies se eligen por emblemas de conjunto las partículas son los principales de los apodos en ingles de las 6 primordiales tipologías de superficies (cascajo, sílice, légamo, tierra, superficies armónicas de pizca fino y torrentes), y los posfijos muestran divisiones en los conjuntos.

1.5.1.9.1 Suelos Gruesos.

Nina (2017) “Se dividen en gravas (G) y arena (S), y se separan con el tamiz No. 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz No. 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario” (p.34).

1.5.1.9.2 Suelos Finos.

“El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O)”.

Estas superficies se subdividen de acuerdo con el término deducido, en ambos conjuntos el cual su frontera es $L_1 = 50\%$. Si el límite neto de la superficie es inferior de 50 se aumenta al emblema corriente de carácter L (low compresibility). Si excede es de 50 se aumenta la cifra H (high compresibility).

En la tabla 02, se presenta la simbolización de superficies según sean las disposiciones positivas inversas en la huerta de compromiso, sobresaliendo que el origen mostrado es relacionado, ya que la distribución de este madero intercede en desemejantes elementos subyugados por prácticas convenientes logradas del escritor. (Nina, 2017)



Tabla 2: Clasificación de suelos S.U.C.S

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRE DEL GRUPO
GW	Grava bien graduada
GP	Grava mal graduada
GM	Grava limosa
GC	Grava arcillosa
GW-GM	Grava bien graduada con limo
GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
GP-GM	Grava mal graduada con limo
GP-GC	Grava mal graduada con arcilla
SW	Arena bien graduada
SP	Arena mal graduada
SM	Arena limosa
SC	Arena arcillosa
SW-SM	Arena bien graduada con limo
SW-SC	Arena bien graduada con arcilla
SP-SM	Arena mal graduada con limo
SP-SC	Arena mal graduada con arcilla
CL	Arcilla de baja plasticidad
ML	Limo de baja plasticidad
OL	Limo / Arcilla orgánica
CH	Arcilla de alta plasticidad
MH	Limo de alta plasticidad
OH	Limo / Arcilla orgánica
PT	Turba

Fuente: Gonzáles (2002).

1.6 ANTECEDENTES:

Como parte del desarrollo de la presente tesis, se ha iniciado con la fase de recopilar y evaluar toda la información existente referente a los temas a desarrollar e incluso a estudios preliminares hechos en la zona o adyacente a ella. En el año 2015, la Municipalidad Distrital de Livitaca, comenzó a proyectar un estudio de la zona y alrededores al sector Hayculli, denominado “Mejoramiento del Sistema de Riego Molienda” a nivel de perfil, habiéndose declarado viable, sin embargo, al parecer como muchos proyectos, estos solo se hicieron a nivel económico, sin tener en cuenta estudios detallados de ingeniería como geología, geodinámica externa, hidrológicos, geofísicos, geotécnicos; por la cual, al estar muy lejano de la realidad para un expediente, es que hasta la fecha no se ha intervenido en el lugar. Es por ello que para nosotros los tesisistas nos motivan a realizar estos estudios. Como información geológica a nivel regional, solo se cuenta con el Boletín N° 52 que contiene información del cuadrángulo de Cusco 28-s y Livitaca hoja 29-s a escala 1:100,000 publicado por el INGEMMET o Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del año 1994, no



existiendo estudios a nivel geológico a nivel local. (Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú, 1994)

En este enfoque situacional, es que, la Comunidad Campesina de Quehuincha a través de su junta directiva, nos ha brindado su autorización, apoyo y colaboración, para el desarrollo de este trabajo de tesis, cuya información, también servirá para que ellos mediante un documento físico, puedan exponer mejor su problemática y la solución parcial a sus problemas de escasez de agua que sí o sí, está en la necesidad de construir una represa en el sector de Hayculli.

1.7 METODOLOGÍA

El desarrollo de la presente tesis, “Estudio Geológico, Geotécnico para la Construcción de la Presa Hayculli, ha tenido que considerar las siguientes etapas de trabajo:

1.7.1 Etapa de Coordinación con la comunidad Campesina:

Previo a la inscripción del tema de Tesis, se coordinó con los directivos de la Comunidad de Quehuincha, los cuales plantearon la necesidad de realizar un estudio en el humedal de Hayculli, para ver si tiene condiciones o no de construir en él una represa, para ello se hizo una visita previa, a la zona, viendo que topográficamente presenta condiciones (relieve plano de vaso de almacenamiento, Eje de salida angosta), aparente buenas condiciones geológicas en zona de eje de represamiento, ausencia de problemas geodinámicos (deslizamientos, erosión y transporte de sedimentos), buenas condiciones hidrológicas de poder generar un volumen apreciable de agua de escurrimiento; estas buenas condiciones iniciales, motivaron a plantear la necesidad de realizar estudios de detalle en el campo Geológico, geotécnico hidrológico y otros, que garanticen y sustenten esta hipótesis inicial.



1.7.2 Fase de recopilación de información existente

Desarrollado íntegramente en gabinete, esta tiene por objeto la búsqueda y revisión de información bibliográfica física, digital y cartográfica, referente al espacio geográfico materia de estudio, y bibliografía como tesis, normas, libros especializados etc, afines al contenido de la tesis.

Así mismo en esta etapa, se ha procedido a elaborar los mapas temáticos preliminares como la delimitación del área hidrológica generación de curvas de nivel, generación de imágenes satélite, generación del mapa de pendiente, mapa de geología regional, planeamiento de líneas de sección sísmica, delineamiento preliminar el eje del dique, etc para todo ello se ha utilizado los programas ArcGis, AutoCad, Civil 3D.

1.7.3 Fase de campo

1.7.3.1 Fase de campo 1.

Esta fase se ha procedido a realizar el cartografiado geológico a nivel detallado los cambios litológicos a nivel de eje de represamiento y alrededor del vaso de almacenamiento; así mismo se ha realizado levantamiento de secciones estratigráficas tipo en cortes de talud rocoso y cortes de suelos en caminos etc. En esta etapa, también se ha realizado el cartografiado de procesos de remoción en masa o erosión de laderas, que implique riesgo a la estructura del dique o reducción de la capacidad de almacenamiento del vaso. Finalmente, esta etapa ha servido para realizar las secciones estructurales, identificación de lineamientos estructuras (fallas, fracturas, pliegues etc).

1.7.3.2 Fase de campo 2

Estudio de mecánica de suelos: Los trabajos de campo para la investigación geotécnico, han consistido en la investigación in situ de las características físicas mecánicas de los materiales directos de cimiento de la estructura de la presa, así como las áreas de canteras de préstamo a manejar para la cimentación de la presa Hayculli, para cuyo efecto,



se ha seguido la metodología propuesta por : Small Dams, Earth Manual, Asociación de Ingenieros Especialistas de los EEUU, autores importantes como Karl Therzaghi, Juárez Badillo, Jiménez Salas, Whitman, Lambe y otros.

De tal manera que se ha seguido una metodología reconocida, en base a la cual se ha efectuado la programación de los compromisos tanto de huerta como de tocador.

Para el caso de los suelos encontrados se han utilizado los procedimientos correspondientes al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), habiéndose programado y ejecutado los siguientes trabajos de campo:

Excavación de calicatas realizadas en el eje de presa, y zonas de pedregal de basto de prestación, cuyos resultados se aprecian en tanto en tablas resumen.

Descripción litoestratigráfica del perfil en las calicatas de exploración, con sus correspondientes ensayos in situ con fines de determinación la densidad natural, incluido de rocío y resistencia de superficie (DPL), etc. para finalmente obtener las muestras en cantidad y calidad (inalterada y disturbada), para las pruebas de estancia de funcionamiento de superficies y materia prima.

Naturalmente, a observación directa de campo, la zona de trabajo presenta condiciones óptimas para establecer los patrimonios índices de las superficies en zona de establecimiento como en zona de cantera, mediante los ensayos rutinarios de estancia de Funcionamiento de Superficies.

Finalmente, por medio de la investigación geotécnica realizada, se pudo encontrar los parámetros geotécnicos necesarios que servirán como base para la sistematización de cabida aceptable de carga en lista de cimentación; y la calidad de los materiales de cantera mediante ensayos físicos y mecánicos.



PROSPECCIONES

- El número de sondajes (tres para geotecnia) 6 para geofísica y 10 pruebas de infiltración, y ha sido previsto previamente definido la longitud de la estructura de represamiento y la altura topográfica del área de inundación, así como la variación de la naturaleza del terreno de fundación.
- La profundidad de las calicatas de exploración estuvo definida, tomando en cuenta cambios de materiales presentes en el perfil, así como a la altura de la estructura de embalse (presa de tierra de 5 m de altura) y nivel de cimentación de la misma.
- Con los parámetros geotécnicos definidos, ha permitido determinar la profundidad de desplante de cimentación más segura.

1.7.3.3 Fase de campo 3

Estudio geofísico: Los trabajos de campo para el estudio geofísico,

1.7.4 Etapa de laboratorio

Esta etapa se ha desarrollado en el laboratorio de Geomecánica de Suelos.



CAPITULO II

GEOMORFOLOGIA

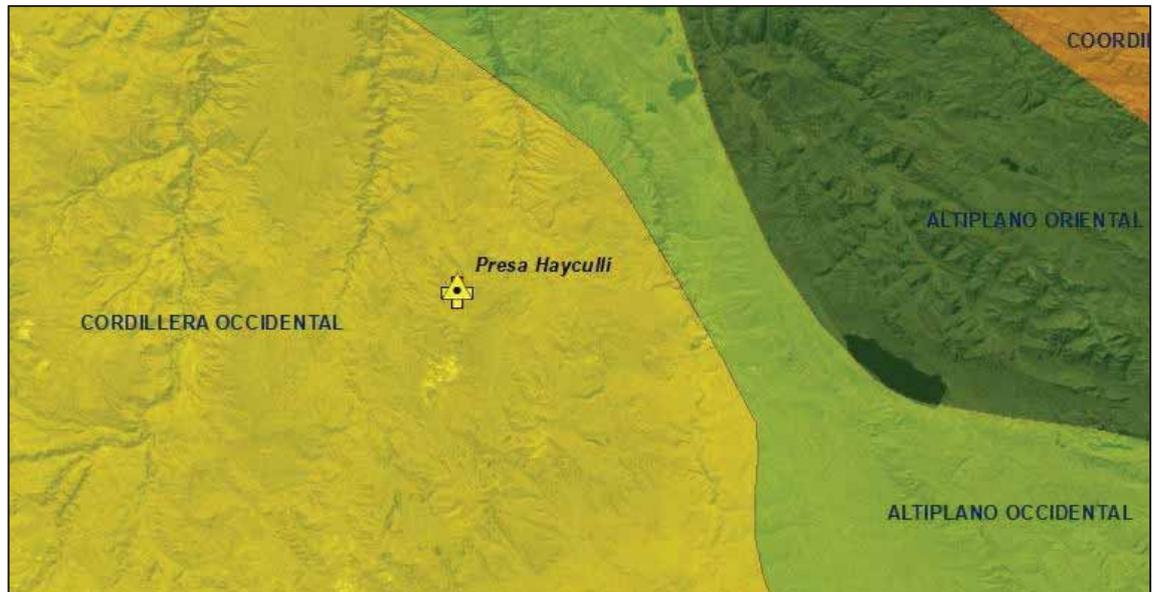
2.1 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

En el aspecto geomorfológico regional y megaestructural el Ambito de estudio se encuentra en la Cordillera Occidental de los Andes Peruanos. Hacia el Norte la Cordillera Occidental desde un rumbo SSE - NNW se extiende cambiando hacia un rumbo EES - WNW produciendo la denominada Deflexión de Abancay, mientras que al Sur se extiende en rumbo NNW - SSW, bajo la denominación geográfica de la Cordillera de Carabaya en el Departamento de Puno.

A escala regional se presentan características geomorfológicas variadas en la grafía de su área y técnicas de depresión, debido substancialmente a la apariencia de la serranía andina, realce alta y confusa complejidad mineral, que traspasa de ostentación corriente NW-SE, condicionando la presencia de varios suelos latitudinales morfoclimáticos. Así, el ámbito de investigación en su mayor extensión queda ubicada en el valle glaciar y con respecto a su litología pertenecería a un paisaje kárstico formado durante el pleistoceno.



Foto 2: Emplazamiento de la represa Hayculli en el contexto de la Geomorfología Regional



Fuente: INGEMMET

Así mismo, según el INGEMMET, esta macro unidad geomorfológica, está compuesta por:

➤ **Valle glaciar.**

Está conformado por depresiones o fondos de valle glaciar allanadas alargadas conformada por depósitos glaciares, en el que se albergan lagunas o humedales altoandinos.

➤ **Vertiente glacio fluvial.**

Son relieves de ladera de montaña de suave pendiente conformada por depósitos antiguos de origen flúvio glaciar.

➤ **Vertiente o pie de monte coluvio-deluvial**

Está constituido por laderas de montaña recubiertas por depósitos de suelo coluvial de potencia variable.



➤ **Morrenas**

Conformado por relieves acolinados bajos conformado por bolonería grande envueltos en matriz fina de naturaleza ígnea o sedimentaria.

➤ **Montaña estructural de roca sedimentaria.**

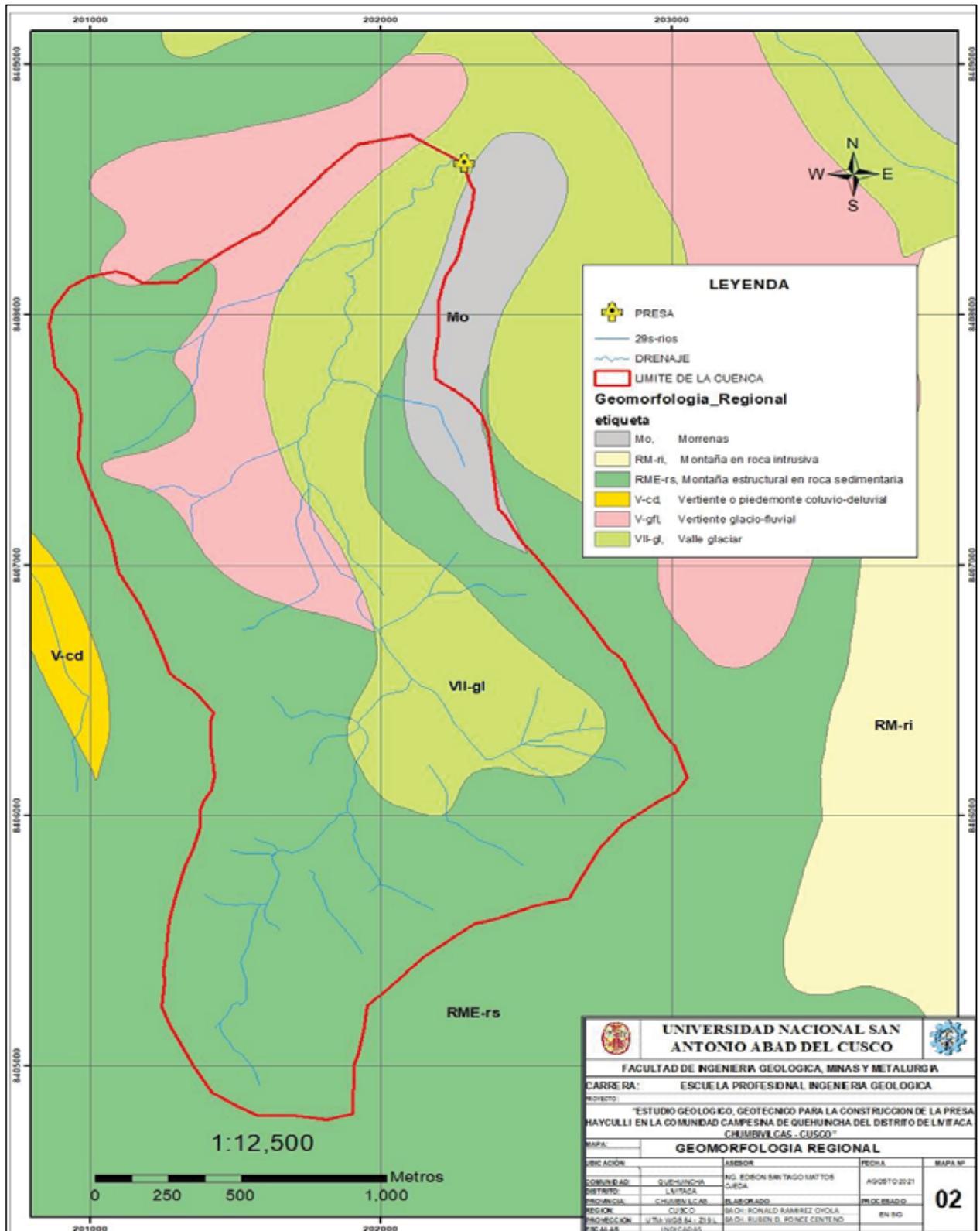
Está conformada por altas cumbres de montaña baja o alta de aspecto escarpado originado por eventos tectónicos y altamente deformado, conformado por rocas sedimentarias en especial de calizas de la formación Arcurquina.

➤ **Montañas de roca intrusiva**

Conforman relieves de montaña alta o baja erosionados de relieve convexo allanado, conformado en la zona por rocas de naturaleza diorítica.



Mapa 2: Unidades geomorfológicas regionales





2.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

La configuración geomorfológica local de la zona Hayculli, es debido a métodos alrededor de degradación y agravación o acopio, el cual su naturaleza parental se forma por medio de la apariencia de los almacenes calcáreos de formación Arcurquina y rocas ígneas del Plutón Charamuray. Por medio de este proceso se origina una aguda depresión desde cabecera de cuenca formando un valle glaciar en “U “en algunos tramos del rio principales relieves cortos conformado por humedales, y lagunetas, por último, ya que los métodos geológicos y a anómalos atmosféricos, se formaron los almacenes fluvio glaciares del cuaternario flamante.

Los factores y agentes de intervinientes terrestre que han primado en construcción de este relieve tenemos:

Los procesos tectónicos, a través de las corrientes fallidas epirogenéticos; florecientes precedentemente del derramamiento ardiente y la moderna glaciación, ha tallado el área del espacio. Si bien hoy en día, concurre una paz geológica, por lo que las distribuciones físicas marchan como inspectores pacientes en los métodos morfodinámicos presentes.

Incidencia de rocas intrusivas

La disposición anatómica del plazo es debido a la apariencia de piedras intrusivas de composición diorítica pertenecientes al Paleógeno Neógeno, que instruyeron a rocas calcáreas del Cretácico Superior. En su origen estos conformaron altas cumbres de cimas acerradas, pero ahora sus relieves son acolinados de media altitud.

Incidencia de procesos hidroclimáticos

Todo el modelado de la Cordillera de los Andes se da desde su origen (final de la Era Mesozoica, a finales del Cretácico tardío), producto de la inclinación de afinidad de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana; desde el cual se ha podido distinguir un periodo



de glaciación muy intensa sucedió hace 65 millones de años, última etapa de la época de Mesozoica. Aquí se registraron 4 desarrolladas glaciaciones que involucraron magnas superficies del suelo; togas de hielo con diámetro de más 3 kilómetros de espesor se desarrollaron a partir los extremos y involucraron en su carretera gran parte de los continentes, y que al deshielarse produjeron desplazamiento de grandes masa de suelos en morrenas y fluvioglaciarios, estos cambios severos del clima produjeron períodos climáticos de altas precipitaciones principal agente del deterioro y supeditada relieve. Hoy en día estos funcionarios son importantes en los métodos morfodinámicos.

Procesos eólicos

Por la altitud a la que se encuentra el proyecto 4300 msnm, y la cuenca Hayculli 4300 – 4800 msnm, este factor también es importante, exponiendo a los afloramientos rocosos y suelo desnudo a las estándares y tifones que acontecen en las altiplanicies, con corrientes formados por las discrepancias de coacción en transcurso del día haciendo de este lugar muy persistente e influyente a la erosión laminar de laderas rocosas y suelos descubiertos.

Procesos antropomórficos

El hombre interviene por medio del sobre pastoreo e incendios de pastos naturales, los cuales generan la degradación de la cobertura vegetal dejando al suelo desnudo y a expensas de los agentes erosivos. En la zona de estudio, no coexiste presencia de subestructura, solo existe vía general.

2.2.1 Pendiente

De acuerdo con el mapa de pendientes, la microcuenca Huayculli, tiene un relieve mayoritariamente de ligeramente empinado (15 – 25%) y que invade un plano de 34.06 % del mercado sistémico.

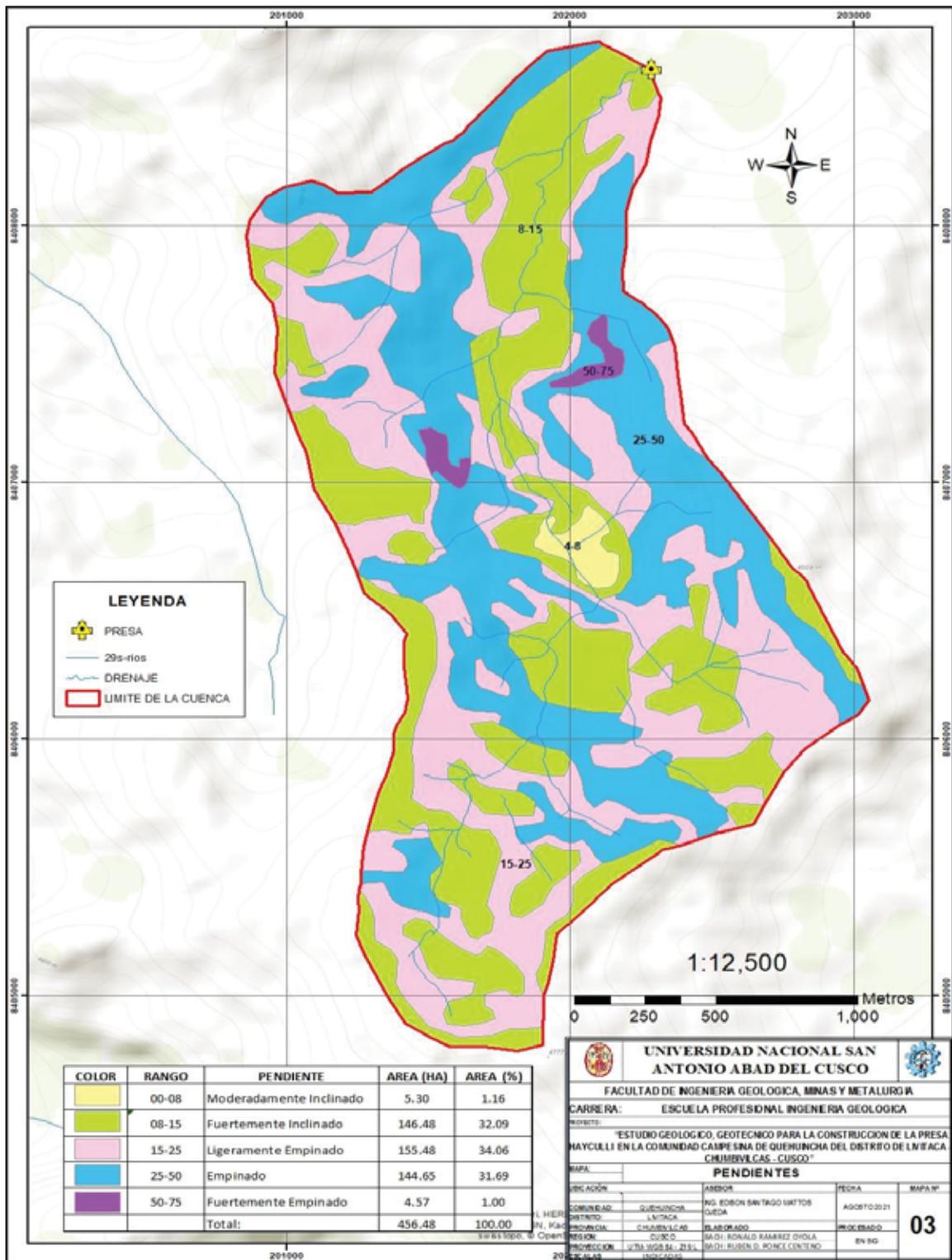


Tabla 3: Distribución de pendientes a la largo de la cuenca Hayculli

COLOR	RANGO	PENDIENTE	AREA (HA)	AREA (%)
	04-08	Moderadamente Inclinado	5.30	1.16
	08-15	Fuertemente Inclinado	146.48	32.09
	15-25	Ligeramente Empinado	155.48	34.06
	25-50	Empinado	144.65	31.69
	50-75	Fuertemente Empinado	4.57	1.00
		Total:	456.48	100.00



Mapa 3: Pendientes de la represa





2.2.2 Fisiografía

Altiplanicies Onduladas: Esta unidad fisiográfica se halla invadiendo la zona baja media de la cuenca de Hayculli se encuentra conformado por relieves planos y con lomeríos situados en las zonas más bajas de la órbita, litológicamente esta conformadas por material de transporte morrénico o flúvio glacial de potencia variable. Ocupa el 27.01% de la zona general de la cuenca de aporte.

Foto 3: Vista de relieves ondulados circundantes a la cuenca Haycul



Laderas de montaña baja Allanada: Esta unidad fisiográfica se halla invadiendo la zona alta Sur y Oste alta de la cuenca de Hayculli, se encuentra conformado por relieves vertientes de ladera allanadas sin problemas de disección modelado sobre rocas de origen ígneo y calizas de la formación Arcurquina; ocupa el 43.75% del sitio integral de la cuenca de aporte.



Foto 4: Vista de ladera de montaña baja allanada.



Laderas de montaña baja Empinadas: Este dispositivo fisiográfico se halla invadiendo la porción alta del extremo Este de la cuenca de Hayculli, se encuentra conformado por relieves más abruptos de origen mayoritariamente de Plutón Charamuray; ocupa el 14.47% dl superficie integral de la cuenca de aporte.

Foto 5: Vista de laderas de montaña baja empinadas



Laderas de montaña baja Fuertemente empinadas: Esta unidad fisiográfica se halla ocupando la porción media y zona alta Sur de la cuenca de Hayculli, se encuentra conformado por relieves abruptos de origen mayoritariamente calcáreo de la formación Arcurquina; ocupa el 13.73% del espacio integral de la cuenca de aporte.



Foto 6: Vista de laderas de montaña baja fuertemente empinadas



Laderas de montaña baja Escarpada: Esta unidad fisiográfica se halla muy restringida de la zona, emplazándose en extremo Noroeste de la cuenca, se encuentra conformado por relieves abruptos de origen calcáreo perteneciente a la alineación Arcurquina; invade el 1.03% del espacio integral de la cuenca de aporte.

Foto 7: Vista de laderas de montaña baja escarpadas

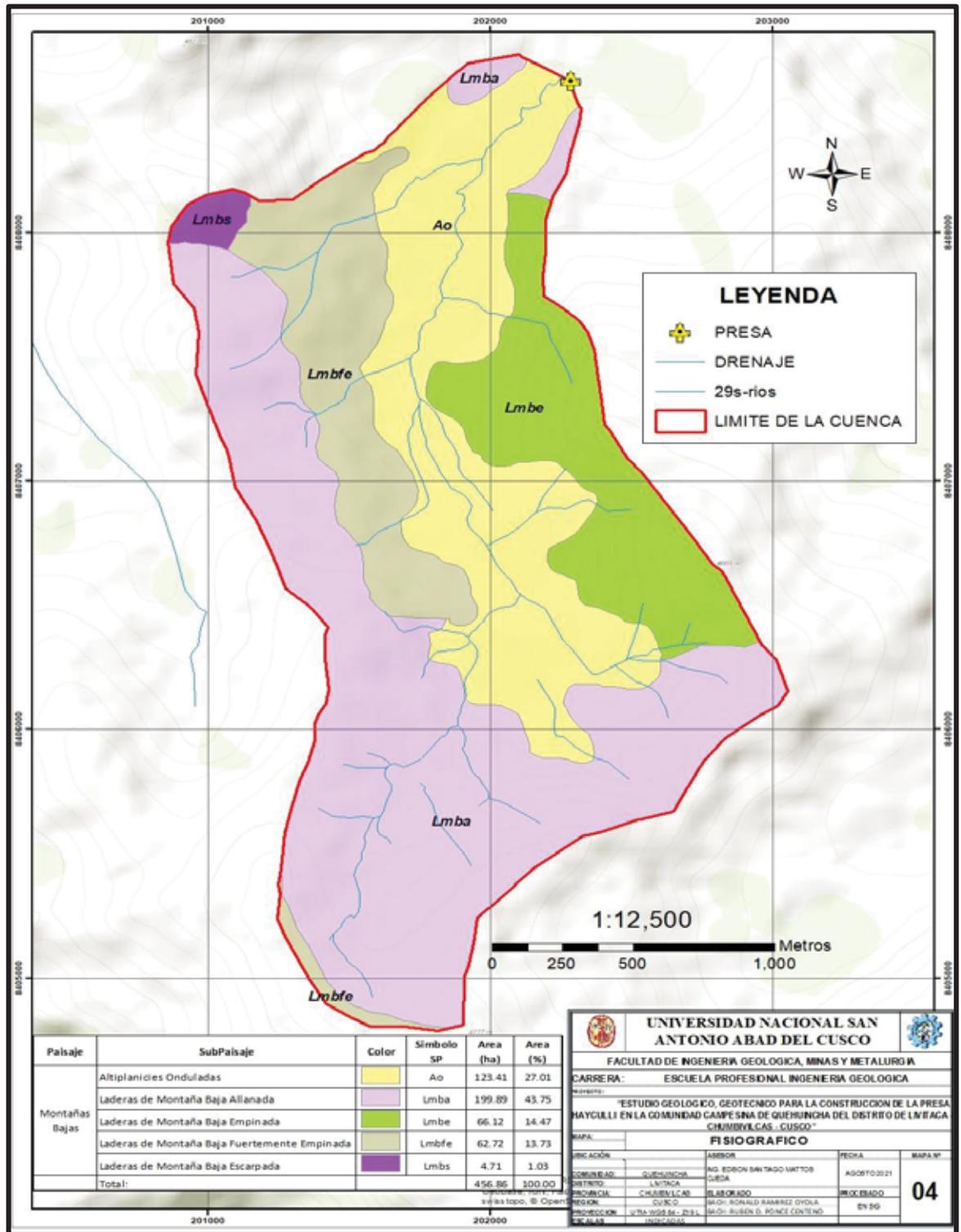


Tabla 4: Distribución estadística de las unidades fisiográficas

Paisaje	SubPaisaje	Color	Símbolo SP	Area (ha)	Area (%)
Montañas Bajas	Altiplanicies Onduladas		Ao	123.41	27.01
	Laderas de Montaña Baja Allanada		Lmba	199.89	43.75
	Laderas de Montaña Baja Empinada		Lmbe	66.12	14.47
	Laderas de Montaña Baja Fuertemente Empinada		Lmbfe	62.72	13.73
	Laderas de Montaña Baja Escarpada		Lmbs	4.71	1.03
	Total:			456.86	100.00



Mapa 4: Unidades fisiográficas cuenca Hayculli.





2.2.3 Geomorfología del Vaso Propuesto de la Presa

Está conformado por un relieve amplio allanado de naturaleza agradacional, cubierta superiormente por suelos biogénicos (orgánicos) típico de humedales, con depósitos glaciáricos hacia el fondo de hasta 15 m de potencia y como basamento rocoso en profundidad a rocas ígneas de naturaleza diorítica del Plutón Charamuray. Este vaso de almacenamiento está confinado por relieve de montaña baja de suave pendiente conformada por acumulación de suelos glaciáricos y rocas ígneas.

Foto 8: Fondo de vaso de almacenamiento



2.2.4 Geomorfología Del Dique Propuesto

El estribo Izquierdo del dique, está conformado por un relieve acolinado recto que proviene de la unidad mayor montaña baja, de suave pendiente de hasta 10 m de altura, con basamento rocoso de naturaleza ígnea, y recubierta por suelos glaciáricos de hasta 5 m de espesor.



Foto 9: Geomorfología del estribo izquierdo del dique



El estribo Derecho del dique, está conformado por un relieve acolinado curvado a manera de cierre de cuenca, que proviene de una unidad mayor Montaña baja, de suave pendiente de hasta 20 m de altura, con basamento rocoso de naturaleza ígnea, y recubierta por suelos glaciáricos de hasta 4 m de espesor.

Foto 10: Geomorfología del estribo derecho del dique





2.3 Controles Geomorfológicos

La represa de Hayculli se encuentra a 4300 msnm, en la cordillera Sur Occidental de naturaleza tectónica, con calizas fuertemente plegadas del Terciario, instruidas por cuerpos intrusivos de naturaleza diorítica del Paleógeno a Neógeno. Durante el proceso de deglaciación en el Holoceno (110,000 años a.C), grandes volúmenes de material glaciárico desde las cimas de montaña, fueron transportados y redepositados hacia las vertientes de las montañas altas y bajas de la cordillera de las andes formando cierres naturales de lagunas, lagunetas, y humedales como es el caso de la depresión de Hayculli.



CAPITULO III

GEOLOGIA

3.1 GEOLOGÍA REGIONAL

3.1.1 Formación Arcurquina (Kis-Ar)

Abancay (1975) y Pecho (1981) utilizan el vocablo Ferrobamba para la sucesión caliza de enfoque estratigráfica equivalente a la Alineación Arcurquina. Consecutivamente Mendivil. (1978) utiliza el vocablo de Arcurquina diversificando 3 órganos para el espacio de Livitaca, aclarando que este dispositivo es reclasificado ya que logra dividirse en diferentes dispositivos con la condición de alineación e accesorios de un conjunto, no teniendo tal alteración ya que no se ha ejecutado las reflexiones convenientes. (Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú, 1994)

Como también en esta área se han comprendido a diversos afloramientos calcificados del Cretáceo en un misma aparato litoestratigráfica, siendo su paralelismo litológico y análogo sucesión estratigráfica; es considerado como la continuación adyacente de la Alineación Arcurquina, motivo que se conserva la designación.

“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”. (Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú, 1994)

Morfológicamente, brinda un panorama más rudo que las peñascos conurbanos, formando los zonas de grande altira en el espacio, con periodicidad se han desarrollado pendientes escabrosas y bordes penetrantes inspeccionadas por las mantos de gradación así mismo, se logra estimar planos cársticas de semblante plegado ya que el ejercicio de la meteorización que ha desarrollado dolinas, grutas siendo esta la de más extensión, que se



encuentra en los alrededores de Livitaca, con categoría espeleológica examinada a ras nacional.

Esta alineación está constituida por una gruesa serie de calizas grises, tenebrosas, azuladas y ambarinas, con lustre gris, de semblante fuerte y se determinan por mostrar venillas entrelazadas de calcita; esta se observa al rededor del espacio de colocación de la presa Hayculli. Se subdivide a su vez en tres miembros:

Miembro A: Este está formado por secuencias gruesas de calizas, la gradación es determinada en mantos corpulentos hasta de 2 metros, se puede visualizar de lejos, misma que es su característica y su forma.

Miembro B: Son calizas grises claras, con capas medianas posee varios nódulos de chert, dilatados o preparados comparablemente a la gradación con venillas de calcita en cisuras. Por meteorización el chert subraya intrínsecamente del pedazo del plano de cada manto, constituyendo prominente dilatados, siendo de representación inconcebible. (Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú, 1994)

Miembro C: Formado por cales gris negras, margosas y margas en capas corpulentos con gradación sólida, este dispositivo no necesariamente se halla en el íntegro ejercicio erosiva presente.

En la zona de estudio, se encuentra vestigios de las calizas en forma de clastos, esta formación ya erosiono casi en su totalidad, mostrándose en la siguiente foto.



Foto 11: Afloramiento de calizas de la formación Arcurquina



Foto 12: Calizas grises propias de la formación Arcurquina, *extremo Sur* del área de emplazamiento de la presa de Hayculli.



3.1.2 Depósitos Cuaternarios

Durante el Cuaternario, en la zona de estudio se depositaron sedimentos de origen Glaciar, descritos a continuación.

- **Depósitos Fluvioglaciares (Qp-Fg)**

Del Plioceno, Estos depósitos de detritos, tienen gran distribución en todo el rededor del embalse y zona de ubicación de la presa, formando detritos de rampa que envuelven mayor porción de los declives intervienes y descendes, así como el mismo fondo de vaso de embalse. Los materiales directos acumulados por ejercicio mixto del peligro y los chaparrones se presentan bloques, piedras y



cascajos subangulosas a subredondeadas de constitución calcificada y diorítica, englobadas en matriz arcillo-arenosa, generados por acción de la crioclastía y derrubiación de envoltorios lodosos e ardientes aventurados, rejuvenecidos por la operación del intemperismo.

Foto 13: Al rededor del área del embalse de la presa Hayculli, se observa Deposito Fluvioglaciar fondo de la foto



3.1.3 Rocas Ígneas

Son de ambiente intrusiva en el espacio analizado son plutónicas e intrusivas mínimos; generalmente son organismos chicos abandonados. Los organismos de mejor dilatación se sitúan en la zona de Qomerpata aledaños al lugar de análisis, donde se aprecia la flora de rocas intrusivas de Diorita. Se diferencian de las demás rocas plutónicas porque son dioritas y granodioritas.

- **Plutón de Charamuray (PN-cha/di)**

El Plutón Charamuray tiene una edad Paleógeno Neógeno, ha sido clasificada como una diorita, como minerales esenciales se tiene a las plagioclasas, en 88% y 70% simbolizadas por albita, andesina y diferente estructura como la Labradorita; regionalmente este cuerpo intrusivo, aflora ampliamente desde el poblado de



Chilloroya, Parcopampa y Cerropampa en el distrito de Livitaca. Así como en el sector de la laguna de Qomerpata, Hayculli etc.

por grano grueso, constituida esencialmente por plagioclasa, hornblenda, biotita y cuarzo

Foto 14: Afloramiento del Plutón de Charamuray, sector de Qomerpata , cerca de la zona de estudio



Foto 15: Sector de Qomerpata, se observa el Plutón de Charamuray. Diorita compuesta





Figura 1: Columna estratigráfica de la zona de estudio

EDAD		UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS		ROCAS INTRUSIVAS			
Etiqueta	Sistema	Etiqueta	Descripción	Etiqueta	Descripción		
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos Eólicos	Oh-bo	Intercalación de limos, arenas y niveles orgánicos	Unidad Urubamba Unidad Cuzco Unidad Paucamarca Unidad Puno Unidad Arequipa Unidad Muro Unidad Mita	
		0-01	Depósitos Aluviales	Oh-el	Clastos y gravas en matriz limo arenosa.		Pih-ec-cho Pih-ec-cho P-poloza Monoclima cuarzosa
			Depósitos fluvio-glaciales	Opl-ig	Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa		
			Depósitos Morénicos	Opl-mo	Morenas, limos, arenas y gravas		
	NEOGENO	PLIOCENA	1-1.8	Volcánico Villavieja	NO-vi		Tobas cineríticas riodolíticas
			Unidad Lávica	NO-ba/d/a/n	Lavas dacíticas a andesíticas porfíricas a afíticas		
				Unidad Periférica a África	NO-ba/ji		Intercalación de tobas cineríticas y lías
				Unidad Toba	NO-pl		Intercalación de areniscas, conglomerados y tobas retrabajadas
			Fm. Paucamarca	NO-qq3	Domos y flujos dacíticos porfíricos		
			Unidad de domos	NO-qq2	Tobas dacíticas no soldadas		
Unidad Toba			NO-qq1	Lavas dacíticas porfíricas			
Unidad Lávica			Nm-ma3	Limoarcillas y dolomitas			
Volcánico			Nm-ma2	Areniscas y limoarcillas marrón rojas			
Quechua Grande			Nm-ma1	Tobas lías y tobas cristalinicas de composición riolítica a riodacita			
Epo. Maure	Pih-ta	Intercalación de aglomerados volcánicos y lavas brechoides					
PALEOGENO	EOCENA	24	Grupo Tacza Individual	P-pul-ar/qq	Intercalaciones de areniscas y conglomerados		
		65	Grupo Puno	P-pul-qj/lx	Intercalaciones de conglomerados y brechas		
SUPERIOR	CRETACEO		88	Fm. Arequipa	P-pa	Intervicío, intercalación de areniscas rojas, conglomerados polimórficos y tobas	
		136	Fm. Muro	Kis-ar	Calizas nodulosas intercaladas con lías y margas		
MESOZOICA	JURASICO	156	Fm. Muro	Ki-mu	Limo lías rojas intercalado con areniscas arcósicas		
		159	Grupo Mita	PeT-mi	Intercalación de areniscas y conglomerados		
PERMICO	SUPERIOR						



3.2 GEOLOGÍA LOCAL DE LA PRESA Y ESTRATIGRAFÍA

3.2.1 Formación Arcurquina (Kis-Ar)

Aflora ampliamente al SUR del humedal Hayculli, Está formada por robustas series de piedras lánguidas, foscas, azulinas, entre otros. De semblante macizo y se determinan por mostrar venillas entrelazadas de calcita; esta unidad se observa en la parte alta de la zona Sur del área de emplazamiento de la presa Hayculli.

En la zona de estudio afloran los miembros 2 y 3 de esta formación, el cual se encuentran erosionados y recubierto por material glacial.

Foto 16: Se aprecia caliza de formación Arcurquina

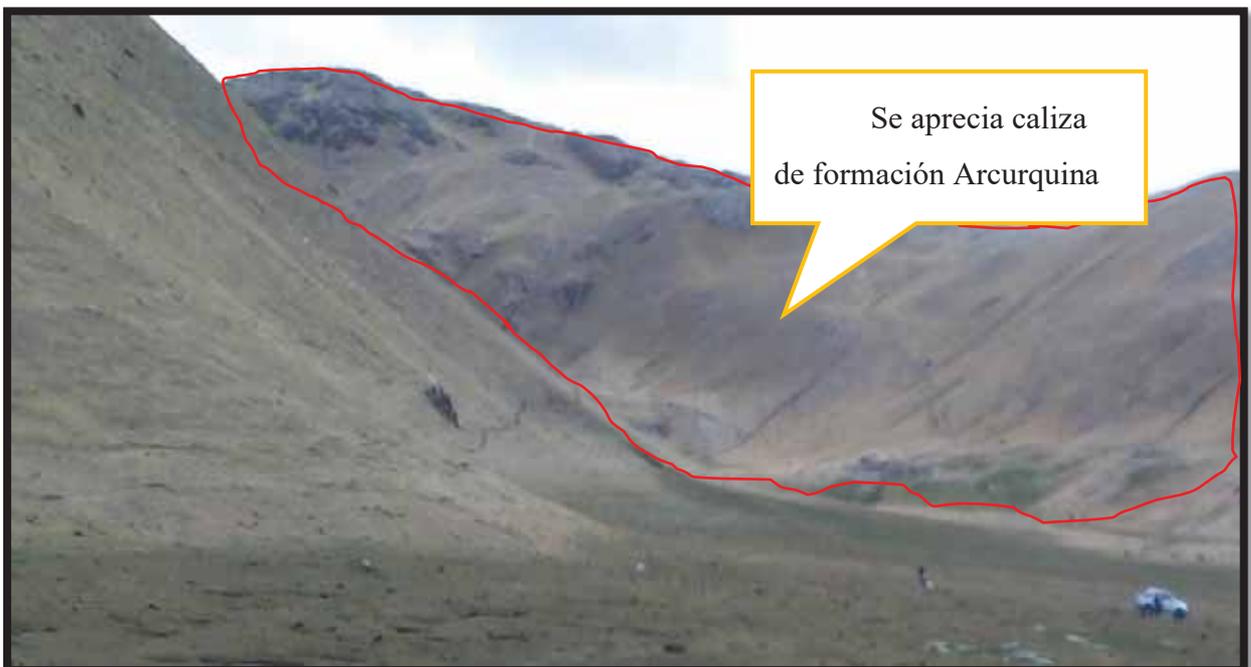




Foto 17: Afloramiento de Calizas de la formación Arcurquina



3.2.2 Cuaternario

Depósitos glaciáricos

Se hallan expuestos invadiendo sitios de ladera que rodea al humedal e incluso cubriendo afloramientos de caliza de la formación Arcurquina de relieve acolinado de baja altitud. Subyaciendo a los depósitos de bofedal, se encuentra una gruesa capa de esta naturaleza glaciárica.

Litológicamente, se forman por bolones y coplas angulares a subangulosos de caliza y rocas ígnea de naturaleza diorítica (según sea su posición), en matriz arenosa y arenas tufáceas (tufos de origen probable del volcánico Santo Tomas), se disponen casi siempre en forma caótica que proceden de la separación y facturación de antiguas morrenas fruto de la acción combinada de la gravedad y la precipitación.



Foto 18: Suelo glaciar con cantos angulosos a subangulosos de calizas y rocas ígneas de naturaleza diorítica, en matriz arenosa y arenas tufáceas.



Foto 19: Suelo glaciar con alto contenido de fragmentos de diorita alterada





3.2.2.1 *Depósito Biogénicos (Qh-Bi) – Holoceno*

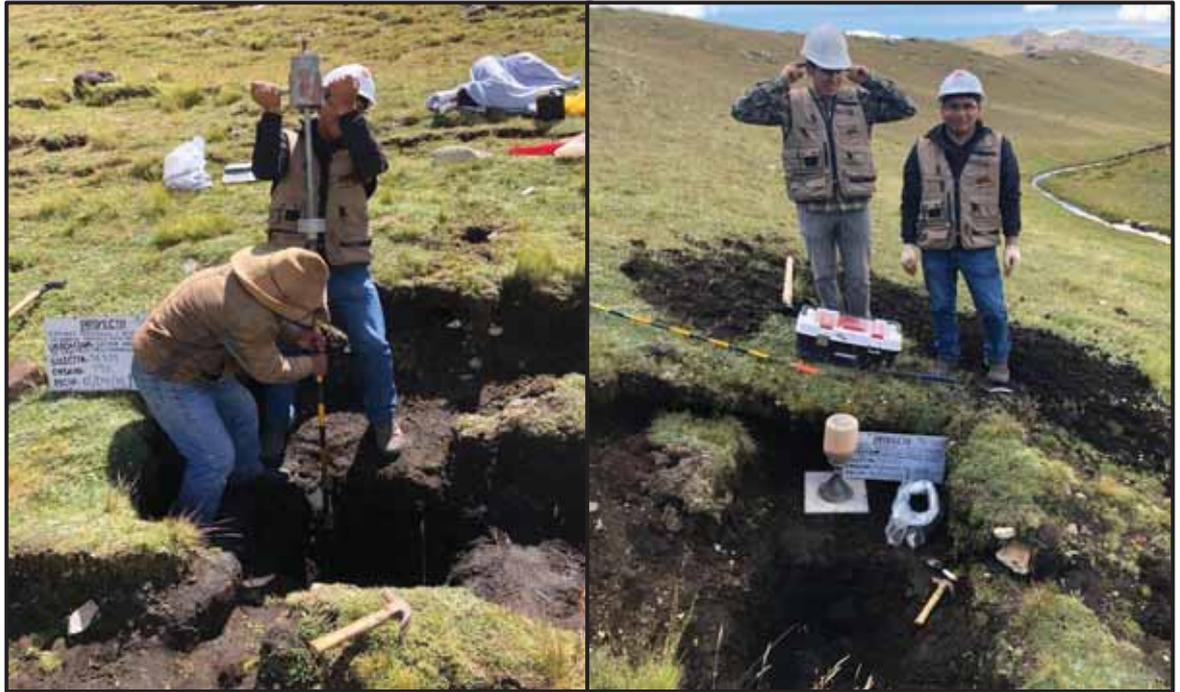
Son depósitos de suelo orgánico, formado por presencia de capas de descomposición de pastos naturales y flora de humedal, en un ambiente de permanente humedecimiento, conforman capas de hasta 2 m en zonas de centro de vaso y hasta 0.50 m en zonas cercanas al emplazamiento del dique de represamiento.

Foto 20: Suelos orgánicos de bofedal, emplazados en fondo de valle.





Foto 21: Suelos orgánicos de bofedal, emplazados en fondo de valle.



Capas de suelo orgánico



3.2.3 ROCAS IGNEAS

Plutón de Charamuray (PN-cha/di)

En el ámbito de estudio este cuerpo intrusivo de edad Paleogeno Neogeno, se encuentra instruyendo a las calizas de la alineación Arcurquina del cretácico inferior a superior, desde la porción media y baja de la cuenca; El Plutón Charamuray es de composición diorítico, constituido esencialmente por minerales esenciales de plagioclasas, entre un 80% así como hornblenda, biotita y cuarzo.



Foto 22: Afloramiento de Diorita del Plutón Charamuray, Norte: 8408704, Este:
202279; Norte: 8408665, Este: 201979



Foto 23: Cuerpo de Diorita del Plutón Charamuray, Norte: 8408709, Este: 202286





Foto 24: Cuerpo de Diorita del Plutón Charamuray, Norte: 8408709, Este:
202286.





CAPITULO IV

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

4.1 TECTÓNICA Y RASGOS ESTRUCTURALES

4.1.1 Estructuras Regionales

A escala regional, según el grado de ímpetu de desproporción que muestran los dispositivos litológicos como resultado de los programas geológicos pasados, es viable diversificar 3 franjas ordenadas con tipologías convenientes en cada ámbito siendo los subsiguientes: Zona no desnaturalizada, Batolito de Apurímac y Zona pedante por la Orogénesis Andina.

“Diferentes regímenes de organizaciones surgen en la lista de publicación y listas limítrofes, fallas de desigual ostentación y pendiente, totalmente de alto rincón causan zonas vastas de fracturamiento y cizallamiento”.

Los importantes rostros ordenados del espacio de análisis son la consecuencia de los instrumentos de los dos modernos períodos más penetrantes de la geología Andina (NO-SE). Las demás distribuciones no persiguen este modelo y son ampliamente de mínimo dimensión que las preliminares. Con el fin de dar en blando la representación de las organizaciones divididas en:

4.1.1.1 Zona No Deformada

Está simbolizada por rocas volcánicas post-orogénicas (Grupo Barroso) y establecimientos cuaternarios que no poseen ascendentes revoluciones ordenadas.

Estas almacenan su gradación plana o se encuentran ligeramente torcidos constituyendo ostentaciones ardientes. Asimismo, se miran ligeramente flexibles como resultado de los instrumentos que causaron el motín ordinario de la Cordillera Andina (Plio-Cuaternario).



Las colocaciones se encuentran especializadas por dóciles curvaturas de rocas, constituyendo dobleces escuetos con frecuencias de desviación enormes, el cual sus costados salvan los 10° de corriente. Otra peculiaridad ordenada es la separación columnar prismática y separación calcular de representación accidental que muestran los dispositivos ardientes del Mediador preferente. En el plano de las erupciones del Conjunto Cenagoso se pueden ver cisuras tensionales, ocasionadas por congelación de las erupciones.

4.1.1.2 Zona Del Batolito De Apurímac.

Estas rocas enseñan y metamorfizan a las alineaciones mesozoicas y del Mediador menor anticipadamente desconocidas por programas geológicos; puesto que las hipabisales son estimadas como las modernas percusiones coligadas con la mina de la zona. Las intromisiones plutónicas se hallan en la región de Chumbivilcas continuamente persiguiendo alrededor de la orientación del tipo ordenado andino, y las listas débiles.

Estas no muestran fundamentalmente otras sospechas importantes de imperfección. La ostentación corriente sobresaliente estando a la mira de las falencias y junturamiento es NW-SE.

4.1.1.3 Zona Afectada Por La Orogénesis Andina

Esta simboliza un 40% del espacio cartografiada. Los importantes rostros ordenados rectangulares, son la consecuencia de los instrumentos de los dos postrimeros períodos agudas de la Geología Andina, ya que más de 80% del espacio desconocida persiguen los procesos corrientes del piloto ordenado, en otros términos, es una trayectoria, las demás organizaciones no persiguen este modelo, considerados de un rango menor de dimensión que las preliminares.

4.2 ESTRUCTURAS DE PATRÓN ANDINO

El modo preponderante del fruncimiento lo compone una sucesión de magnas anticlinales y sinclinales asimétricos. Mayormente las rugosidades se encuentran reclinados



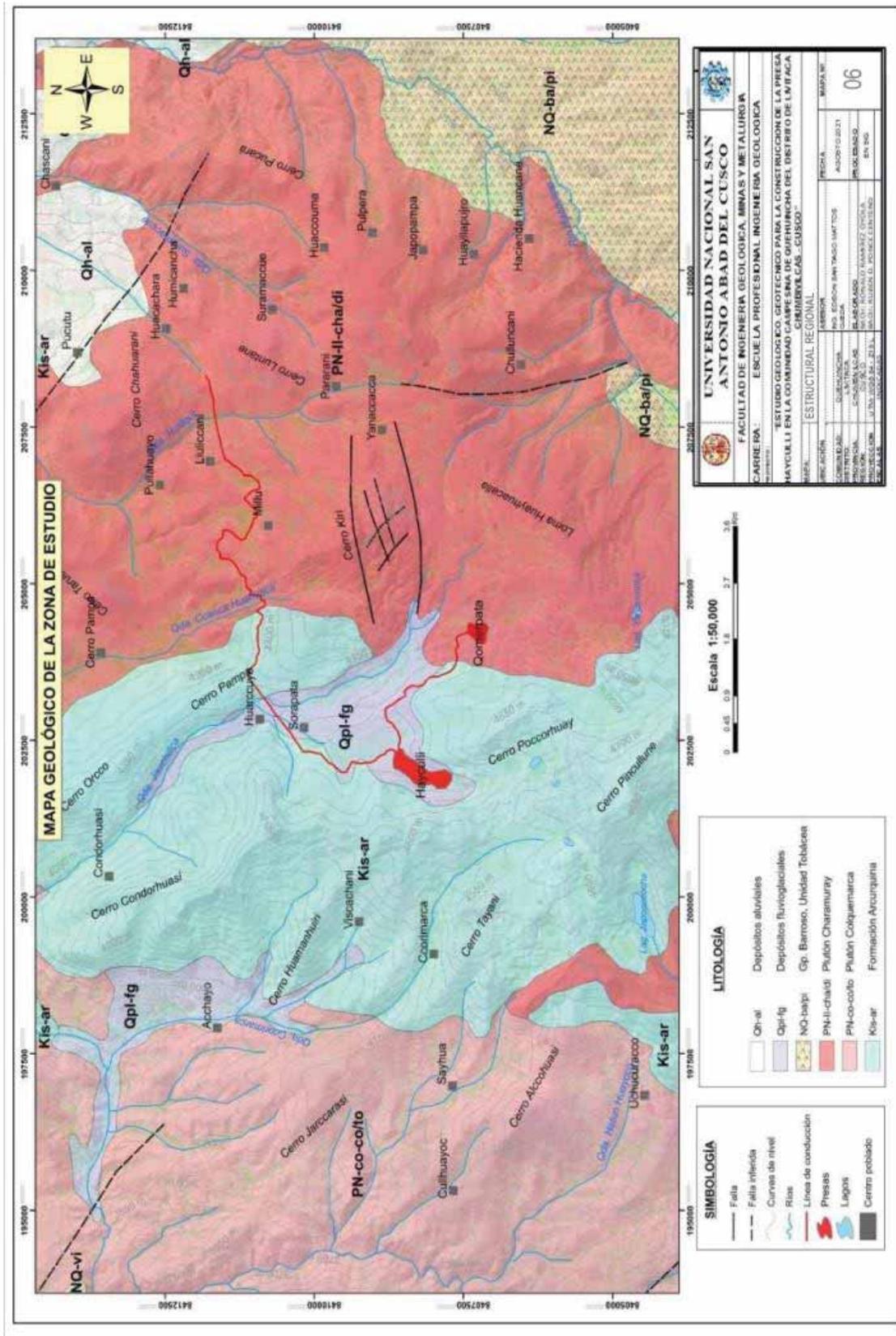
en dirección al N y NE y mínima el SO. Varias fallas, fundamentalmente las más amplias, han procedido con más de dos procesos.

Estructuras Altoandinas

La diferenciación de la disposición es porque las ordenaciones se alinean al piloto geológico herciniano, que procedió como una médula rigurosa encaminado cerca de E-W (Así como la deflexión de Abancay). Así mismo, se los instrumentos de flexión derivados por fallas de lanzamiento plano o el ejercicio derivado por la colocación de magnos organismos plutónicos.



Mapa 5: Estructuras regionales





4.3 ESTRUCTURAS LOCALES

En todas las zonas de Chumbivilcas se diferencian fallas de orientación andina, el tectonismo causa una diligencia impetuosa, estos defectos tensionales e contradictorias se ubican en las alineaciones cretácicas:

4.3.1 Fallas

En el área de estudio al extremo Sur-Oeste del humedal Hayculli, los cuerpos de caliza presentan fallas cortas locales que en general siguen el proceso del patrón Andino, fruto de la tracción toman otro rumbo de disposición, observándose la presencia de fallas de compresión y de distensión cortical; actualmente estas no presentan actividad reciente.

Foto 25: Falla F-01, falla sinistral inversa local de direccion R 285°, BZ 80° NE; Coordenada Este: 202317, Norte: 8407596. Formacion Arcurquina

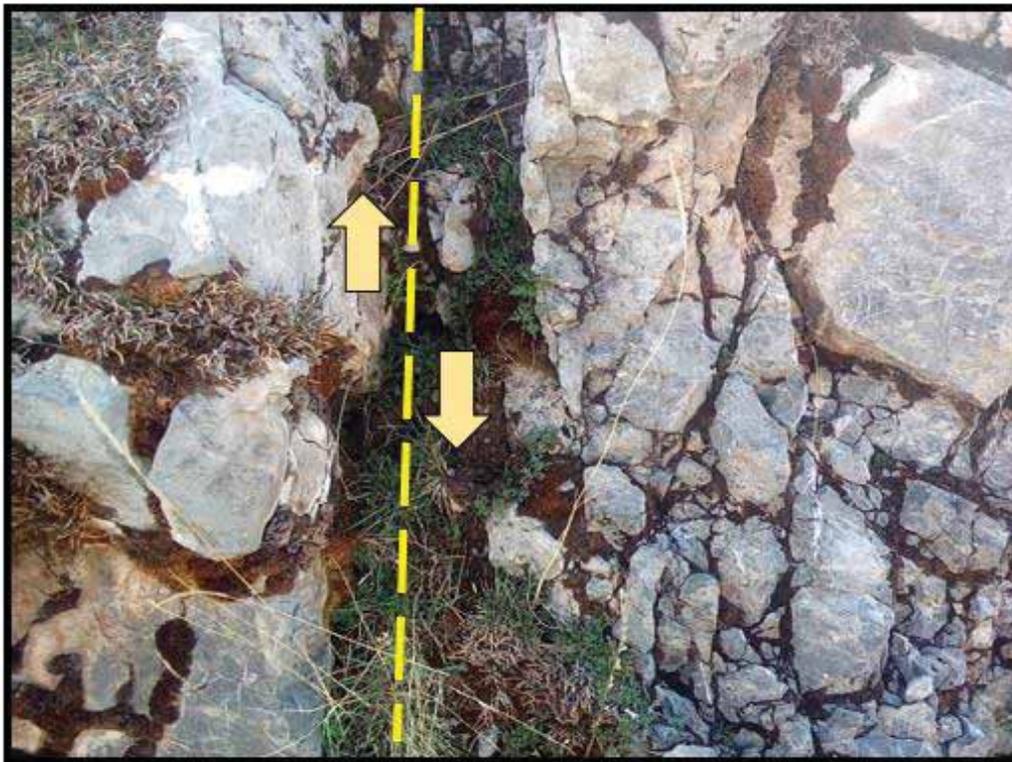




Foto 26: Falla F-02, falla normal, Falla F-03, falla inversa, Formacion Arcurquina Falla F-02, direccion R 350°, BZ 62° SW coordenada E: 201190, N: 8408084 Falla F-03, direccion



Foto 27: Falla F-04, falla inversa, dirección R 270°, BZ 45° S, coordenada Este: 202500, Norte: 8406525. Formacion Arcurquina.



Así mismo, en el recorrido sobre el Pluton Charamuray, se ha podido encontrar una falla D-01 de tipo inversa de dirección Rumbo 215° y Buzamiento 73° al NW; en las coordenadas Este: 202039 y Norte: 8406525; la mayor parte de esta formación se encuentra erosionada y recubierta con material glaciárico.



4.3.2 Fracturas

Así mismo, a nivel de fracturas en rocas calizas se aprecia un número importante de fracturas en direcciones variables, con aperturas de hasta 5 cm, sin presencia de rellenos y algún karst que limitarían la contingencia de acumulación de agua siempre y cuando el dique y vaso de almacenamiento estarían teniendo como basamento rocoso este material.

Foto 28: Presencia de fracturas en roca caliza, así como algunos Karst de pequeño tamaño



En la siguiente fotografía se observa la presencia de fracturas en roca diorita

Foto 29: Dirección de familia de fracturas CHARAMURAY

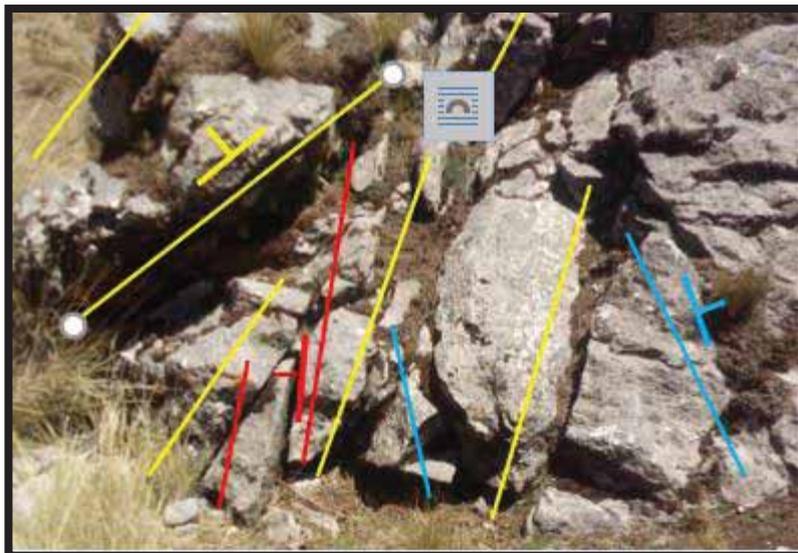




Tabla 5: Orientación de Rumbos y buzamientos de las fracturas

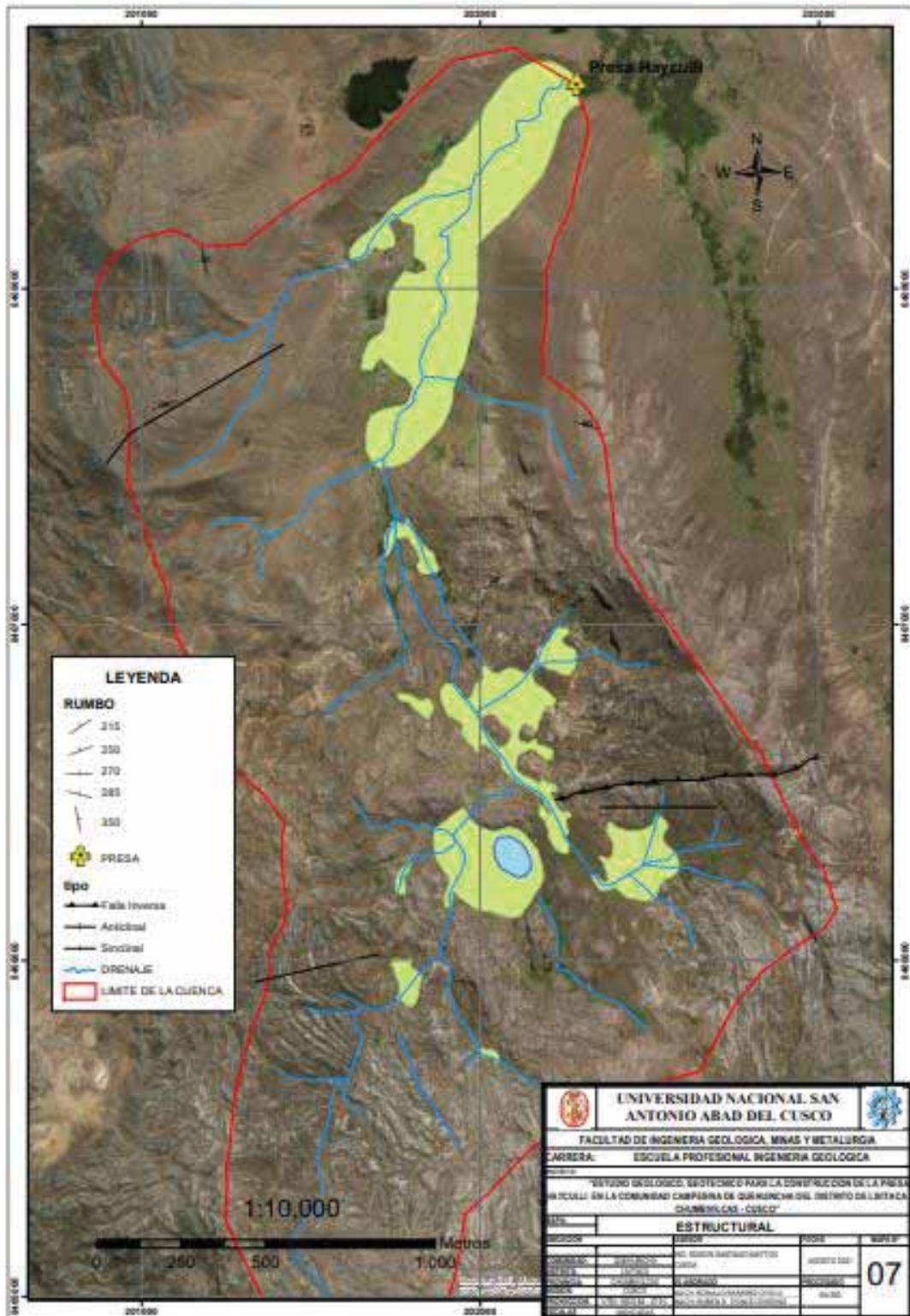
RUMBO	BUZAMIENTO
N 224°	56° SE
N 104°	67° NE
N 20°	72° NW

4.3.3 Plegamientos

La flexión de la jurisdicción se muestra principalmente en las rocas cretácicas, así como la alineación Arcurquina. En la zona de estudio, se observa dos estructuras en sinclinal con dirección de eje de charnela de NE - SW y un anticlinal con dirección de eje de E-W.



Mapa 6: Lineamientos estructurales en zona de proyecto





CAPITULO V

HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA

5.1 EVALUACIÓN HIDROLÓGICA

5.1.1 Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca

Estos parámetros, son de mucha importancia, pues a través de éstos, numéricamente verificaremos la respuesta de la cuenca a procesos climáticos de precipitación esorrentía, temperatura, etc.

5.1.1.1 *Ubicación y Demarcación de la Unidad Hidrográfica*

Para ello se ha utilizado una imagen satélite y su red de drenaje, el cual con ayuda del programa ArcGis, se procedió a reconocer el divortium acuorum de la zona de drenaje hasta la zona de ubicación de la presa Hayculli, tal como se observa en el mapa siguiente.

- **Red Lagunar - Fluvial**

Este método, sujeta dispositivos que inciden directamente con el deslizamiento ligero entre las lagunetas, humedales y el curso del rio Jaycuchillca, dichos sistemas son:

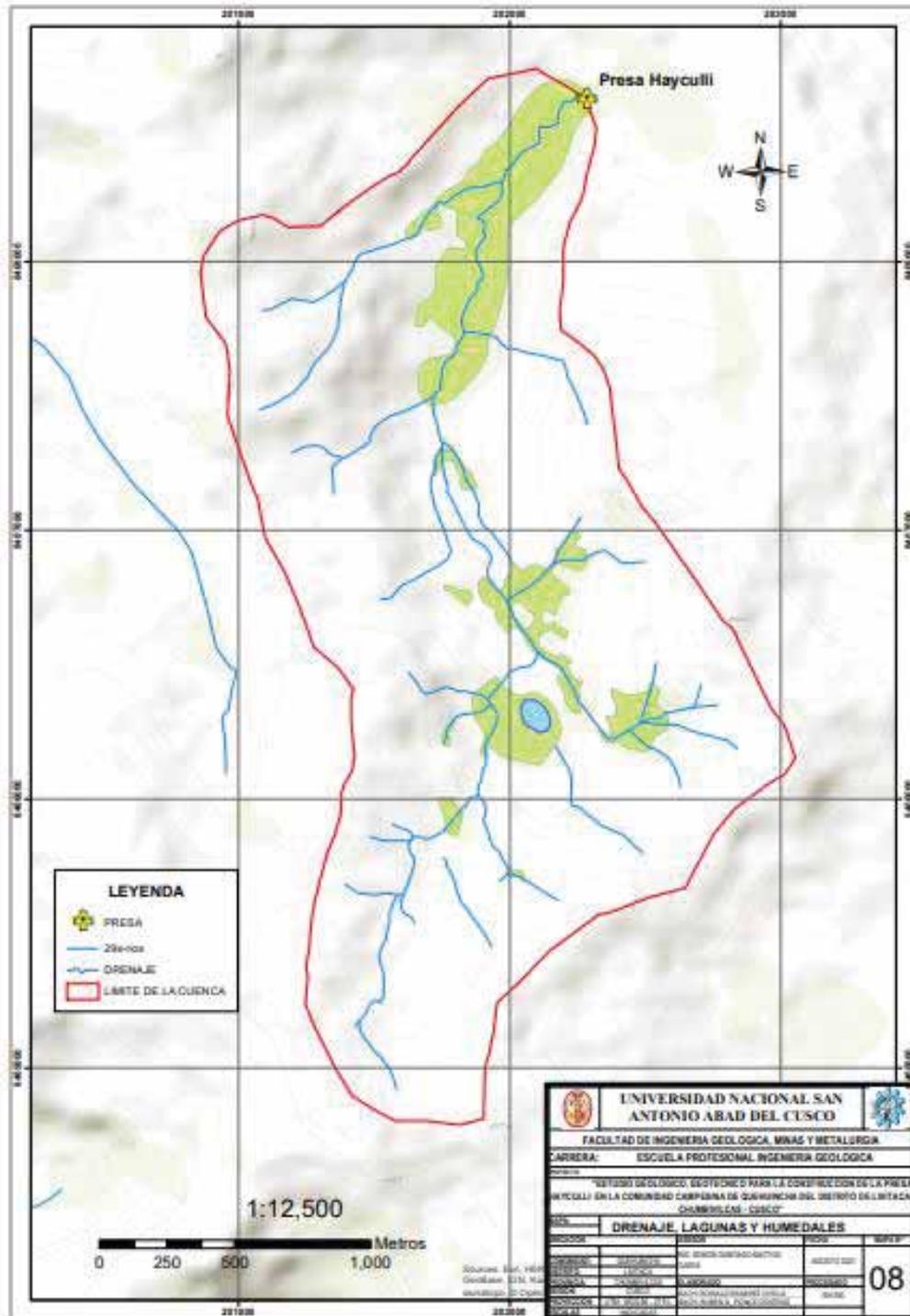
- **Sistema de lagunas y humedales:**

La lista de indagación muestra un arroyo de deslizamiento ligero de unión alternada de lagunas y humedales, en el trayecto entre la presa Hayculli a la cabecera de la cuenca de aporte, que sigue una dirección general de Sur a Norte.

- **Sistema de Lecho Fluvial:** Incumbe al dispositivo que se ubica a uno y otros bordes del riachuelo Jaycuchillca, se encuentra acomodada de basto fluvio-aluvial (gravas, partículas, y materia elegante) con cantos angulares de entorno caliza e ígnea.



Mapa 7: Sistema de unidad hidrográfica



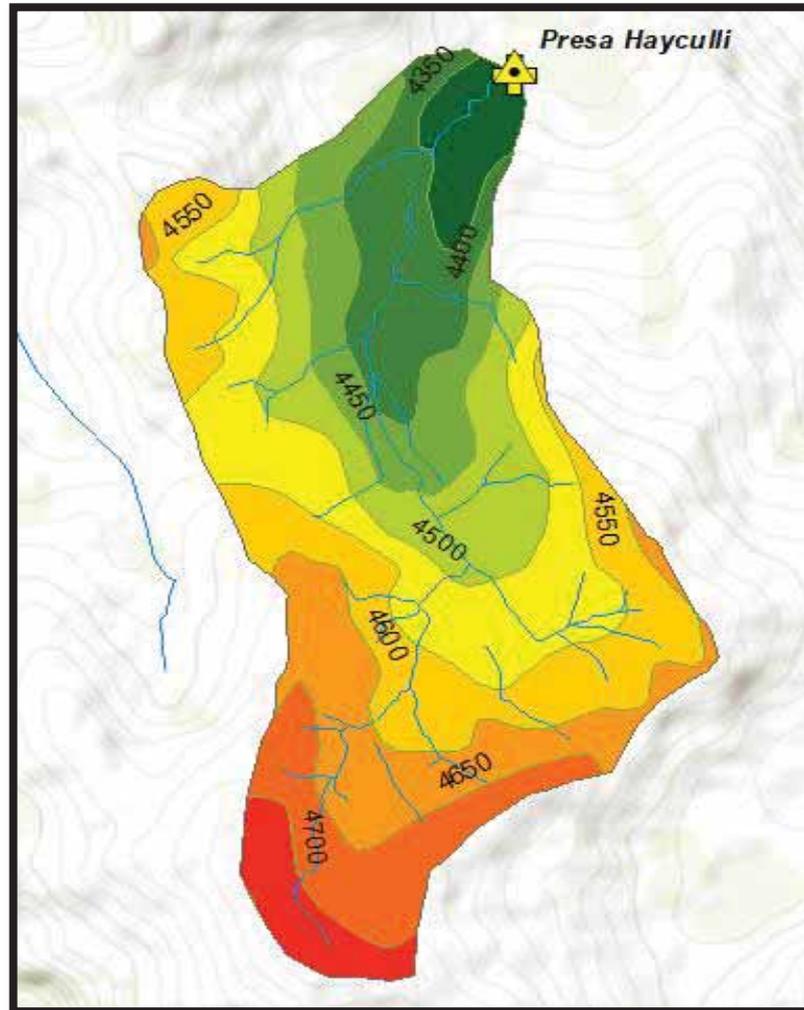
5.1.1.2 Área y perímetro de la Cuenca hídrica.

La microcuenca de Hayculli, se encuentra constituida por una raya centinela que une las cumbres de divortium acuorum y cuyo método de derrame confluyen en un único prestador común que salva en el humedal de Hayculli; la cuenca de aporte hídrico tiene un



área de 4.56 km² equivalente a 456 ha, con un perímetro de 10.26 km. (procesado en ArcGis e Imagen Satelite).

Figura 2: eliminación de la cuenca de aporte hídrico



Índice de Compacidad O Índice de Gravelius

De acuerdo con el índice de Gravelius (K_c), la cuenca Hayculli, tiene forma oval a oblonga con un valor de 1.36 de K_c , la cual hace que sea poco susceptible a las crecidas máximas.

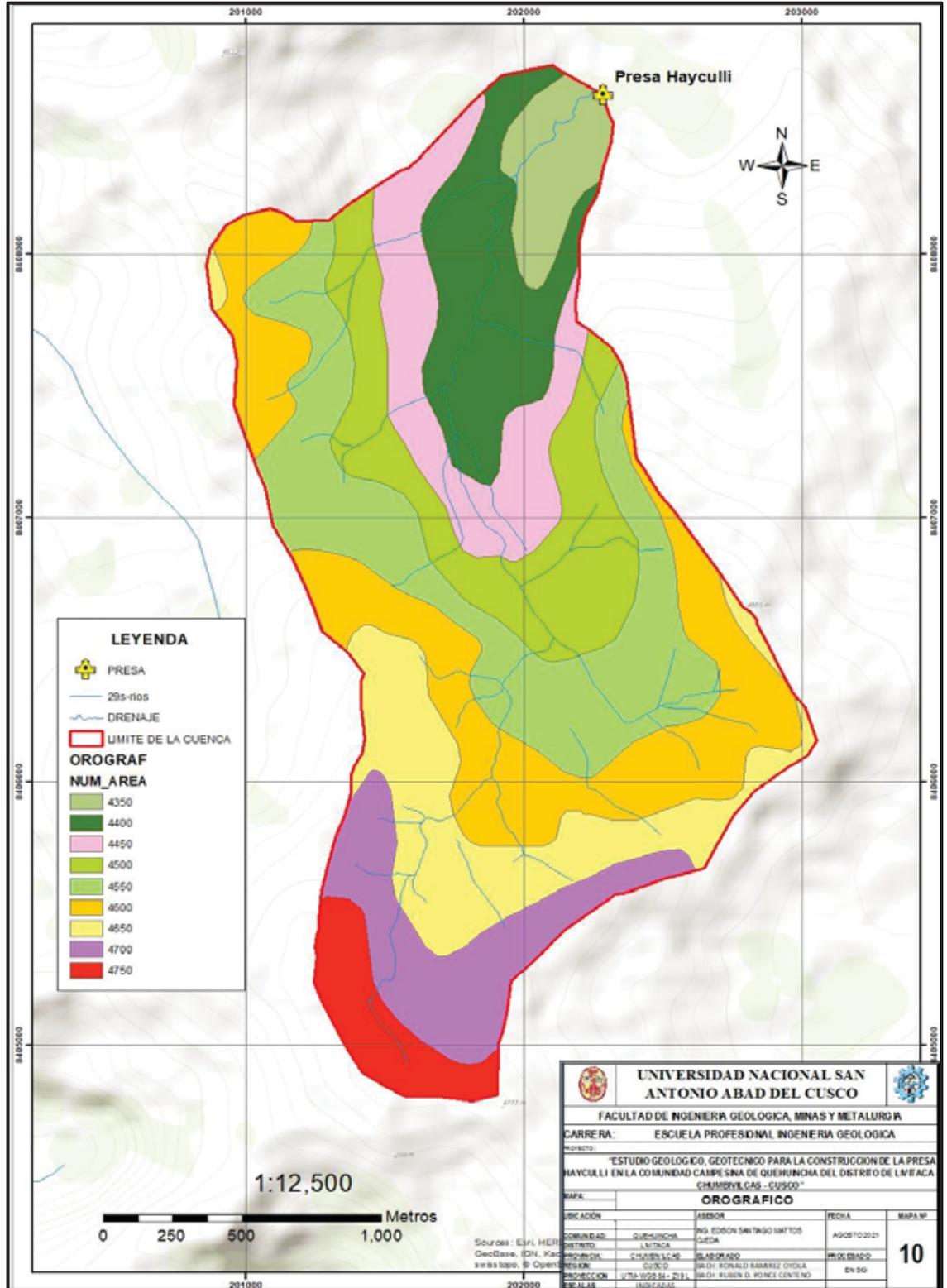
5.1.1.3 Altitud máxima y mínima y media.

De acuerdo con el mapa orográfico, la cuenca Hayculli tiene una altitud mínima de 4350 msnm, lugar donde se ubica el punto de salida natural de drenaje del humedal, con una altitud máxima de 4750 msnm ubicada en la zona más distal de la cuenca sobre la cumbre



del cerro Pincullune y una altitud media calculada en 4529 msnm (método de áreas parciales).

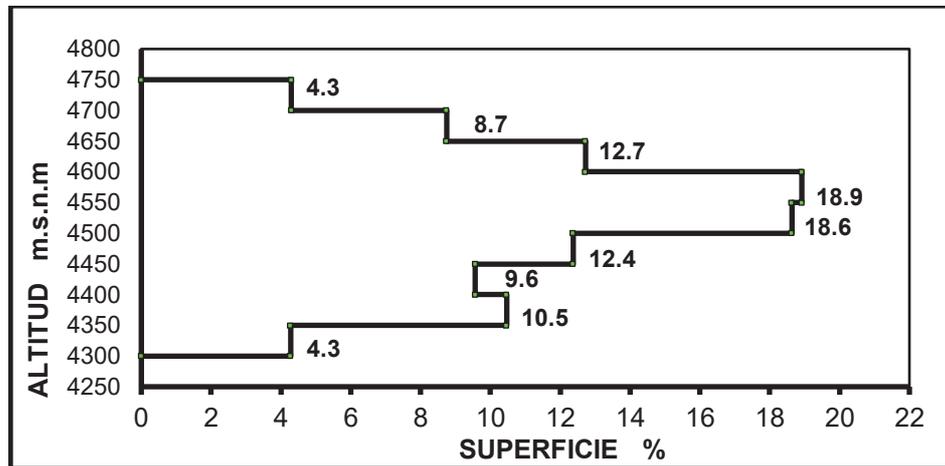
Mapa 8: Orográfico de la cuenca Hayculli





Así mismo según el rectángulo equivalente, la superficie ocupada entre los 4500 a 4600 msnm, ocupan el 37.5 % del área total de la cuenca.

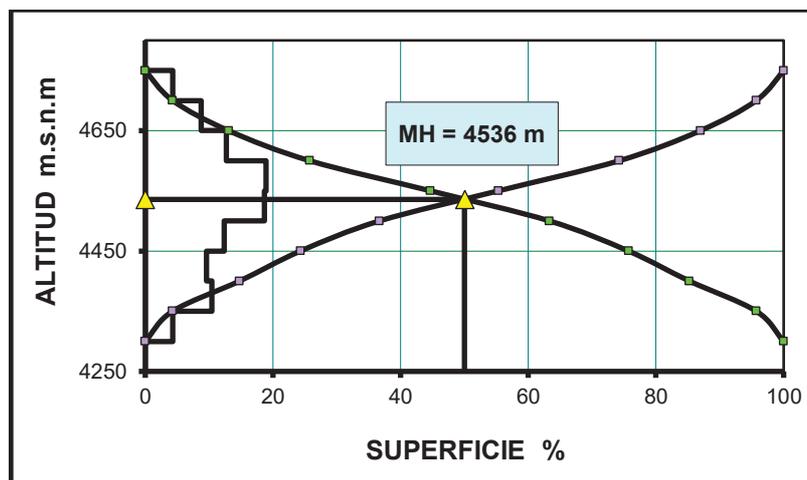
Figura 3: Rectángulo equivalente de altitud.



5.1.1.4 Pendiente Media De La Cuenca

De acuerdo con el modelo de curva Hipsométrica, la altitud media de la cuenca al 50% de superficie es de 4536 msnm.

Figura 4: Curva Hipsométrica.



5.1.1.5 Longitud y Pendiente Media de drenaje principal.

El drenaje principal nace de la confluencia de una serie de drenajes de primer orden que en su recorrido también descargan en lagunas y humedales pequeños los cuales al rebosar estos, el drenaje natural continua hasta la parte baja donde se encuentra el humedal



de Hayculli, así sucesivamente hasta llegar al río Apurímac. El curso de drenaje continuo más largo desde el humedal de Hayculli al punto más distal de la cuenca es de 4530 m, y tiene una pendiente media de 0.082 m/m equivalente a 8.20%.

5.2 HIDROLOGÍA DE LA PRESA HAYCULLI

5.2.1 Información meteorológica.

Para el estudio hidrológico de la órbita Hayculli, se ha utilizado información hidrometeorológica de la red de estaciones a cargo del (SENAMHI), que registran los siguientes parámetros meteorológicos: Fogosidad media anual, Precipitación máxima de 24 horas, Destemplanza máxima, media y pequeña; Relente referente, Gasificación, Horas y decimas de sol, ligereza de corriente etc, haciendo uso para nuestro caso las estaciones de vecinas como Kayra, San Totomás, Tambobamba y Paruro, indicadas en la Tabla 06 .

Tabla 6: Información meteorológica utilizada

CODIGO	NOMBRE	TIPO	UBICACIÓN			LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
			Dpto.	Provincia	Distrito			
			(°;')	(°;')	(msnm)			
1	KAYRA	CO-607	CUSCO	CUSCO	SAN JERONIMO	13° 33' 25"	71° 52' 31"	3,219
2	SAN TOTOMAS	CO	CUSCO	CHUMBIVILCAS	SAN TOTOMAS	14° 27' 00"	72° 6' 00"	3,658
3	TAMBOBAMBA	CO-884	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA	13° 56' 41.7"	72° 10' 30.8"	3,275
4	PARURO	CO-684	CUSCO	PARURO	PARURO	13°46' 0"	71° 51' 0"	3,084
Hayculli			CUSCO	CHUMBIVILCAS	LIVITACA	4° 20' 56.71"	71° 45' 37.8"	4,330

5.2.2 Precipitación.

Este parámetro climático, forma parte de las versátiles atmosféricas más significativas que intervienen en ciclo hidrológico de los embalses como es el caso futura represa de Hayculli, ya que el ímpeto pluvial es habitualmente el ideal principio que garantizara el llenado de la presa y recarga de los acuíferos que proveen de agua a través de manantes al humedal Hayculli.



A nivel regional, verificando la indagación de los tiempos usadas para el análisis, se verifica un comportamiento estacional de la precipitación, un comportamiento proporcional a la altitud, y otros señalados a seguidamente:

- La etapa de chaparrones inicia en el mes de diciembre prolongándose hasta marzo, incumbe el 71.03% en cociente de los tiempos, de las fogosidades generales periódicas este espacio es estimado espacio húmedo.
- La etapa seca (invierno), inicia en mayo hasta agosto, las fogosidades con sus imperceptibles productos alcanzan el 6.24% en media de los tiempos, de las fogosidades generales periódicas.
- Las mensualidades temporales o sub húmedo, pertenecen a abril, setiembre a noviembre, muestran el 22.73% en cociente de los tiempos, de impresiones generales.

Tabla 7: Variación mensual de la precipitación media anuales

ESTACION	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	TOTAL
SAN TOTOMAS	8.15	17.67	59.97	72.92	168.08	189.85	188.05	176.01	67.59	8.45	2.27	6.47	965.47
TAMBOBAMBA	7.61	19.64	64.2	89.76	173.05	179.47	191.98	140.77	53.52	10.74	2.21	3.12	936.09
PARURO	3.8	17.33	47.32	78.9	142.63	157.97	142.45	109.43	39.61	6.73	2.99	2.68	751.84
KAYRA	4.28	19.72	53.33	86.35	159.98	175.42	161.37	121.6	44.2	7.52	3.25	3.07	840.1

Figura 5: Variación Anual de la precipitación promedio multimensual (2003 – 2018).

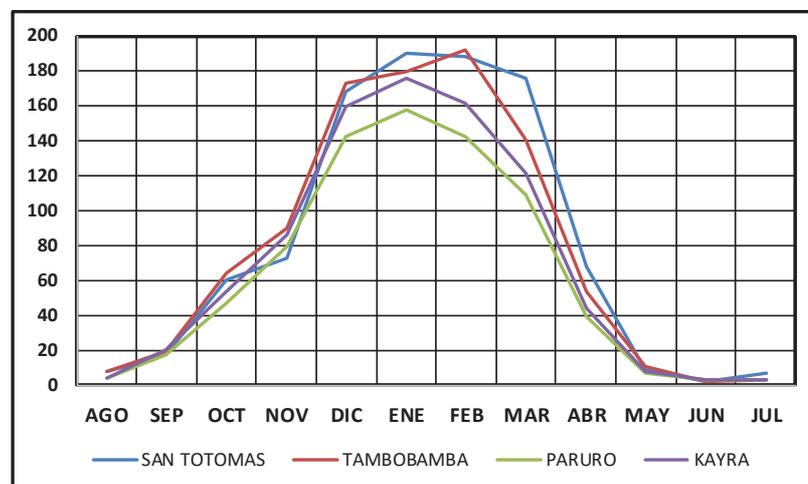
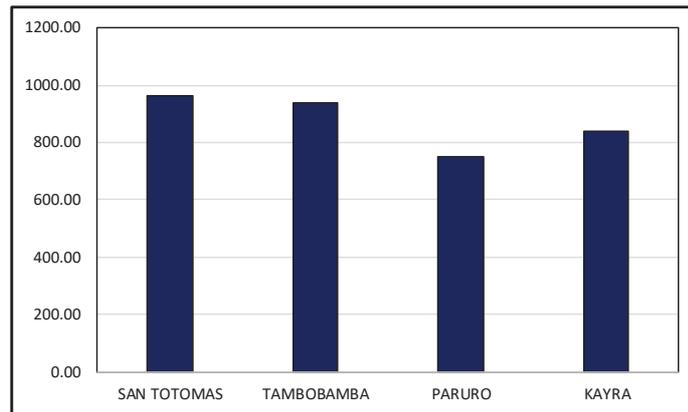




Figura 6: Variación Anual de la precipitación media red de estaciones.



Para conocer las condiciones de régimen de precipitación a nivel de la presa Hayculli, ubicado a 4030 msnm, es necesario realizar los pasos siguientes:

5.2.2.1 *Tratamiento de la información meteorológica e hidrológica.*

a) **Registros históricos y red de estaciones meteorológicas.**

Como la lista de publicación se encuentra en la cuenca del río Apurímac, es que se ha elegido estaciones de influencia directa como son la estación de Santo Tomas, Tambobamba y Paruro que se encuentran en esta cuenca mayor, mientras que por el lado de la cuenca del Vilcanota se tiene a la estación de Kayra; todas administradas por el – SENAMHI.

La cuenca Hayculli al carecer de información hidrometeorológica e hidrométrica propia, todos sus parámetros climáticos han sido regionalizados, siguiendo estrictamente las metodologías propuestas por J.A. Mejía M. 2001, MERISS II 1980, C. Loayza E. 1999.

En la tabla siguiente se puede apreciar las tipologías de datos de los tiempos apartadas, en el que se indican los años con datos completos, años con datos incompletos (1 mes o 6, etc) y periodos sin ningún dato en todo el año.



Tabla 8: Longitud de Registros de Precipitación Total

ESTACION	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
SAN TOTOMAS										3	1					
TAMBOBAMBA			1				1									2
PARURO									1		1				6	
KAYRA																

PERIODO CON DATOS COMPLETOS	
PERIODO CON DATOS INCOMPLETOS	3
PERIODO SIN DATOS	

b) Análisis de consistencia.

Previo al uso de datos por ejemplo pluviométricos, estos deben ser revisados estadísticamente, con la finalidad de eliminar sus saltos y tendencias, verificados ello a través de histogramas. De acuerdo a ellos, (figuras 10, 11 Y 12), se puede decir que:

- En la Estación San Totomás se ha identificado un pico en el mes de febrero del año 2012 un valor de 278.10 mm.
- En la Estación Tambobamba ha identificado un pico en el mes de febrero del año 2018 un valor de 361.90 mm.
- En la Paruro se ha identificado un pico en el mes de enero del año 2010 un valor de 339.50 mm.
- En la Estación Kayra se ha identificado un pico en el mes de febrero del año 2016 un valor de 254.7 mm.



Figura 7: Histograma de precipitación para la estación de Santo Tomas

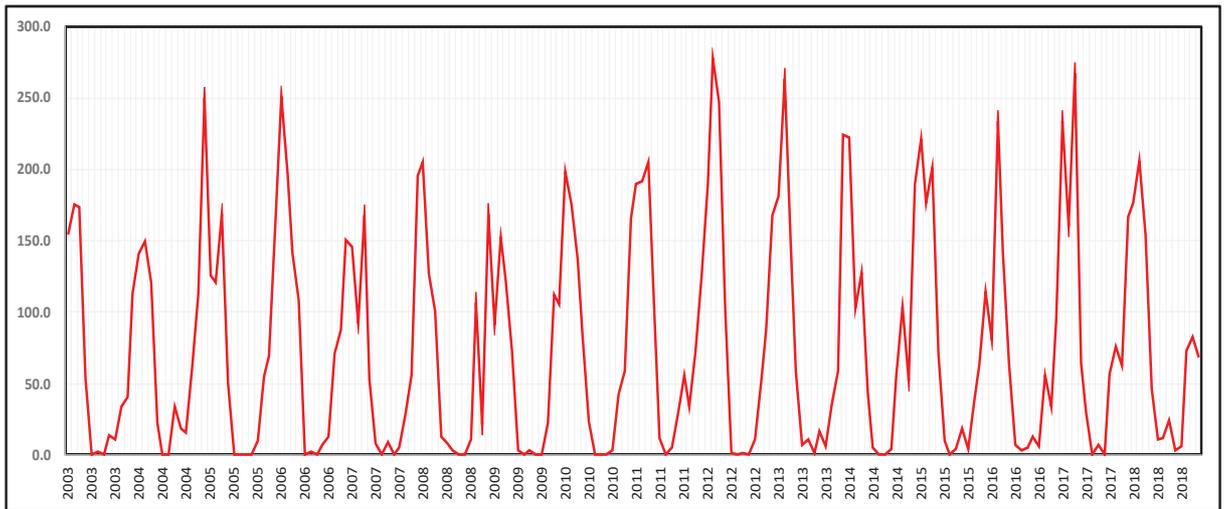


Figura 8: Histograma de precipitación para la estación de Tambobamba

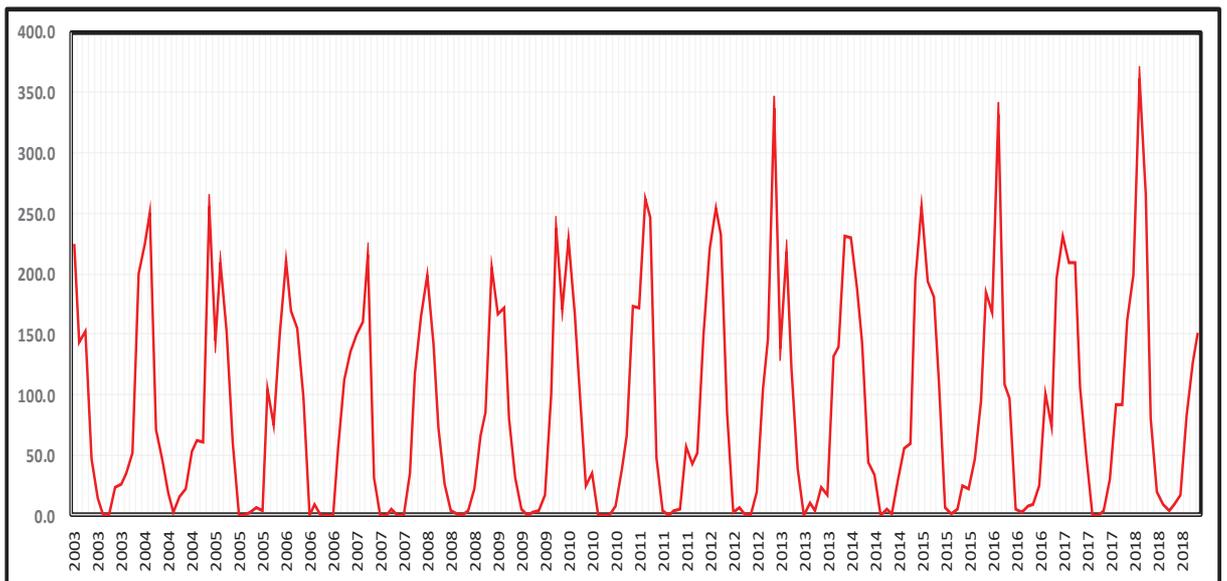
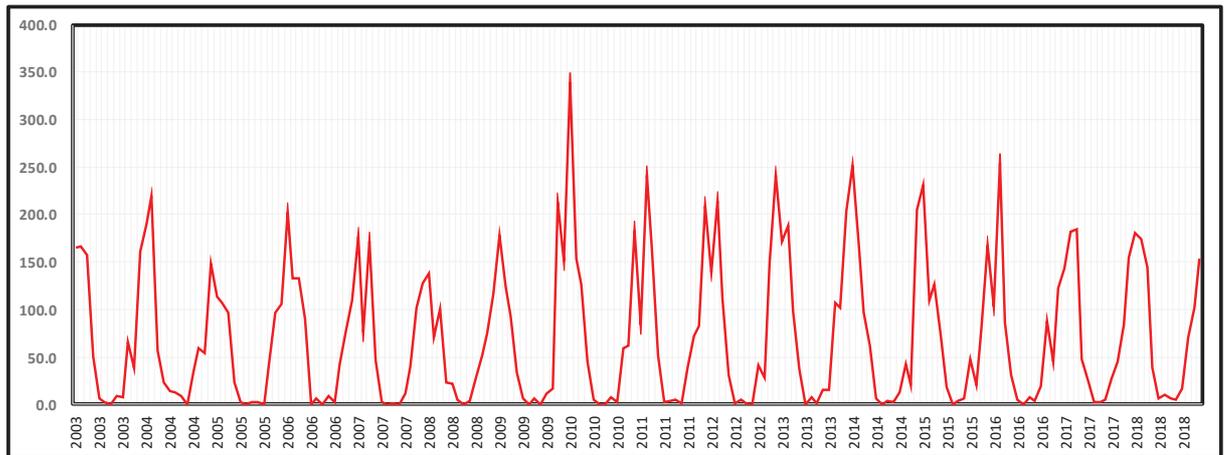




Figura 9: Histograma de precipitación para la estación de Paruro



A.2.1 Proceso de Corrección de datos por consistencia.

Visto los saltos expresados a nivel histórico 2003 al 2018 de las precipitaciones, fue necesario corregirlas mediante la prueba estadística de “T” o Student, y la prueba estadística de “F” o de Fisher, como ejemplo se ha procedido a desarrollar esta corrección para la estación de Santo Tomas.

Análisis de consistencia a través de la por comparación de medias.

Se seleccionó los dos períodos en comparación, decidiendo según el histograma para la estación Santo Tomas corregir el periodo entre 2003-2010 con respecto al periodo 2011-2018 respectivamente.

Tabla 9: Selección de los periodos a corrección según saltos.

		Nro. Datos	Media	Desv. est.	Varianza
Primer periodo	2003-2010	8	822.7	113.39	12857.38
Segundo periodo	2011-2018	8	965.47	134.49	18088.81

En el siguiente cuadro se observa valores estadísticos de “T” calculado y “T” teórico al nivel de confianza del 95 % de probabilidad.



Tabla 10: Prueba de bondad al 95 % método de Student o prueba de “T”

GL	Sd	Sp	Tc	Tt	Significancia
14	62.2	124.39	2.3	1.761	SIGNIFICAT Ho

Expresión matemática para el análisis de consistencia en la media Prueba de T

Student.

$$\begin{aligned} \bar{X}_1 &= \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^n (x_i) \\ \bar{X}_2 &= \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^n (x_i) \\ S_1 &= \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_1)^2 \right]^{0.5} \\ S_2 &= \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_2)^2 \right]^{0.5} \end{aligned}$$

$$S_d = S_p \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{0.5}$$

$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{0.5}$$

$$T_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_d}$$

Dónde:

x_i = información en análisis.

X_1, X_2 = medias del periodo 1 y 2.

S_1, S_2 = desviación estándar del periodo 1 y 2.

n_1, n_2 = tamaño del periodo 1 y 2 ($n_1 + n_2 = n$).

S_d : desviación estándar de los promedios.

S_p : desviación estándar ponderada.

$\mu_1 = \mu_2$ (por hipótesis).

T_c = es el valor del T calculado. Luego calcula el valor de T_t de tablas

$\alpha = 0.05$.

G.L = ($n_1 + n_2 - 2$)

En resumen, de acuerdo con análisis de consistencia por comparación de medias, el T_c es mayor al T_t , indica que estadísticamente existen diferencias estadísticas entre los periodos en comparación al 95 % de confianza; por lo tanto, amerita la corrección de datos del periodo 1 con respecto al periodo 2.



Análisis de consistencia a través de la por comparación de Desviación Estándar.

El análisis de consistencia según la desviación estándar se realizó mediante la prueba

“F” según:

Tabla 11: Grados de libertad

Grado de libertad del numerador G.L.N =	8 - 1 = 7
Grado de libertad del denominador G.L.D =	8 - 1 = 7

En el siguiente cuadro se observa valores estadísticos de “F” calculado y “F” teórico al nivel de confianza del 95 % de probabilidad.

Tabla 12: Prueba de bondad al 95 % método de Fisher o prueba de “F”

G.L.N	G.L.D	Fc	Ft	Significancia
7	7	1.41	3.79	NO SIGNIFICA Ho

Expresión matemática para el análisis de consistencia en la media Prueba de F o de Fisher.

$S_1^2 = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \right] \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_1)^2$	$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \text{ si } \dots S_1^2 > S_2^2$	G.L.N = n1-1. G.L.D = n2-1.
$S_2^2 = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \right] \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_2)^2$	$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2}, \text{ si } \dots S_2^2 > S_1^2$	

Donde:

Fc = valor del estadístico F calculado.

Ft = valor de F tabular o teórico (tabla F).

G.L.N = Grados de libertad del numerador.

G.L.D = Grados de libertad del denominador.

a = nivel de significación.

En resumen, de acuerdo a estudios de estabilidad por la desviación estándar, el Fc es menor al Ft, indica que estadísticamente no existen diferencias estadísticas entre los periodos en comparación al 95 % de confianza; por lo tanto, no amerita la corrección de datos del periodo 1 con respecto al periodo 2.



Corrección de datos.

Según A. Mejía (2001) propone la expresión matemática para la corrección de datos del primer periodo con respecto al segundo o el segundo periodo con referencia al primer periodo, tal como se indica a continuación:

$$X't = \left[\frac{x - \bar{X}_1}{S_1} \right] * S_2 + \bar{X}_2$$

$$X't = \left[\frac{x - \bar{X}_2}{S_2} \right] * S_1 - \bar{X}_1$$

Para corregir al **primero** periodo:

Para corregir el **segundo** periodo:

$$Enero = X't * Xi / \sum_{i=2003}^n (\text{año}2003)$$

Donde:

X = valor corregido de la información.

x = valor a ser corregido.

En la tabla siguiente, aplicando las fórmulas anteriormente indicadas, se tiene el periodo de corregido desde el 2003 al 2010.

Tabla 13: Datos meteorológicos del Primer periodo corregido

Año	x _t	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
2003	904.86	180.6	206.16	203.11	63.8	0	2.81	0	15.83	12.67	39.75	47.26	132.87	904.86
2004	1085.86	165.31	175.77	142.52	26.32	0	0	39.95	21.62	18.33	70.73	131.59	293.73	1085.86
2005	889.2	147.73	141.87	198.15	58.27	0	0	0	0	11.37	64.02	81.37	186.42	889.2
2006	1210.4	295.43	232.15	165.35	127.13	0	3.06	0	8.11	15.41	83.85	103.02	176.88	1210.4
2007	891.46	170.72	107.87	197.1	62.38	9.03	0	10.44	0	5.75	32.71	66.01	229.46	891.46
2008	895.49	240.85	148.21	118.19	15.36	9.62	3.63	0	0	12.66	124.53	24.86	197.58	895.49
2009	803.45	106.8	178.47	142.28	86.07	4.33	0	3.51	0	0	26.35	132.09	123.54	803.45
2010	1043.04	232.9	205.77	160.78	97.25	27.95	0	0.82	0	3.88	49.56	68.71	195.43	1043.04



5.2.2.2 Comprobación de datos

Luego de corregir los datos del primer periodo con respecto al segundo periodo en comparación, se tiene que la media, desviación estándar, y la varianza son iguales entre sí, al 95 % de confianza.

Tabla 14: Comprobación de pruebas de bondad al 95 % confianza.

	Nro. Datos		Media	Desviación est.	Varianza
Primer periodo	2003-2010	8	965.47	134.49	18088.8
Segundo periodo	2011-2018	8	965.47	134.49	18088.8

La comparación entre el T_c y T_t ; F_c y F_t , indican que ahora no existen diferencias estadísticas entre los periodos en comparación al 95 % de confianza.

Tabla 15: Prueba de bondad al 95 % método de Studens o prueba de “t”

GL	Sd	Sp	T_c	T_t	Significancia
14	67.25	134.49	0	1.761	NO SIGNIF Ho

Tabla 16: Prueba de bondad al 95 % método de Fisher o prueba de “f”

GLN	GLD	F_c	F_t	Significancia
7	7	1	3.79	NO SIGNIF Ho

En el cuadro siguiente se presenta el registro de datos completos con los nuevos valores corregidos de los periodos 2003 al 2010.



Tabla 17: Nuevo registro de datos corregidos estación Santo Tomás

2004	140.7	149.6	121.3	22.4	0	0	34	18.4	15.6	60.2	112	250	924.2
2005	126	121	169	49.7	0	0	0	0	9.7	54.6	69.4	159	758.4
2006	251.2	197.4	140.6	108.1	0	2.6	0	6.9	13.1	71.3	87.6	150.4	1029.2
2007	145.6	92	168.1	53.2	7.7	0	8.9	0	4.9	27.9	56.3	195.7	760.3
2008	205.4	126.4	100.8	13.1	8.2	3.1	0	0	10.8	106.2	21.2	168.5	763.7
2009	91.2	152.4	121.5	73.5	3.7	0	3	0	0	22.5	112.8	105.5	686.1
2010	198.3	175.2	136.9	82.8	23.8	0	0.7	0	3.3	42.2	58.5	166.4	888.1
2011	190.1	191.5	205.3	95.8	11.7	0.4	4.8	29.46	56.3	34.3	72	126.2	1017.9
2012	190.3	278.1	246.9	102.3	1.6	0	0.9	0	11	51.57	87.42	168.03	1138.1
2013	181.69	263.2	144	58.2	7	10.5	1.7	17	6.1	35.6	58.3	224	1007.3
2014	222.7	102.4	127.8	43.8	5.5	0	0.5	3.8	55.9	103.3	52.1	190.3	908.1
2015	221.3	176.5	201	70.6	10.1	0	4.3	18.6	4.1	38.9	63.4	114.6	923.4
2016	80.8	234.2	141.5	62.9	7.4	3.7	5.6	12.4	6.6	55.5	33.8	95.4	739.8
2017	233.6	160.4	267.4	64.8	30.4	0.4	7	0.6	56.8	75.8	62.4	166.6	1126.2
2018	176.8	206.2	154.8	46.4	10.6	11.8	24	3	5.8	73	82.4	68.2	863

5.3 COMPLETADO Y EXTENSIÓN DE REGISTROS

Según la metodología propuesta por el Ing. Abel Mejía (2001 – UNALMO), para el proceso anterior de análisis de consistencia, los periodos vacíos se completaron por promedio aritmético, y para este paso, se borran los espacios de datos originalmente basias para ser rellenas por medio del procedimiento del diámetro de retrocesión, cuyo procesamiento se realizó en hoja de cálculo Excel.

Para este método es fundamental tener en cuenta lo siguiente:

1. Seleccionar el tiempo base en empleo a ejecutarse el completado.
2. Plotéo de los pares regresibles de los datos completos e incompletos para analizar la relación existente.
3. Estimación del coeficiente de correlación entre X e Y, utilizando la siguiente

ecuación:

$$r = \frac{\overline{XY} - \overline{X} \cdot \overline{Y}}{S_x \cdot S_y}$$



4. Prueba de significación del coeficiente de correlación, para lo cual se desarrollan los siguientes pasos:

$$H_p: \rho = 0 \quad ; \quad H_a : \rho \neq 0 \quad ; \quad \alpha = 0.05$$

Cálculo de “T” calculado (T_c) mediante la ecuación:

$$T_c = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

Cálculo de “T” tabular (T_t) de las tablas, y en función a los siguientes criterios:

$$\alpha = 0.05, \quad \text{y} \quad (n-2) \text{ grados de libertad}$$

5. Estimación de los parámetros de la ecuación de regresión. Los parámetros de la ecuación se determinan por:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = r \frac{S_y}{S_x}$$

6. Relleno de los datos faltantes del registro Y, en función de los datos correspondientes del registro X.

Ejemplo SANTO TOMAS ENERO 2003 = **a** + **b** * X_{Kayra}



Tabla 18: Ecuación de Recta de Regresión para completado de datos faltantes

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Prom.	y =	175.2	175.14	163.76	62.63	7.98	2.18	5.96	7.73	16.93	55.68	65.5	152.9
San Totomás													
Varianza	S ² (y) =	2597.9	2831.4	2131.4	691.19	73.3	13.97	91.85	86.21	397.79	675.78	658.04	2489
San Totomás													
Desviación	S (y) =	50.97	53.21	46.17	26.29	8.56	3.74	9.58	9.28	19.94	26	25.65	49.89
San Totomás													
Prom.	x1 =	145.86	135.93	95.52	38.71	6.61	4.4	3.9	5.81	12.69	50.33	59.82	117.23
KAYRA													
Varianza	S ² (x1)=	3552.1	908.52	1504.7	579.22	47.92	35.51	24.32	32.53	85.15	811.74	690.73	1650.3
KAYRA													
Desviación	S (x1) =	48.8	30.14	38.79	24.07	6.92	5.96	4.93	5.7	9.23	26.46	22.37	29.12
KAYRA													
R		0.29	0.7	0.14	0.34	0.18	0.41	0.88	0.2	0.6	0.17	0.36	0.29
Covarianza Sxy		665.43	1057.3	243.07	200.58	10.07	8.59	39.03	9.86	102.88	108.24	193.16	399.84
	n =	15	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15
	a =	147.87	16.95	148.32	49.22	6.59	1.12	-0.3	5.97	1.59	48.97	48.77	124.54
	b =	0.187	1.164	0.162	0.346	0.21	0.242	1.605	0.303	1.208	0.133	0.28	0.242

Fuente: (A. Mejía 2001 – UNALMO), y procesado por los tesisistas.

Finalmente se tiene un nuevo registro de precipitación para la estación Santo Tomás libre de saltos, completo y extendido.



Tabla 19: Datos Meteorológicos completados y extendidos para la estación Santo
Tomas

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETA SANTO TOMAS																
Estacion :		SANTO TOMAS					Latitud : 14° 27' 00"			S		Departamento : CUSCO				
Tipo:		CO					Longitud : 72° 6' 00"			W		Provincia : CHUMBIVILCAS				
							Altitud : 3658			msnm		Distrito : SANTO TOMAS				
Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL		
REG																
1	2003	180.6	206.2	203.1	63.8	0	2.8	0	15.8	12.7	39.8	47.3	132.9	904.9		
2	2004	165.3	175.8	142.5	26.3	0	0	39.9	21.6	18.3	70.7	131.6	293.7	1085.9		
3	2005	147.7	141.9	198.1	58.3	0	0	0	0	11.4	64	81.4	186.4	889.2		
4	2006	295.4	232.2	165.4	127.1	0	3.1	0	8.1	15.4	83.9	103	176.9	1210.4		
5	2007	170.7	107.9	197.1	62.4	9	0	10.4	0	5.7	32.7	66	229.5	891.5		
6	2008	240.8	148.2	118.2	15.4	9.6	3.6	0	0	12.7	124.5	24.9	197.6	895.5		
7	2009	106.8	178.5	142.3	86.1	4.3	0	3.5	0	0	26.3	132.1	123.5	803.4		
8	2010	232.9	205.8	160.8	97.2	28	0	0.8	0	3.9	49.6	68.7	195.4	1043		
9	2011	190.1	191.5	205.3	95.8	11.7	0.4	4.8	29.5	56.3	34.3	72	126.2	1017.9		
10	2012	190.3	278.1	246.9	102.3	1.6	0	0.9	0	11	51.6	87.4	168	1138.1		
11	2013	181.7	263.2	144	58.2	7	10.5	1.7	17	6.1	35.6	58.3	224	1007.3		
12	2014	222.7	102.4	127.8	43.8	5.5	0	0.5	3.8	55.9	103.3	52.1	190.3	908.1		
13	2015	221.3	176.5	201	70.6	10.1	0	4.3	18.6	4.1	38.9	63.4	114.6	923.4		
14	2016	80.8	234.2	141.5	62.9	7.4	3.7	5.6	12.4	6.6	55.5	33.8	95.4	739.8		
15	2017	233.6	160.4	267.4	64.8	30.4	0.4	7	0.6	56.8	75.8	62.4	166.6	1126.2		
16	2018	176.8	206.2	154.8	46.4	10.6	11.8	24	3	5.8	73	82.4	68.2	863		
Nº Datos		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		
Media		189.9	188	176	67.6	8.5	2.3	6.5	8.2	17.7	60	72.9	168.1	965.47		
Desv. Estandar		52.56	49.96	42.79	28.83	9.1	3.76	10.8	9.66	19.75	27.5	30.15	56.75	129.93		
Coef. Variacion		0.28	0.27	0.24	0.43	1.08	1.66	1.67	1.19	1.12	0.46	0.41	0.34	0.13		
Prec. Max.		295.4	278.1	267.4	127.1	30.4	11.8	39.9	29.5	56.8	124.5	132.1	293.7	295.4		
Prec. Mín.		80.8	102.4	118.2	15.4	0	0	0	0	0	26.3	24.9	68.2	0		

Fuente: Elaborado por los testistas.

En resumen, este mismo procedimiento se ha realizado para las otras estaciones meteorológicas de Tambobamba, Paruro; considerando los tiempos base o índice de tiempo de K'ayra.

5.4 REGIONALIZACIÓN

5.4.1 Regionalización de la Precipitación

En el proceso se ha manejado la técnica determinística de dos variables (Precipitación y Altitud) por regresión lineal, exponencial, logarítmico, polinómica etc. el cual permitirá predecir los valores de $P=f(A)$ con un cierto valor de acercamiento. El estudio



de la precipitación en proporción a la elevación sobrelleva a formar precipitaciones en puntos citados para una concluyente elevación y perspectiva terrestre explícita.

Tabla 20: Estaciones utilizadas para el proceso de regionalización.

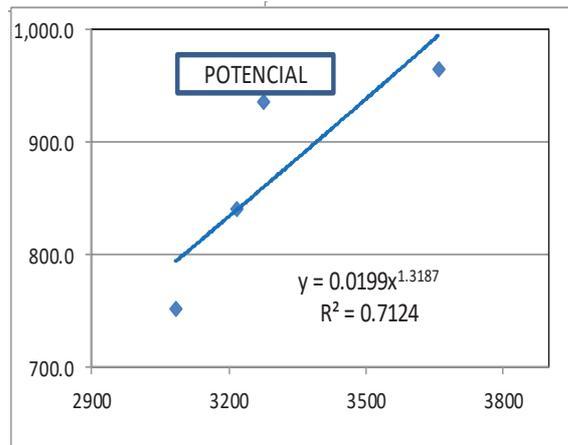
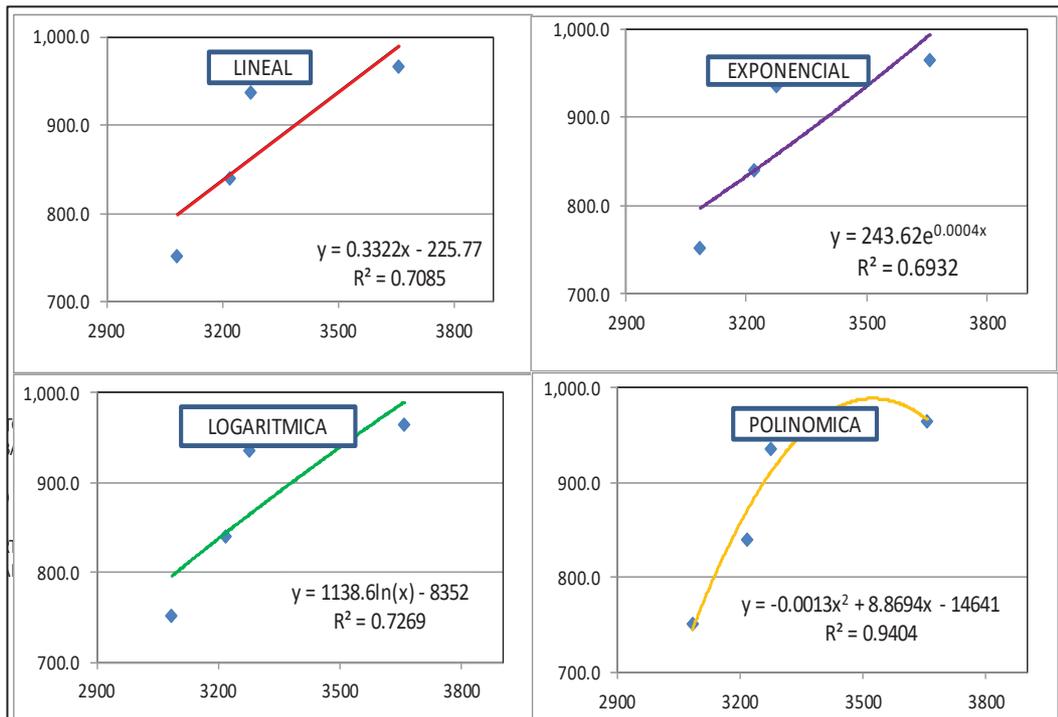
NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD	PRECIPITACION	PRECIPITACION MEDIA ANUAL CORREGIDA
	MEDIA	MEDIA ANUAL	
	Msnm	mm	
SAN TOTOMAS	3658	965.5	17693.84
TAMBOBAMBA	3275	936.1	17567.91
PARURO	3084	751.8	17499.49
KAYRA	3219	840.1	17548.27
SUMA	13236	3493.5	70309.52
n	4	4	4
PROMEDIO	3309	873.4	17577.38

Fuente: elaboración propia de los tesistas.

Según los diagramas de tipos de regresión, la precipitación de la zona de estudio se ajusta mejor a una ecuación de tipo **LOGARÍTMICA**, con un coeficiente de determinación de $R^2=0.73$, equivalente a un coeficiente de correlación de $r = 0.85$ que es valor alto.



Figura 10: Diagramas de regresión, para la precipitación media anual



Finalmente. Considerando la ecuación logarítmica: $(y = 1138.6 * \ln(x) - 8352)$, en función a la altitud media de la cuenca Hayculli que es de 4330 msnm, la precipitación anual oscila entre los 1181.87 mm/año.

Desarrollo en hoja de cálculo Excel se detalla a continuación:



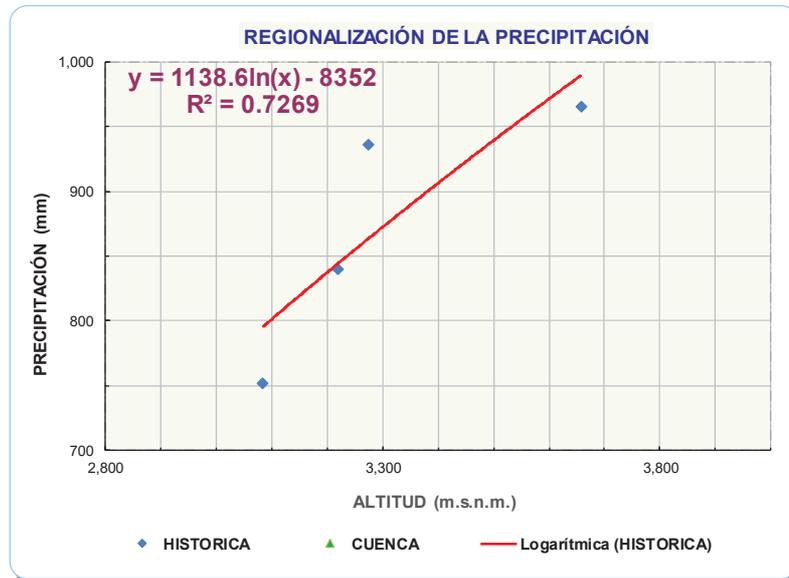
Tabla 21: Coeficientes para generación de precipitación mensual sector Hayculli

ESTACION	ALTITUD	COORDENADAS UTM		PRECIPITACION HISTORICA (mm/año)	PRECIPITACION CORREGIDA (mm/año)	DIST. HORIZ. CUENCA- ESTACION d _i (m)	DIFERENCIA DE ALTITUD ENTRE PUNTO INTERES - ESTACIONES h _(m)	FACTOR DE PROPORCIONALIDAD DE PRECIPITACION		FACTOR DE INFLUENCIA POR TRANSPORTE DE ALTITUD	FACTORES DE INFLUENCIA POR DISTANCIA Y ALTITUD DE ESTACIONES A PUNTO INTEREZ				FACTOR DE INFLUENCIA TOTAL F _t = F _d * F _{alt}	
		Nº Ecuacion	Forma Ecuacion					Proporcion Inversa Distancia	Proporcion Inversa diferencia de alturas		FACTOR INFLUENCIA POR DIST.Y ALTITUD	F _d = Σ (h _i /d _i)	F _d = Σ (h _i /d _i)	F _{alt} = (h _i /Σh _i)		
SANTOTOMAS	3,658.00	X	Y	P _{hist.}	P _{correg.}	610,440.20	672.00	3	$Y = a \ln(X) + b$	$F = \frac{P_{correg.}}{P_p}$	2.25	0.0567	6.0774	0.3596	0.2081	0.255
TAMBORANBA	3,275.00	812,671.94	8,400,529.24	965.47	989.84	604,850.83	1,055.00	Constantes a = 1,345.2 b = 0,00005 necesarias para extrapolar la precipitación: c =	$F = \frac{P_{correg.}}{P_p}$ $F = \frac{P_{correg.}}{P_{correg. Estac.}}$	2.27	0.0572	3.8711	0.2290	0.1431	0.181	
PARURO	3,084.00	805,232.51	8,456,551.30	936.09	863.91	68,457.30	1,246.00			20.08	0.5055	3.2777	0.1999	0.3497	0.550	
KAYRA	3,219.00	191,804.81	8,476,253.81	751.84	844.27	90,919.78	1,111.00			15.12	0.3806	3.6760	0.2175	0.2990	0.421	
					Σ	1,374,668.11	4,084.00						39.72	1.00	16.90	1.0000

Fuente: Modelo determinístico precipitación altitud y ubicación geográfica (PLAN MERIS), Procesado por los tesisistas.



Figura 11: Comportamiento regional de la precipitación anual por regresión exponencial



Para el caso de la regionalización mensual, se ha contado con el modelo propuesto por PLAN MERISS, utilizando ecuaciones de regresión múltiple, las cuales toman en cuenta tres factores de influencia: (por proporcionalidad de altitud, por carga de precipitación por altitud, por distancia y altitud de estaciones base al punto de interés). Los detalles de este proceso de cálculo

De acuerdo al proceso de regionalización, la cuenca de Hayculli, para una altitud media de 4330 msnm, cuenta con una precipitación media anual de 1181.87 mm/año, tal como se observa en la tabla resumen siguiente:

DATOS:				
ZONA DE ESTUDIO	ALTITUD	COORDENADAS UTM		PRECIPITACIÓN HISTÓRICA
		X	Y	
Hayculli	4,330	202285.14	8,408,603.50	1,181.87

Finalmente, aplicando las ecuaciones de regionalización anteriormente indicadas, se tiene la generación del propio registro de precipitación para la zona del proyecto Hayculli. (ver tabla 22)



Tabla 22: Registro de precipitación regionalizada altitud media Hayculli

Sect. HAYCULLI				Latitud :		14° 22' 43.49"		S	Departamento:		CUSCO			
				Longitud :		71° 45' 37.78"		W	Provincia :		CHUMBIVILCAS			
				Altitud :		4,330		msnm	Distrito :		LIVITACA			
Nº REG.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	2,003	222.1	219.3	217.3	68.1	5.1	2.9	0	18.7	17.1	53.2	55.1	183.3	1062.3
2	2,004	218.7	240.5	129	35.3	8.2	3.8	33	20.1	35	79.3	117.9	301.4	1222.2
3	2,005	165.9	176.8	197	60.3	0.5	0	1.3	2.1	8.8	81	99.6	191.5	984.7
4	2,006	305.9	234.2	185.9	134.5	0	5.9	0	7.8	11.1	81.6	118.1	182.5	1267.5
5	2,007	200.1	133.2	233.1	62.2	6.6	0	8.4	0	6.9	41.5	101.3	229.9	1023.4
6	2,008	248.8	154	124.7	22.9	13.3	3.9	0	1.7	21.8	114.1	58.4	215.3	978.9
7	2,009	162	196.1	140.7	74.7	5.9	0	4.6	1.1	7.3	47.1	206	166.6	1012
8	2,010	300.5	219.3	166.2	82.7	28.5	0	0.6	1.8	5.1	57.7	78.5	221.4	1162.2
9	2,011	191.8	255.1	241.2	89.1	9.3	1.1	5.3	21.3	62.2	52	82.2	175	1185.6
10	2,012	205.3	289.3	238.1	92.7	2	2.2	1.3	0	21.4	61.8	124.1	238.5	1276.8
11	2,013	193.5	268.7	146	56.3	4.8	10.8	2.2	20.2	11.2	77.9	93.3	249.1	1134
12	2,014	259.2	149.3	139.5	53.7	12.2	0	2.3	3.4	46.7	91.5	52.4	218.6	1028.7
13	2,015	257	184.4	202.4	88.1	12.4	0.3	4.8	19.1	18.9	40.6	81.4	155.6	1064.8
14	2,016	111.9	283.1	136.7	68.9	7	3	7	10.9	13.8	78	48	132.2	900.4
15	2,017	238.1	194.3	266.8	76.4	36.5	0.8	5.3	2.5	50.5	80.4	81	182.3	1215
16	2,018	201.8	251.6	191.2	56.3	12.4	12.1	18.5	5.1	11.2	82.4	105	113.1	1060.6
Nº Datos		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Media		217.7	215.6	184.7	70.1	10.3	2.9	5.9	8.5	21.8	70	93.9	197.3	1,098.70
Desv. Estándar		50.52	48.28	45.85	25.57	9.72	3.79	8.58	8.42	17.44	20.26	38.43	46.79	112.7
Coef. Variación		0.23	0.22	0.25	0.36	0.94	1.3	1.45	0.99	0.8	0.29	0.41	0.24	0.1
Prec. Max.		305.9	289.3	266.8	134.5	36.5	12.1	33	21.3	62.2	114.1	206	301.4	1,276.80
Prec. Min.		111.9	133.2	124.7	22.9	0	0	0	0	5.1	40.6	48	113.1	900.4
Prec. 75% perst		183.6	183.01	153.82	52.89	3.75	0.37	0.11	2.8	10.05	56.34	67.97	165.71	1,022.69

De igual manera se ha regionalizado para cada altitud del sector Hayculli tal como se observa

en cuadro siguiente:

Tabla 23: Regionalización de la precipitación anual según la altitud

ALTITUD	ISOHIETAS
4300	1,173.95
4350	1,187.11
4400	1,200.13
4450	1,212.99
4500	1,225.71
4550	1,238.29
4600	1,250.74
4650	1,263.05
4700	1,275.22
4750	1,287.27

La precipitación media mensual en la cuenca Hayculli se detalla en el siguiente cuadro.



Tabla 24: Precipitación efectiva al 75 % de persistencia sector

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Precipitación Media	217.7	215.6	184.7	70.1	10.3	2.9	5.9	8.5	21.8	70	93.9	197.3	1,098.70
Desv. Estándar	50.52	48.28	45.85	25.57	9.72	3.79	8.58	8.42	17.44	20.26	38.43	46.79	112.7
Coef. Variación	0.23	0.22	0.25	0.36	0.94	1.3	1.45	0.99	0.8	0.29	0.41	0.24	0.1
Prec. Max	305.9	289.3	266.8	134.5	36.5	12.1	33	21.3	62.2	114.1	206	301.4	1,276.80
Prec. Min.	111.9	133.2	124.7	22.9	0	0	0	0	5.1	40.6	48	113.1	900.4
PE. 75% persistencia	183.6	183.01	153.82	52.89	3.75	0.37	0.11	2.8	10.05	56.34	67.97	165.71	1,022.69

5.4.2 Regionalización de la Temperatura.

El conocimiento de la temperatura en su medida, máxima y mínima es importante pues a la altitud en el que se encuentra el proyecto de presa, estas variaciones de calor y el frío, tiene un rol significativo en todos los métodos, artificiales, corporales y orgánicos de rocas, suelos, e incluso al rendimiento de maquinarias y trabajadores, así como la anticipación de la logística que se requerirá en la etapa de construcción.

Es por ello que, no habiendo estación en el ámbito del proyecto a altitud de 4030 msnm, nos obliga a regionalizar estos parámetros climáticos, tomando como información nativa registros provenientes de SENAMHI desde los años 1964 al 2018, circundantes al proyecto como son: Santo Tomás, Tambobamba, Paruro y Kayra, actualmente en funcionamiento.

5.4.2.1 Regionalización de la temperatura máxima media mensual.

Se ha traído el procedimiento de retroceso directo temperatura - altitud, Para ello se ha contado con información de registro de temperaturas máximas, de 4 estaciones: Santo Tomas, Tambobamba, Paruro y Kayra (ver tabla 25).



Tabla 25: Proceso de regionalización anual de temperatura máxima

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATURA MAXIMA MEDIA													
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA	
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
SAN TOTOMAS	3658	22	22.3	22.6	22.3	22.4	22	21.5	22.7	23.4	23.7	24.7	23.1	22.7	
TAMBOBAMBA	3275	20.7	20.6	19.3	19.2	19	19.5	20.7	21.8	21.6	23.1	23.4	21.5	20.9	
PARURO	3084	21.5	21.4	21.7	22.3	22.3	21.9	21.7	22.5	23.1	23.4	23.7	22.3	22.3	
KAYRA	3219	19.8	19.9	20	20.5	20.8	20.5	20.3	21	21.3	21.5	21.6	20.5	20.6	
Promedio	3309	21	21.1	20.9	21.1	21.1	21	21.1	22	22.3	22.9	23.3	21.9	21.6	
Desv. Estándar	246.1	1	1	1.5	1.5	1.6	1.2	0.7	0.8	1.1	1	1.3	1.1	1	
Coefic.	A	14.5951	12.3547	10.5946	16.5607	15.51	16.7756	19.4055	17.6652	16.723	17.8979	13.3583	13.2026	15.3869	
Coefic.	B	0.0019	0.0026	0.0031	0.0014	0.0017	0.0013	0.0005	0.0013	0.0017	0.0015	0.003	0.0026	0.0019	
Coefic.	R	0.486	0.618	0.508	0.225	0.264	0.256	0.189	0.417	0.392	0.378	0.572	0.57	0.446	
Cuenca HAYCULLI	4,330	22.4	22.9	23.1	22	22.3	21.9	21.4	22.9	23.5	24	25.5	23.7	23	

Según los resultados se puede advertir que el mes más caluroso es noviembre con una calentura máxima de 25.5 °C. y el promedio anual es de 23.0 °C.

5.4.2.2 Regionalización temperatura mínima media mensual:

En este caso la ecuación que representa la regionalización es el retroceso directo simple, mostrandose en el siguiente cuadro:

Tabla 26: Proceso de regionalización anual de temperatura mínima

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm.	TEMPERATURA MINIMA MEDIA													
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA	
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
SAN TOTOMAS	3658	7.2	7.5	7.3	5.4	1.3	-1	-1.3	0.2	3.1	4.7	5.3	6.6	3.9	
TAMBOBAMBA	3275	8.5	7.9	8.2	7.6	6.3	5	4.3	5.2	7.5	7.2	8.1	8.1	7	
PARURO	3084	7.7	7.7	7.1	5.3	2.8	1.1	0.9	2.5	4.9	6.3	6.8	7.3	5	
KAYRA	3219	7.3	7.3	6.7	4.3	1	-0.9	-1.4	0.5	3.5	5.4	6.2	6.7	3.9	
Promedio	3309	7.7	7.6	7.3	5.6	2.9	1.1	0.6	2.1	4.7	5.9	6.6	7.2	4.9	
Desv. Estándar	246.1	0.6	0.3	0.7	1.4	2.4	2.8	2.6	2.3	2	1.1	1.2	0.7	1.5	
Coefic.	a	10.5533	8.4904	5.5784	5.1277	11.5785	13.9241	12.4644	15.1293	15.7153	15.2528	15.5885	10.9734	11.698	
Coefic.	b	-0.0009	-0.0003	0.0005	0.0002	-0.0026	-0.0039	-0.0036	-0.0039	-0.0033	-0.0028	-0.0027	-0.0011	-0.002	
Coefic.	r	-0.371	-0.267	0.194	0.028	-0.265	-0.343	-0.333	-0.419	-0.402	-0.633	-0.571	-0.404	-0.34	
HAYCULLI	4,300	6.8	7.3	7.9	5.8	0.3	-2.8	-2.9	-1.8	1.5	3.1	3.9	6.1	2.9	

Según los resultados se puede advertir que el más frígido se da en el Julio con una temperatura mínima media mensual de -2.9 °C. y el cociente periódico de temperatura mínima es de 2.9 °C.



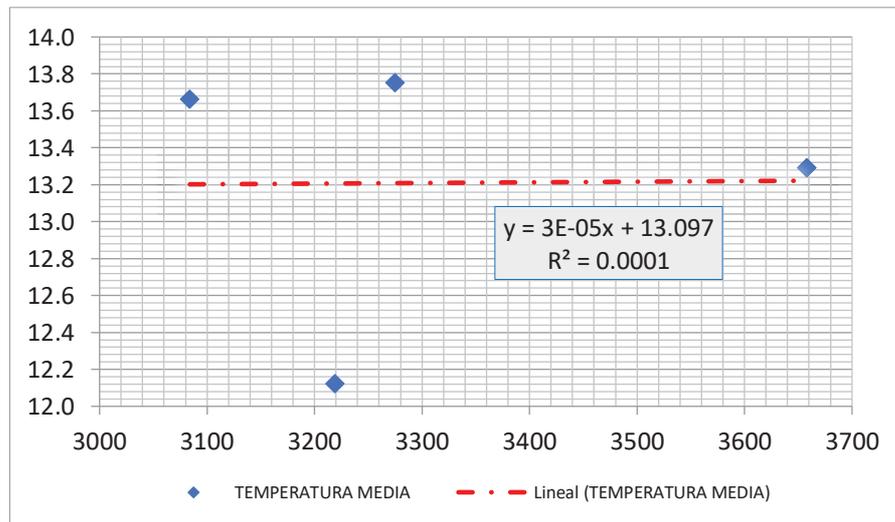
5.4.2.3 Regionalización temperatura media.

Para el SENAMHI, es el cociente de una cadena de destemplanzas empañadas en el proceso del ciclo, durando 1 día o meses. Tomando en cuenta el proceso de regionalización por regresión lineal en función de la altitud, se tiene que la zona de estudio registra una fiebre medio periódico de 8.49 ° C, noviembre es el período de más temperatura y agosto considerado el período más frío con un clima mediano periódica de 6.31 °C.

Tabla 27: Registro de temperatura media mensual Zona del proyecto

ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATUA MEDIA												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
SAN TOTOMAS	3658	11.4	11.9	10.7	11.2	9.6	9.2	9.8	9.4	11.7	11.9	13.6	12.5	11.1
TAMBOBAMBA	3279	14.6	14.8	14.1	13.8	12.8	12	12.7	13.4	14.8	15.6	15.4	16.3	14.2
PARURO	3084	14.5	14.4	14.2	13.8	12.5	11.5	11.4	12.6	14	14.9	15.2	14.8	13.7
KAYRA	3219	13.4	13.5	13.2	12.2	10.7	9.6	9.3	10.6	12.2	13.4	13.8	13.5	12.1
Promedio	3310	13.5	13.6	13.1	12.7	11.4	10.6	10.8	11.5	13.1	13.9	14.5	14.3	12.8
Desv. Estándar	245.9	1.5	1.3	1.6	1.3	1.5	1.4	1.5	1.8	1.5	1.6	0.9	1.6	1.4
Coefic. A		31.7298	28.7056	33.5771	26.7821	27.5094	22.347	18.1615	28.9302	25.4175	30.8098	22.8632	27.2864	27.01
Coefic. B		-0.0055	-0.0046	-0.0062	-0.0042	-0.0049	-0.0036	-0.0022	-0.0053	-0.0037	-0.0051	-0.0025	-0.0039	-0.00431
Coefic. R		-0.906	-0.858	-0.936	-0.813	-0.776	-0.63	-0.353	-0.71	-0.619	-0.767	-0.665	-0.602	-0.743
HAYCULLI	4.300	7.99	9.13	6.93	8.53	6.59	7.08	8.61	6.31	9.48	8.88	12.01	10.38	8.49

Figura 12: Distribución regional de la temperatura media mensual



Finalmente consolidando los datos de temperaturas se tiene.



Tabla 28: Temperaturas Media, máxima y mínima– 4300 msnm

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Media	7.99	9.13	6.93	8.53	6.59	7.08	8.61	6.31	9.48	8.88	12.01	10.38
Máxima	22.4	22.9	23.1	22	22.3	21.9	21.4	22.9	23.5	24	25.5	23.7
Mínima	6.8	7.3	7.9	5.8	0.3	-2.8	-2.9	-1.8	1.5	3.1	3.9	6.1

Fuente: Regionalización

Figura 13: Variación Mensual de la Temperaturas máxima, mínima y media.

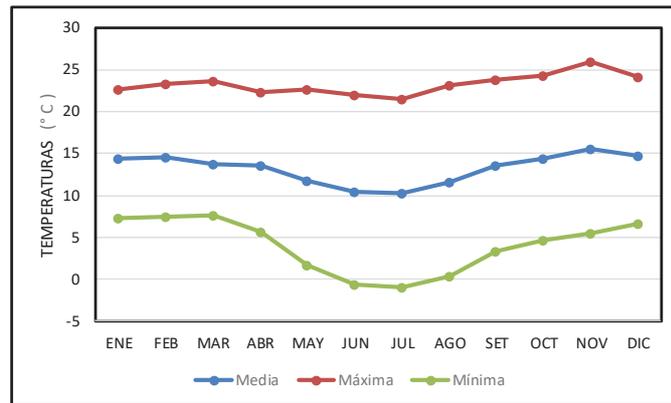


Tabla 29: Regionalización de la temperatura anual según la altitud

ALTITUD	ISOTERMAS
4300	8.49
4350	8.28
4400	8.06
4450	7.85
4500	7.63
4550	7.42
4600	7.2
4650	6.99
4700	6.77
4750	6.56

5.4.3 Regionalización Evaporación.

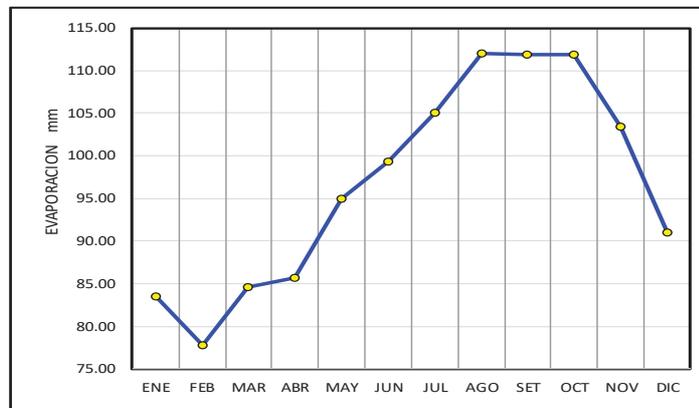
De acuerdo al proceso de regionalización tomando en cuenta la altitud (método de regresión lineal), La evaporación general periódica registrada para la zona de Hayculli es de 1161.14 mm/año, con una lámina de evaporación promedio anual de 3.18 mm/día, siendo el mes de setiembre el mes de mayor evaporación por día, con una lámina de 3.7 mm/día.



Tabla 30: Regionalización de la evaporación al sector Hayculli

ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / EVAPORACION												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
SAN TOTOMAS	3658	111.78	114.23	113.61	110.47	106.61	105.41	98.92	104.84	125.60	119.78	121.53	108.47	111.77
PARURO	3084	80.18	67.46	82.10	83.55	100.21	108.66	126.15	136.79	122.95	126.46	106.66	95.19	103.03
KAYRA	3219	58.50	51.72	58.13	63.03	77.87	84.07	90.26	94.49	87.31	89.28	82.01	69.14	75.48
HAYCULLI	4,330	83.49	77.80	84.61	85.68	94.90	99.38	105.11	112.04	111.95	111.84	103.40	90.93	96.76
DIAS DEL MES		31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	
LAMINA EVAPORACION POR DIA		2.7	2.8	2.7	2.9	3.1	3.3	3.4	3.6	3.7	3.6	3.4	2.9	3.18

Figura 14: Variación Mensual de la Evaporación Media.



5.4.4 Humedad relativa.

Según SENAMHI, es el conjunto de fluido de agua en el viento en balance con el importe que el aire podría poseer si se encontrara totalmente saciada. Se pronuncia como relación.

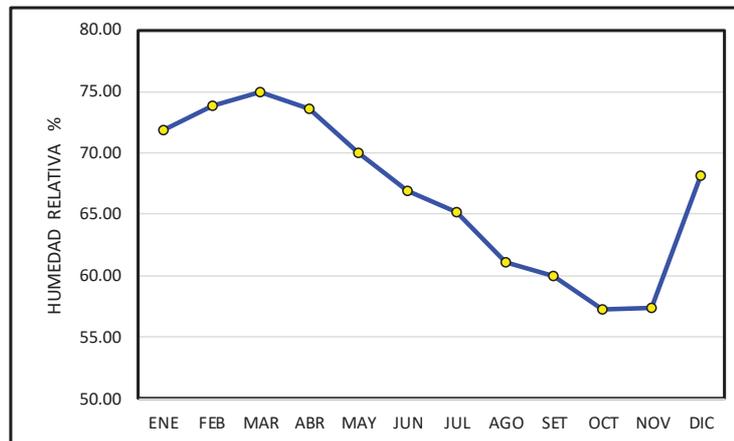
La humedad relativa media anualizado-registrada para el lugar de Hayculli (según el procedimiento de regresión lineal) es de 58.01%, inspeccionándose una cifra enorme en el periodo de marzo con 70.2% y un importe imperceptible del periodo de noviembre con 40.62%, la variación se presenta en la Tabla 31.



Tabla 31: Variación de la Humedad Relativa Mensual.

ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / HUMEDAD RELATIVA												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SAN TOMAS	3658	70.66	73.22	73.35	72.02	67.85	64.45	62.48	58.53	57.14	56.08	55.95	67.52	64.94
TAMBOBAMBA	3275	80.74	79.73	84.38	82.73	81.87	82.40	81.09	76.83	77.54	70.31	71.22	75.18	78.67
PARURO	3084	76.33	77.29	76.60	74.93	71.64	69.79	68.28	66.42	66.71	68.36	69.27	73.20	71.57
KAYRA	3219	74.00	74.85	75.25	73.26	69.59	64.98	65.06	64.25	64.87	63.43	66.62	70.36	68.88
Promedio	3309.0	75.43	76.27	77.40	75.73	72.74	70.41	69.23	66.51	66.56	64.55	65.77	71.57	71.01
Desv. Estándar	246.1	4.23	2.85	4.84	4.82	6.28	8.35	8.25	7.64	8.41	6.34	6.81	3.34	5.78
Coefic. a		110.3633	99.6432	100.7000	96.3367	99.7683	104.2718	108.7429	119.5536	131.0947	135.7548	147.2608	104.2490	113.1449
Coefic. b		-0.0106	-0.0071	-0.0070	-0.0062	-0.0082	-0.0102	-0.0119	-0.0160	-0.0195	-0.0215	-0.0246	-0.0099	-0.012732
Coefic. r		-0.613	-0.610	-0.358	-0.318	-0.320	-0.302	-0.356	-0.516	-0.571	-0.835	-0.890	-0.727	-0.542
HAYCULLI	4,330	64.66	69.06	70.20	69.38	64.40	59.96	57.04	50.14	46.65	42.57	40.62	61.48	58.01

Figura 15: Variación Mensual de la Humedad Relativa



5.4.5 Velocidad del viento.

Según el SENAMHI, la celeridad del viento es la pauta de la inclinación tendida del aire que transita un lugar entregado. Consigue alternarse de la velocidad media de 2 minutos (velocidad del viento) o de una prontitud rápida (prontitud máxima o cumbre, en otros términos, un ciclón). Para tal caso se ha contado con indagación de ligereza máxima de corriente proveniente del tiempo de Santo Tomas, pues es la única estación cercana a la franja de análisis que presenta este tipo de registro, observándose el comportamiento siguiente:



Tabla 32: Dirección y velocidad máxima del viento estación Santo Tomas
(m/s)

Año	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SET		OCT		NOV		DIC	
	DIR	V=m/s																						
2009	NW	6	SW	10	SW	8	SE	8	SW	10	NW	6	NW	6	SW	6	SE	8	NE	10	SE	8	SE	8
2010	NE	8	NW	6	NE	6	SE	8	NW	8	SW	6	NE	6	NW	6	NE	8	SW	8	SE	8	NE	8
2011	SW	8	SW	8	NW	6	SW	6			SW	6	NW	6	SW	8	NW	6	SE	10	NW	8	NE	8
2012	SE	6	SW	6	SW	6	NW	8	NE	8	NE	6	SW	6	SW	6								
2013			SE	8	SE	6	NW	6	SW	6	NW	8	SW	6	NE	8	NE	8	NE	8	NW	8	SW	8
2014	SW	8	SW	8	NE	8	SW	8	SW	8	SW	6	NE	6										
PROMEDIO		7.20		7.67		6.67		7.33		8.00		6.33		6.00		6.80		7.50		9.00		8.00		8.00

Las mayores tasas de velocidad máxima de viento o ráfagas se registran en el mes de octubre con 9 m/s, y la tasa de menor velocidad máxima de viento se registra en Junio con 6.33 m/s.

5.5 CLASIFICACION CLIMATICA

Es el "promedio del estado del tiempo o, más rigurosamente, como una descripción estadística en términos de valores medios y de variabilidad de las cantidades de interés durante un período que puede abarcar desde algunos meses hasta miles o millones de años". La etapa tradicional es de 30 años, estos conjuntos parcialmente son variables de área, como la calentura, las precipitaciones o la corriente. En otros términos, la temperatura es la fase del régimen atmosférico, abarcada una representación de recensión.

Según el modelo climático de L. Holdridge 1968, y considerando la precipitación periódica, la temperatura media anual, y la relación de evapotranspiración, toda la zona de estudio está dentro del Páramo muy húmedo Sub-Andino Boreal.



Tabla 33: Clasificación climática de Hayculli según modelo climático de Holdridge

ALTITUD	COEF.	BIO	POTENCIAL	ISOHIETAS	RELACION	ZONA DE VIDA HAYCULLI	CLAVE
	COREC.	ISOTERMAS	EVAPORACION	ANUAL	EVAPORACION		
4300	58.53	8.49	497.09	1173.95	0.42	Paramo muy húmedo- sub Andino Boreal	Pmh-SAB
4350	58.53	8.28	484.49	1187.11	0.41		
4400	58.53	8.06	471.88	1200.13	0.39		
4450	58.53	7.85	459.28	1212.99	0.38		
4500	58.53	7.63	446.68	1225.71	0.36		
4550	58.53	7.42	434.08	1238.29	0.35		
4600	58.53	7.2	421.47	1250.74	0.34		
4650	58.53	6.99	408.87	1263.05	0.32		
4700	58.53	6.77	396.27	1275.22	0.31		
4750	58.53	6.56	383.67	1287.27	0.3		

Fuente: Modelo L. Holdridge 1985. Procesado por los tesisistas en hoja de cálculo.

5.6 GENERACION DE LA CAPACIDAD EN VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO.

Hayculli es una cuenca pequeña de 4.56 km², con punto de salida deprecionado de baja pendiente, cuyo basamento está cubierto por materia orgánica del género gramínea, típico de zonas de humedal, con claros de espejo de agua cortos.

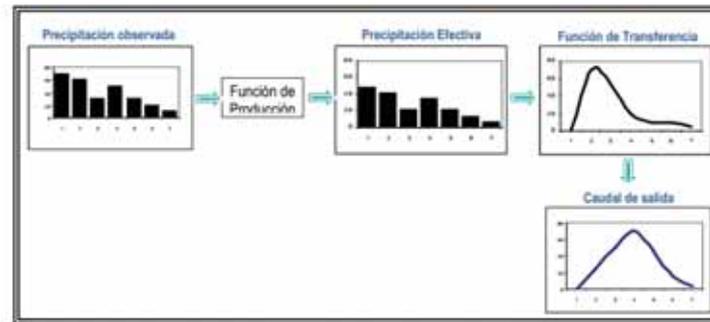
Foto 30: Vista de la zona a represamiento





Para determinar la capacidad máxima en volumen generado por la precipitación anual, se ha utilizara la metodología de precipitación - escorrentía Lutz Scholz. Este tipo de modelo es basado en la evolución del ímpetu - Escorrentía por la diligencia de dos puestos: Una situación de elaboración y un oficio de traspaso (Ver Figura 16).

Figura 16: Esquema de transformación de precipitación a caudal



L. Lutz Scholz, plantea la ecuación siguiente para determinar el caudal medio mensual

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i$$

Donde:

CM_i : Caudal mensual (mm/mes).

P_i : Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes).

D_i : Deficit de escurrimiento (mm/mes).

G_i : Gasto de retención de la cuenca (mm/mes).

A_i : Abastecimiento de la retención (mm/mes).

Asumiendo que para períodos largos (en este caso 1 año) el Gasto y Abastecimiento de la retención tienen el mismo valor es decir $G_i - A_i$, y para un año promedio una parte de la precipitación retorna a la atmósfera por evaporación.

Reemplazando $(P - D)$ por $(C*P)$, y tomando en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a m³/s) la ecuación anterior se convierte en:

$$Q = c' * C * P * AR$$

Que es la expresión básica del método racional.



Donde:

Q : Caudal (m³/s).

c' : Coeficiente de Conversión del tiempo (mes/seg).

C : Coeficiente de escurrimiento.

P : Precipitación total mensual (mm/me).

AR : Área de la cuenca (km²).

a) Coeficiente de Escurrimiento (C).

La escorrentía, es decir el agua que alcanza al arroyo de deposición, simboliza una división de la fogosidad total, a esa división se le designa cifra de escorrentía, que no posee extensiones y se simboliza por la cifra C. (M. Villon 2011). Por tanto, pende de elementos geodésicos, edafológicos, cubierta hortaliza, etc.

En el modelo de Lutz Scholz, utiliza el método de presentado por L. Turc:

$$C = \frac{P - D}{P}$$

Donde:

C : Coeficiente de escurrimiento (mm/año);

P : Precipitación Total anual (mm/año);

D: Déficit de escurrimiento (mm/año)

Para la determinación de D, se usa la siguiente expresión:

$$D = P * \frac{1}{(0.9 + \frac{P^2}{L^2})^{0.5}}$$

$$L = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3$$

Siendo:

L: Coeficiente de Temperatura.

T: Temperatura media anual (°C).

Ya que no se pudo lograr una igualdad ordinaria del factor de escorrentía para toda la cordillera, formando la receta sucesiva, que es legítima para el territorio austral:



$$C = 3.16E12(P^{-0.3686})(EP^{-3.686}) \quad r = 0.96$$

$$D = -1380 + 0.72(P) + 1.032(EP) \quad r = 0.96$$

Donde:

C: Coeficiente de escurrimiento (mm/año).

D: Déficit de escurrimiento (mm/año).

P: Precipitación total anual (mm/año).

EP: Evapotranspiración anual según Hargreaves (mm/año).

r: Coeficiente de correlación.

La expresión para la obtención de la evapotranspiración por el método de Hargreaves es la siguiente:

$$EP = 0.0075(RSM)(TF)(FA)$$

RSM y FA se determinan con las siguientes ecuaciones:

$$RSM = 0.075(RA) \sqrt{\frac{n}{N}}$$

$$FA = 1 + 0.06(AL)$$

Donde:

RSM : Radiación solar media.

TF : Componente de temperatura.

FA : Coeficiente de corrección; por elevación.

TF : Temperatura media anual (°F).

RA : Radiación extraterrestre (mm H₂O / año).

(n/N): Relación entre insolación actual y posible (%).

AL : Elevación media de la cuenca (Km).



Para establecer la calentura anualizada se considera el importe de las investigaciones de los tiempos y el pendiente de destemplanza de $-5.3\text{ }^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$, definitivo para la serranía. A nivel de la cuenca Hayculli se ha estimado un coeficiente de escorrentía de $C = 0.58$.

b) Precipitación Efectiva.

Según Mejía (2001), la precipitación positiva es la división de aguacero que genera el escurrimiento superficial, para lo cual presume que las haciendas cociente estar a la mira en la órbita incumben a un cambio de proporción del consumo y provisión de la conservación. La fogosidad segura se automatizó para el número de deslizamiento medio de 0.58, en tal sentido la correspondencia de precipitación segura y general consecuencia pareja al factor de escorrentía.

A fin de facilitar el cálculo de la precipitación efectiva Lutz Scholz propuso la ecuación polinómica de quinto grado:

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5$$

Donde:

PE: Precipitación efectiva (mm/mes).

P: Precipitación total mensual (mm/mes).

ai: Coeficiente del polinomio.

La Tabla 34, da productos término de la precipitación segura y la Tabla 35, muestra los tres juegos de coeficientes ai, que consienten conseguir por intercalación productos de C, entre los 0.15 y 0.45.

Tabla 34: Límite superior para la precipitación efectiva.

Curva I	PE= P -120.6 para P > 177.8 mm/mes
Curva II	PE= P -86.4 para P > 152.4 mm/mes
Curva III	PE= P - 59.7 para P > 127.0 mm/mes

Fuente: PLAN MERIS II – Generación de caudales para la sierra del Perú – Lutz Scholz.



Tabla 35: Coeficiente para el cálculo de la precipitación efectiva.

ai	CURVA I	CURVA II	CURVA III
a0	-0.018	-0.021	-0.028
a1	-0.0185	0.1358	0.2756
a2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a3	-1.20E-05	4.35E-08	5.53E-05
a4	1.44E-07	-8.90E-11	1.24E-07
a5	-2.85E-10	-8.79E-11	-1.42E-09

Fuente : PLAN MERIS II – Generación de caudales para la sierra del Perú – Lutz Scholz.

De esta forma es posible llegar a la relación entre la precipitación efectiva y precipitación total:

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P}$$

Donde:

C: Coeficiente de escurrimiento = 0.58

Q: Caudal anual.

P: Precipitación Total anual.

$\sum_{i=1}^{12} PE_i$: Suma de precipitación efectiva mensual.

c) Retención de la cuenca.

Conjeturando que coexista una proporción del consumo y la provisión de la discreción de la oquedad y el patrimonio general esté parejo a la precipitación segura cíclica, el tributo de la prudencia acuática al patrimonio se logra automatizar con ecuaciones:

$$R_i = CM_i - P_i$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$



Donde:

CMi: Caudal mensual (mm/mes).

PEi: Precipitación Efectiva Mensual (mm/mes).

Ri: Retención de la cuenca (mm/mes).

Gi: Gasto de la retención (mm/mes).

Ai: Abastecimiento de la retención (mm/mes).

Ri: Gi para valores mayores que cero (mm/mes).

Ri: Ai para valores menores que cero (mm/mes).

Estas son gabelas acuáticas al peculio, ya que teniendo los productos de Gi o Ai individualmente, se encuentra la conservación general R de la órbita pal año venidero en promedio (mm/año).

- **Relación entre Descargas y Retención.**

En el tiempo seco, el consumo de la conservación nutre las corrientes, formando el capital. La discreción o conservación de la cavidad se termina en el último período del tiempo en sequia medida en la siguiente ecuación:

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t)}$$

Donde:

Qt : Descarga en el tiempo t.

Qo : Descarga inicial.

A : Coeficiente de agotamiento.

t : Tiempo.

Al inicio del tiempo lluvioso, el transcurso de postración de la discreción concluye, entablado la provisión de los depósitos ácueos. Se encuentra definido por una deuda de la precipitación segura y la hacienda existente.



- **Coefficiente de Agotamiento.**

Por medio de la ecuación preliminar se logra deducir el coeficiente de agotamiento "a", por medio a fichas hidrométricos. Este coeficiente no es inmutable en la etapa de cosecha seca, ya que va reduciendo progresivamente.

“Con fines prácticos se puede despreciar la variación del coeficiente “a” durante la estación seca empleando un valor promedio”.

“El coeficiente de agotamiento de la cuenca tiene una dependencia logarítmica del área de la cuenca”.

$$a = f(\ln AR)$$

El estudio de los exámenes utilizables muestra, positiva autoridad de la temperatura, la geografía y la cubierta verde. Se ha perfeccionado por medio de un ejercicio positivo para la cordillera nacional:

$$a = 3.1249E67(AR)^{-0.114}(EP)^{-19.336}(T)^{-3.369}(R)^{-1.429} \quad r = 0.86$$

Donde:

A : Coeficiente de agotamiento por día.

AR : Área de la cuenca (km²).

EP : Evapotranspiración potencial anual (mm/año).

T : Duración de la temporada seca (días).

R : Retención total de la cuenca (mm/año).

Inicialmente es viable establecer el coeficiente de extenuación existente por medio de capacidades cíclicas en el río en la etapa del tiempo de sequía; no obstante, al no ser factible se logra acudir a las ecuaciones florecientes con el fin de hallar del coeficiente "a" en 4 sesiones de órbitas; mostrándose en la siguiente Tabla 36.



Tabla 36: Calculo de los coeficientes de agotamiento “a”.

CARACTERISTICAS DE LA CUENCA	RELACION
Agotamiento muy rápido, por temperaturas elevadas > 10°C y retención que va de reducida (50 mm/año) a mediana (80 mm/año).	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.034$
Agotamiento rápido, con retención que varía entre 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna).	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.030$
Agotamiento mediano, con retención alrededor 80 mm/año y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.026$
Agotamiento reducido, por alta retención (>100 mm/año) y vegetación mezclada.	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.023$

Donde:

A: es el coeficiente de agotamiento por día.

Ar es el área de la cuenca (km²).

- **Almacenamiento Hídrico.**

Se tienen tres tipos de almacenes hídricos naturales que inciden en la retención de la cuenca:

- Acuíferos.
- Lagunas y pantanos.
- Nevados.

Estos productos del acopio hídrico derivado por consecuencia de la conservación en la cuenca son recomendados por el tipo. Mostrados en la Tabla 37 en 3 características de cobertizo es acuáticos.

Tabla 37: Lámina acumulada en los tres tipos de almacén hídrico.

TIPO	LAMINA ACUMULADA		
	Pendiente de la Cuenca		
Acuíferos	2%	8%	15%
	300	250	200
Lagunas - Pantanos	500		
Nevados	500		

Fuente: Generación de caudales mensuales en la sierra peruana Lutz Scholz Programa nacional de pequeñas y medianas irrigaciones PLAN MERIS II.



- **Gasto de la Retención.**

El impuesto habitual de la conservación en el tiempo de sequía se logra establecer prácticamente en relación a información seguras de la cuenca en investigación por sucesiva locución:

$$G_I = \left[b_i * / \sum_{i=1}^m b_i \right] R$$

Donde:

b_i : Es la relación entre el caudal del mes actual y anterior (coeficiente del gasto de la retención).

G_i : Gasto mensual de la retención (mm/mes).

R : Retención de la cuenca (mm/mes).

$\sum_{i=1}^m b_i$: Sumatoria de la relación entre el caudal del mes i y el caudal inicial.

Restitución.

Se utiliza como referencia los valores del Tabla 38, para estimar la cuota del almacenamiento mensual en la zona de interés.

$$R_i = \left(\frac{r_i}{\sum r_i} \right) A$$

$$r_i = \frac{r}{100}$$

Donde:

R_i : Proporción del agua de lluvia que entra en el almacén hídrico para el mes (i).

A : Almacenamiento hídrico.

R : Almacenamiento hídrico (mm/año).

r_i : Almacenamiento hídrico. Durante la época de lluvias (r %).



Tabla 38: Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (%).

REGION	REGION	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	TOTAL
CUSCO	CUSCO	5	35	40	20	0	100
HUANCAVELICA	HUANCAVELICA	0	35	30	20	5	100
JUNIN	JUNIN	0	25	30	30	5	100
CAJAMARACA	CAJAMARACA	-5	0	20	25	35	100

*Fuente: PLAN MERIS II – Parámetros de calibración para la sierra Peruana -
LUTZ SCHOLZ*

Investigación realizada por el PLAN MERIS II, al comparar cavidades colindantes en relación a la plancha de agua que ingresa en la conservación de la órbita logrando demostrar la provisión en tiempo de la frecuencia pluviosa siendo semejante para cuencas situadas en dicho territorio atmosférica.

La plancha de agua que ingresa en la discreción de la cuenca se ven en representación de una pérdida periódica de la precipitación positiva fija y se deduce de la siguiente forma:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right)$$

Donde:

A_i : Abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva (mm/mes).

a_i : Coeficiente de abastecimiento (%).

R : Retención de la cuenca (mm/año).

En la zona de la ciudad Cusco el suministro emprende en el período de noviembre con 5%, logrando una cifra del 80% del cuerpo concluyente hasta enero. Las precipitaciones de aceptaciones del período de febrero perfeccionan el 20 % sobrante, y las precipitaciones efectivas del período de marzo gotean claramente sin auxiliar a la conservación. Los coeficientes periódicos mencionados en proporción de acopio general periódico se exponen en la tabla 37.



- **Determinación del Caudal Mensual para el Año Promedio.**

“La lámina de agua que corresponde al caudal mensual se calcula a partir de la ecuación del balance hídrico, tomando en cuenta la precipitación total mensual y el déficit de escurrimiento”.

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Donde:

CM_i : Caudal del mes i (mm/mes).

PE_i : Precipitación efectiva del mes i (mm/mes).

G_i : Gasto de la retención del mes i (mm/mes).

A_i : Abastecimiento del mes i (mm/mes).

d) Generación de Caudales Mensuales para Períodos Extendidos.

Con el fin de formar una cadena resumida de haciendas para espacios dilatados, se ha realizado un tipo estocástico que radica en una mezcla de un transcurso markoviano ordenada, “según las ecuaciones siguientes, con una variable de impulso, que en este caso es la precipitación efectiva”:

$$Q_t = f(Q_{t-1})$$

$$Q = g(PE_t)$$

Con la finalidad de aumentar el rango de valores generados y obtener una óptima aproximación a la realidad, se utiliza además una variable aleatoria.

$$Z = z(S)\sqrt{(1 - r^2)}$$

$$Q_t = B_1 + B_2(Q_{t-1}) + B_3(PE_t) + z(S)\sqrt{1 - r^2}$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

Dónde:

Q_t : Caudal del mes t.



- Qt-1 : Caudal del mes anterior.
- PEt : Precipitación efectiva del mes.
- B1 : Factor constante o caudal básico.

Se calcula los parámetros B1, B2, B3, r y S sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio por un cálculo de regresión con Qt como valor dependiente y Qt-1 y PEt, como valores independientes.

- El proceso de generación requiere de un valor inicial, el cual puede ser obtenido en una de las siguientes formas:
- Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo.
- Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes.
- Empezar con un caudal cero, calcular un año y tomar el último valor como valor Q0 sin considerar estos valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado.

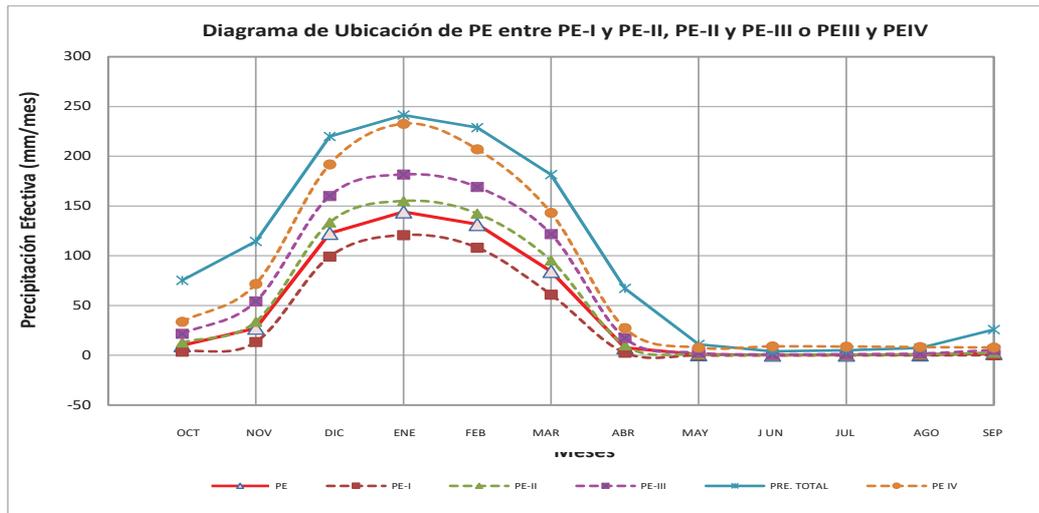


Tabla 39: Caudal generado cuenca de escurrimiento

MES	DIAS	PRECIPITACION MENSUAL							CONTRIBUCION DE LA RETENCION				CAUDALES MENSUALES	
		TOTAL P	PE I	PE I	PE II	PE III	PE IV	PE	GASTO		ABASTECIM		GENERADOS	
									bi	Gi	ai	Ai	mm/mes	m3/s
mm/mes	(mm/mes)	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	m3/s
JUL	31	5	-0.1	0	0.6	1.2	8.8	0.4	0.09	8.85	0.01	1.2	8.1	0.0136
AGO	31	7.3	-0.1	0	0.9	1.8	8.3	0.6	0.05	4.88	0.02	2.4	3.1	0.0053
SET	30	25.9	0.1	0.1	2.7	5.4	7.9	1.9	0.03	3.02	0.04	4.7	0.2	0.0003
OCT	31	75.3	3.7	3.7	12.7	21.7	33.8	9.9	0.02	1.49	0.08	9.4	1.9	0.0033
NOV	30	114.5	13.4	13.4	33.7	54.2	71.7	27.3	0	0	0.03	3	24.3	0.0426
DIC	31	219.8	99.2	99.2	133.4	160.1	191.8	122.6	0	0	0.17	19.5	103.1	0.1744
ENE	31	241.4	120.8	120.8	155	181.7	232.6	144.2	0	0	0.23	26.6	117.6	0.1989
FEB	28	228.8	108.2	108.2	142.4	169.1	207	131.6	0	0	0.24	28.3	103.3	0.1933
MAR	31	181.6	61	61	95.2	121.9	143.1	84.4	0	0	0.12	13.6	70.8	0.1198
ABR	30	67.3	2.6	2.6	10	17.4	27.4	7.7	0.56	53.77	0.06	7.1	54.4	0.095
MAY	31	11	-0.1	0	1.2	2.6	7.7	0.8	0.3	29.09	0.01	1.2	28.7	0.0486
JUN	30	4	-0.1	0	0.5	1	9.1	0.3	0.18	17	0.01	1.2	16.1	0.0282
TOTAL		1181.9	408.6	409	588.3	738.1	949.3	531.7	1.24	118.1	1	118.1	531.7	0.08



Figura 17: Ubicación de la precipitación efectiva resultante



De acuerdo a las condiciones de cobertura vegetal, pendiente y suelos de cobertura, utilizando la fórmula de Turc visto anteriormente, asume un coeficiente de escorrentía de 0.58, una precipitación acumulada para periodo de lluvias de diciembre, enero, febrero marzo y abril de 449.2 mm/año, con ello se ha generado el volumen máximo que la cuenca Hayculli que es capaz de generar la cuenca en sí, en tal sentido aplicando la fórmula de Manning se tiene:

$$V = 1000 * PP * Ce * Ac.$$

Donde:

V = Volumen generado por la cuenca m³

PP = Precipitación media anual época de lluvias mm

Ce = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

Ac = Área de la cuenca km².

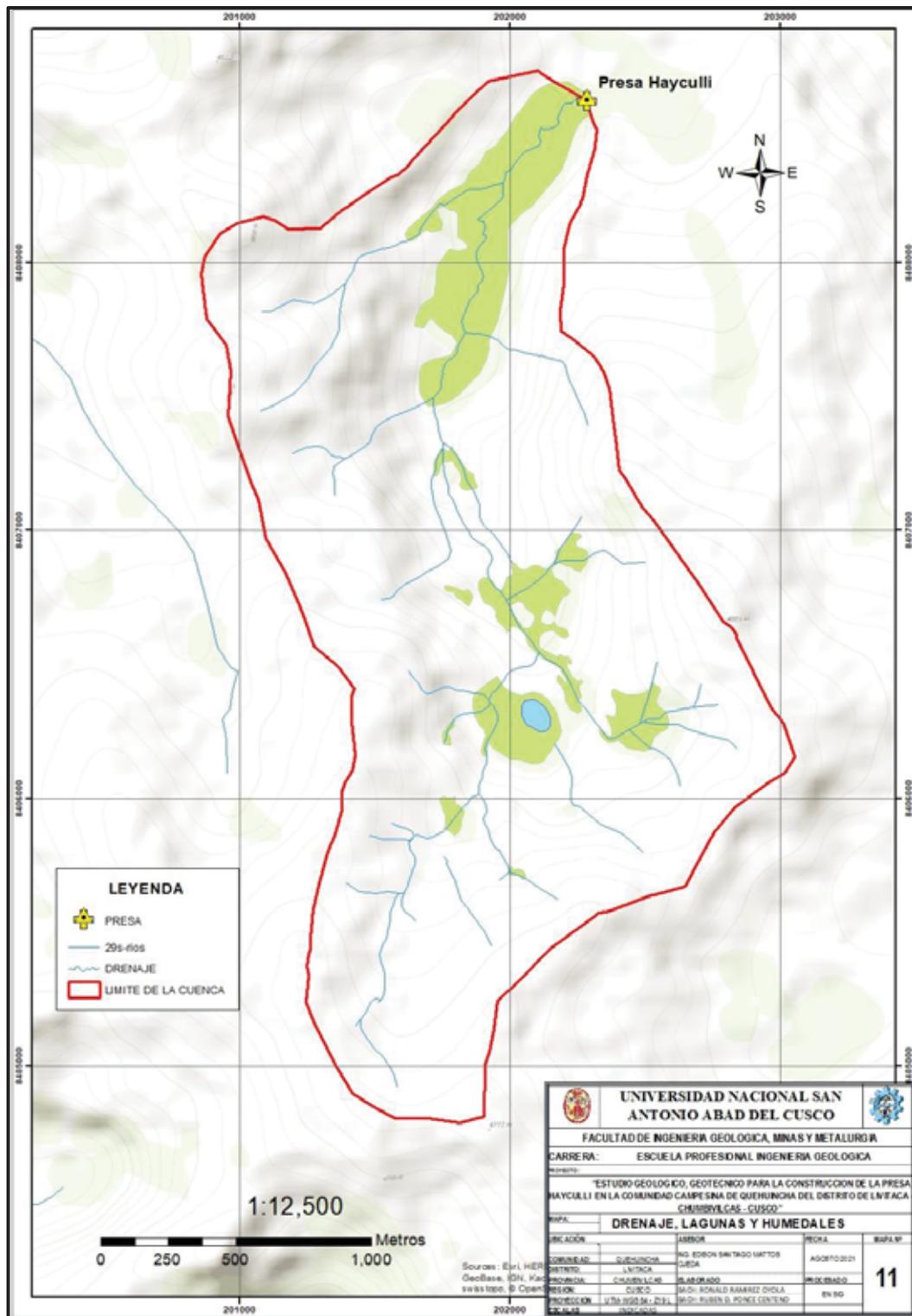
Reemplazando valores se tiene:

$$V = 1000 * 449.2 * 0.58 * 4.35 = 1'133,332 \text{ m}^3$$

Quiere decir que la cuenca de Huayculli que tiene un área de 4.56 km² puede generar un volumen de agua correspondiente a 1'133.332 m³ esto solo considerando los meses de lluvia.



Mapa 9: Área e escurrimiento para generación hidrológica del volumen de represamiento.





5.7 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOPOGRAFICO

Es la total capacidad acumulada de agua topográficamente que el vaso logra acumular, para ello se ha procedido a ejecutar la altura topográfica del sitio posible de inundación con referencia a la zona de ubicación del dique, obteniendo la tabla de áreas y volúmenes entre curvas de nivel siguiente:

Tabla 40: Calculo topográfico de áreas y volúmenes entre curvas de nivel

AREA parcial	área m2	Desnivel	Altura acumulada	volumen individual	volumen acumulado
A01	165212.12		0	0	0
A02	175127.5	1	1	170169.81	170169.81
A03	185127.51	1	2	180127.505	350297.315
A04	195282.11	1	3	190204.81	540502.125
A05	205608.9	1	4	200445.505	740947.63
A06	216077.02	1	5	210842.96	951790.59
A07	226693.68	1	6	221385.35	1173175.94
A08	237505.85	1	7	232099.765	1405275.705

Foto 31: Levantamiento topográfico de área posible de inundación



De la relación entre el volumen hidrológico que la cuenca en su totalidad es capaz de generar por precipitación que es de 1'133.332 m³, y la capacidad máxima a nivel de su



topografía pueda albergar este volumen, se ha optado por recomendar una altura de estructura de represamiento de 5 m, que permitirá acumular un volumen de 951 790.6 m³ de agua para actividades agrícolas y pecuarias.

5.8 INFILTRACIÓN

Con la finalidad de verificar la capacidad de estanqueidad del área a ser inundada al ampliar el espejo de agua de la represa, se ha realizado pruebas de infiltración en los suelos de material flúvio glaciar, biogénico, en calizas de la formación Arcurquina y en afloramientos de roca ígnea diorítica del Plutón Charamuray; que circundan el área de inundación. Para ello en lo que corresponde a suelos se han aperturadas trincheras de hasta 1 m de profundidad, así como se ha utilizado las calicatas de ensayo para mecánica de suelos, mientras que en roca estas fueron en excavación directa de hasta 25 cm de profundidad al diámetro del tobo de ensayo.

Para este fin, se ha utilizado los instrumentos siguientes:

- Gps navegador 76 SCX
- Tuvo pvc: Ø2 plg* altura 50 cm,
- Cincel y comba de 10 lib.
- Balde 4 lt.
- Cronometro y libreta de campo.
- Cinta métrica de mano.
- Pico y pala.
- Barreta.

Ubicación de las pruebas de infiltración:

En la tabla siguiente se presenta la ubicación en coordenadas UTM de la ubicación de las pruebas de infiltración.



Tabla 41: Ubicación de las pruebas de infiltración

N° de PRUEBA	ESTE	NORTE	FORMACION	LITOLOGIA
1	202267	8408683	Charamuray	DIORITA
2	202387	8408515	Charamuray	DIORITA
3	201895	8407461	Charamuray	DIORITA
4	201600	8707991	Charamuray	DIORITA
5	201443	8408217	Arcurquina	CALIZA
6	202109	840763	Arcurquina	CALIZA
7	202241	8408552	Dep. Cuaternario	BIOGENICO
8	202025	8408476	Dep. Cuaternario	BIOGENICO
9	202283	8408499	Dep. Cuaternario	FLUVIO GLACIAR
10	201982	8408550	Dep. Cuaternario	FLUVIO GLACIAR

El procesamiento de las mismas se ha realizado mediante la fórmula de lefrang y

Foto 32: Prueba de infiltración en suelo biogénico





Foto 33: Prueba de infiltración en trinchera de suelo biogénico



Foto 34: Prueba de infiltración en trinchera suelo flúvio glacial



Foto 35: Prueba de infiltración en suelo flúvio glacial





Foto 36: Prueba de infiltración en roca diorita fuertemente alterada con juntas selladas



Foto 37: Prueba de infiltración en roca diorita fuertemente alterada con juntas selladas



Foto 38: Prueba de infiltración en roca caliza de la formación Arcurquina





Resultados

Tabla 42: Resumen de pruebas de infiltración

N° de PRUEBA	METODO		LITOLOGIA	CALIFICACION
	Lefranc	Gilg - Gavard		
	cm/sg	cm/sg		
1	7.99E-05	7.28E-05	DIORITA	Media
2	3.92E-05	3.57E-05	DIORITA	Media
3	7.69E-06	7.01E-06	DIORITA	Media a Baja
4	8.10E-05	7.39E-05	DIORITA	Media
5	2.50E-04	2.28E-04	CALIZA	Alta a Media
6	6.91E-04	6.30E-04	CALIZA	Alta a Media
7	3.86E-06	3.52E-06	BIOGENICO	Media a Baja
8	3.85E-07	3.51E-07	BIOGENICO	Baja
9	8.88E-05	8.10E-05	FLUVIO GLACIAR	Media
10	6.44E-06	5.87E-06	FLUVIO GLACIAR	Media a Baja

Ejemplo de prueba N° 08 Ubicación: Est: 202025, Norte: 8408476

Clase de Litología: Suelo Biogénico

Tabla 43: Resultados de prueba de infiltracion modelo Lefranc

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	A	k m/día	K cm/sg
	0.5					1.5566		
h1	0.4999	0.0001	10	10	600		0.000055	3.85E-06
h2	0.49982	0.00008	20	10	600		0.000044	3.08E-06
h3	0.4995	0.00032	30	10	600		0.000177	1.23E-05
h4	0.49911	0.00039	40	10	600		0.000216	1.50E-05
h5	0.4991	0.00001	50	10	600		0.000006	3.85E-07
								3.85E-07

Tabla 44: resultados de prueba de infiltración modelo Gilg Gavard

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	A	K cm/hr	K cm/sg	K cm/sg
	0.5					1.15566			
h1	0.4999	0.0001	10	10	600		0.00021032	0.00000351	3.51E-06
h2	0.49982	0.00008	20	10	600		0.00016829	0.0000028	2.8E-06
h3	0.4995	0.00032	30	10	600		0.00067342	0.00001122	1.12E-05
h4	0.49911	0.00039	40	10	600		0.00082131	0.00001369	1.37E-05
h5	0.4991	0.00001	50	10	600		0.00002107	0.00000035	3.51E-07
									3.51E-07



Figura 18: Diagrama de infiltración modelo Lefranc

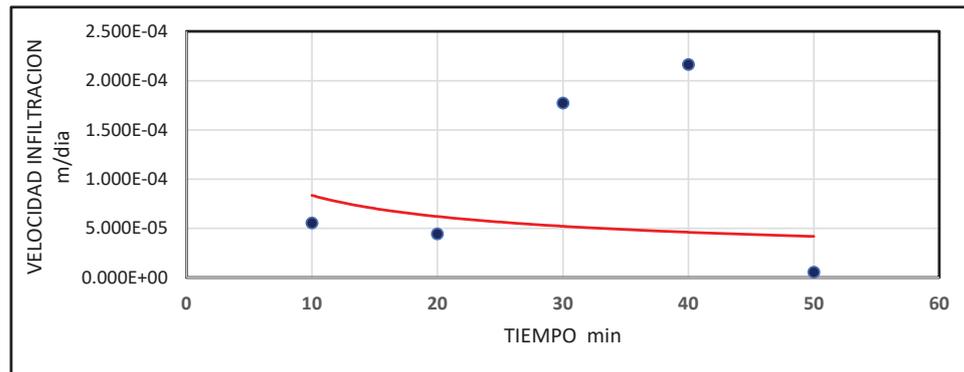
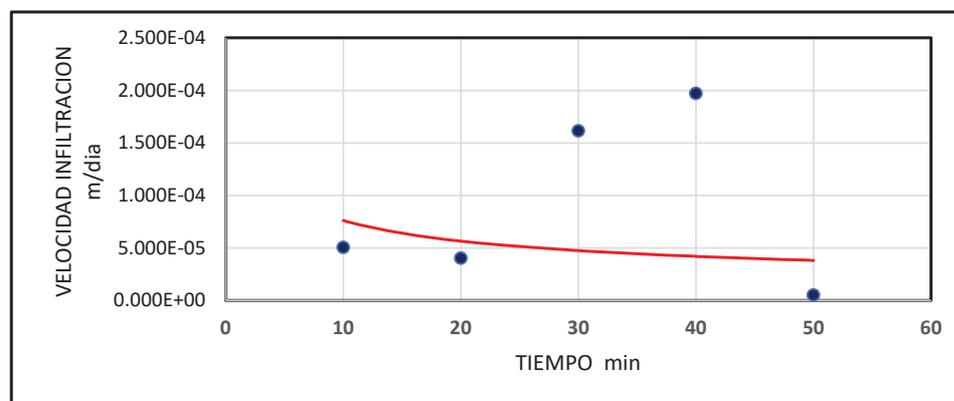


Figura 19: Diagrama de infiltración modelo Gilg Gavard



5.9 HIDROGEOLOGÍA

En el ámbito de su área de escurrimiento, se puede apreciar unidades geológicas calcáreas como calizas de la formación Arcurquina, y depósitos morrénicos y biogénicos de cobertura en la zona del proyecto. Como unidad hidrogeológica se tiene a los acuíferos kársticos de la formación Arcurquina que a lo largo del año vienen alimentando el humedal a través de manantes permanentes.

En la apertura de la calicata 2 se aprecia nivel freático alto, desde los 1.50 por debajo de la superficie que circula por una delgada capa granuda.



CAPITULO VI

GEODINÁMICA

6.1 GEODINÁMICA INTERNA

La geodinámica interior intraplaca está relacionada con las ocasiones sísmicas y la continua elevación sumada de los Andes, además de la estrecha conexión con las fallas dinámicas del Cuaternario, hace que la recurrencia sísmica sea generalmente alta.

La subducción de la placa de Nazca bajo la placa sudamericana se une a la presencia de unos enormes resaltes estructurales situados en los dos extremos del borde continental, que deben su punto de partida a los constantes desarrollos de presión y expansión que soportan las dos placas. Por regla general, el desarrollo geodinámico de Perú y del distrito de Cusco está limitado por los elementos estructurales que lo acompañan: la Dorsal de Nazca, la Fractura de Mendaña, la Fosa Peruano-chilena, la Cordillera de los Andes, la Cadena Volcánica y los diferentes Sistemas de Fallas que se transmiten en el interior de la masa terrestre.

También hay que tener en cuenta que la localidad de Livitaca está situada en un espacio de acción estructural crítica, lo que la abre a desarrollos intra-placa. Sin embargo, esta región no está preparada para una ocasión de desarrollo estructural. Los desarrollos comunes no tienen un progreso innovador.

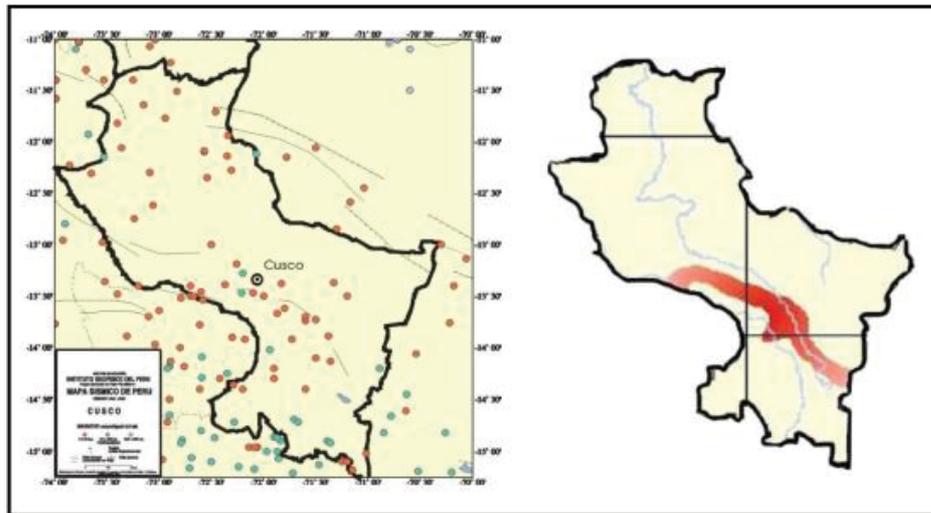
6.1.1 Sismicidad

El término sismicidad representa la calidad sísmica o normal de un área y se comunica en la cantidad de temblores por unidad de región o volumen y por unidad de tiempo, el método de evento y sus consecuencias para la superficie.

Las deficiencias que parten de la geodinámica interior en la región de revisión tienen una dirección principalmente NW-SE, con deficiencias tensionales con rumbo NE-SW, entregando anticlinales y sinclinales.



Foto 39: Izquierda: Mapa sísmico del Perú



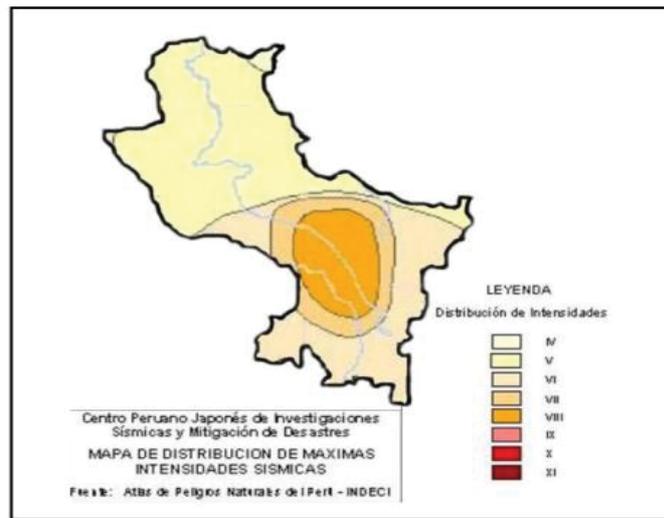
Donde el ramal de Cusco debe ser visible, con las zonas que son más propensas a experimentar choques sísmicos contando con su profundidad. Fuente: IGP. Derecha: Mapa de las zonas de mayor concentración de sismos superficiales (tono rojo) en la región de Cusco. Fuente: IGP - INDECI

La región de Chumbivilcas se sitúa en el borde de la zona noreste de alta centralización de temblores medios, cuyo borde occidental sigue la ribera desde Lima hasta la línea con Chile y cuyo borde oriental pasa cerca de la ribera norte del lago Titicaca, sigue el límite de las divisiones de Cusco y Apurímac hasta el lugar donde se juntan las limitaciones de las dos divisiones con la de Ayacucho.

Asimismo, en el borde oriental de la zona norte, desde el punto límite normal entre las divisiones de Cusco-Apurímac-Ayacucho, sigue el punto límite de las divisiones de Cusco-Junín-Ucayali hasta la localidad de Bolognesi, en el río Ucayali, desde donde sigue en dirección casi norte hasta el límite con Brasil.



Foto 40: Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas del Dpto. del Cusco



Fuente: INDECI

Según la guía de Distribución de Intensidades Sísmicas Máximas según CISMID, (proyecto SISRA-CERESIS) que aborda las mayores fuerzas a través de isosistas en la escala de Mercalli cambiada, incluyendo ocasiones significativas verificables ocurridas en el Perú hasta el 31 de diciembre del 2001.

Muy bien se puede resumir que la región de Chumbivilcas presenta potencias de IV-VI, mostrando que es inestable, ya que, por su geografía, tiene una ayuda con montañas escarpadas que presentan avalanchas, aludes y arroyos que la hacen temperamental en algunas zonas de quebradas como la actual localidad y sus diversas redes. En este pedazo del distrito, los temblores sísmicos pueden ocurrir según su apropiación espacial, aludiendo a su profundidad de centro pensando en lo siguiente: sismos con centro somero $h < 60\text{km}$ de profundidad, temblores sísmicos con centro moderado $60 < h < 300\text{km}$ y temblores con centro profundo $h > 300\text{km}$, por la zona puede haber temblores con concentración somera a transitoria.



6.1.1.1 Sismo Histórico de Capacmarca

El viernes 08 de agosto de 2003, a las 09 horas y 56 minutos (hora local), la localidad de Ccapacmarca y regiones aledañas (Provincia de Chumbivilcas, CUSCO) fue impactada por un temblor sísmico de moderada extensión (4.6 ML, 5.0 mb) que entregó daños fundamentalmente en Ccapacmarca, Mara, Urcos y Lucre.

El temblor sísmico se sintió con fuerzas más extremas de IV-V en Ccapacmarca donde se produjeron los mejores impactos y daños.

Tras el temblor sísmico se produjo una importante convulsión consecuente, en cuanto a tamaño, a las 10 horas y 37 minutos (4,5 ML) que creó daños opcionales en la localidad de Ccapacmarca. Durante los días 8, 9 y 10 de agosto, se produjeron innumerables repercusiones retardadas, siendo la mayor el día 8 de agosto, en el que se sintió la mayor parte extraordinaria, causando alarma entre la población.

Los parámetros hipocentrales del sismo de Ccapacmarca son:

Hora Origen: 14h: 56m: 17 seg (Hora Universal)

09h: 56m: 17 seg (Hora Local)

Epicentro: Latitud: -13.48° Longitud: -72.07°

Hipocentro: Profundidad 10 km

Magnitud: 4.6 ML, 5.0 mb.

Ubicación del Epicentro: A 3 km en dirección Nor-oeste de la localidad de Ccapacmarca en la provincia de Chumbivilcas, departamento del Cusco.

Intensidades: IV en Mercalli Modificada en Ccapacmarca

III-IV en Mara

III en Urcos, Lucre

II-III Cusco



El registro del sismo de Ccapacmarca en la estación sísmica de Tambomachay, situada cerca de la ciudad de Cusco.

Daños y efectos: De acuerdo con los datos adquiridos por el IGP y los proporcionados por Defensa Civil, los principales daños se detallan a continuación:

- La cantidad de personas impactadas es superior a 1,000.
- La cantidad de casas impactadas supera las 550.
- La cantidad de casas que han sido entregadas absolutamente espantadas es de 242.
- Sólo en Ccapacmarca, 101 casas son terribles y casi 200 están impactadas.
- Hay avalanchas en las calles entre Ccapacmarca y Huascabamba.
- La escuela N°50369 en el pueblo de Huillke está totalmente dañada, el edificio del PRONOI está terrible y la iglesia de Huillke está casi derrumbada.

El sismo de Ccapacmarca causó además daños menores en las localidades de Pacco, Huilqui, Tahuay, Paccayera, Ccochapata, Cancahuane, Pumapucyo, Zayhua y Huacabamba, Sayhua, Cachina y Huillke.

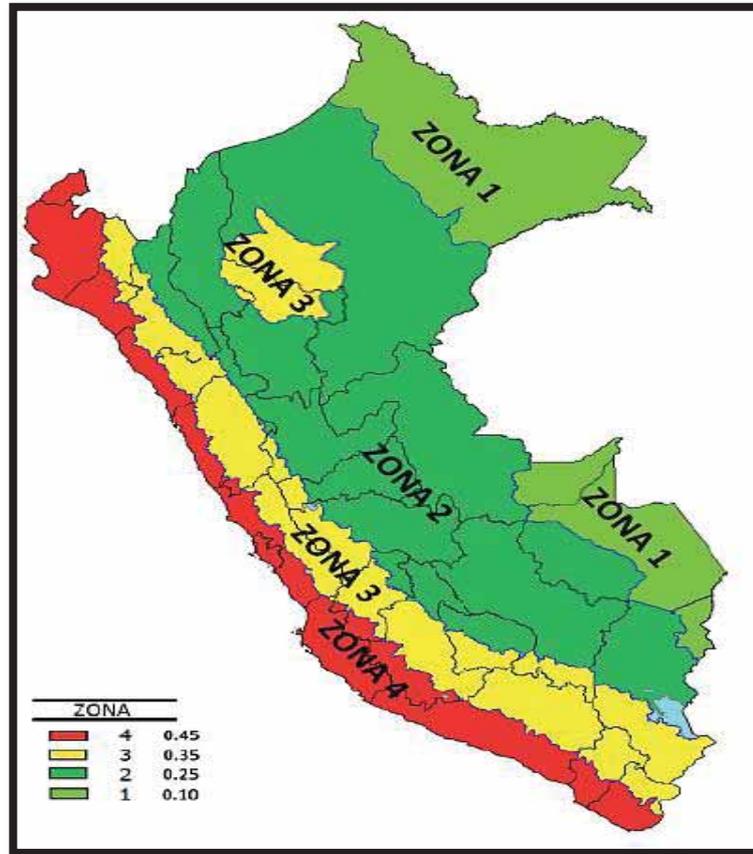
El Centro Nacional de Datos Geofísicos del IGP está llevando a cabo una investigación más puntual del inicio del temblor de Ccapacmarca y en los próximos días enviará los resultados a Defensa Civil y al Gobierno Regional del Cusco.

6.1.2 Zonificación.

El dominio público está dividido en cuatro zonas, como se muestra en la imagen. La redacción propuesta depende de la circulación espacial de la sismicidad advertida, de las cualidades globales de los desarrollos sísmicos y de su disminución con la distancia epicentral, así como de los datos neotectónicos.



Foto 41: Mapa de zonificación Sísmica del Perú. Fuente: Ministerio de vivienda,
construcción y saneamiento



En cada territorio se fija un elemento Z fijado en la Tabla 45. Este componente se descifra como la rapidez total plana en territorio estricto con una posibilidad de 10 % de estar aventajada en 50 años. El elemento Z se formula como una división de la rapidez del trance.

Tabla 45: Factores de zona.

FACTORES DE LA ZONA	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10



El término sismicidad retrata la calidad sísmica o normal para un área y se comunica en la cantidad de temblores por unidad de región o volumen y por unidad de tiempo, el método de evento y sus consecuencias para la superficie.

Las fallas que parten del interior de la geodinámica en la región de revisión tienen una dirección mayoritariamente NW-SE, con fallas tensionales con rumbo NE-SW, entregando anticlinales y sinclinales.

6.1.2.1 Peligrosidad Sísmica en el Sur del Perú

Los datos más recientes sobre el peligro sísmico para la zona se rastrean en el trabajo "Peligro sísmico en el sur del Perú" (D. López y J. Olarte - CISMID - UNI - 2001), en el que se examina la dispersión espacial de la sismicidad tanto en planta como de arriba abajo, así como un examen fáctico que establece diagramas y condiciones de periodo de retorno para las obras de expectativa sísmica. Para la región concentrada, esta evaluación establece:

6.1.2.2 Probabilidad de Ocurrencia:

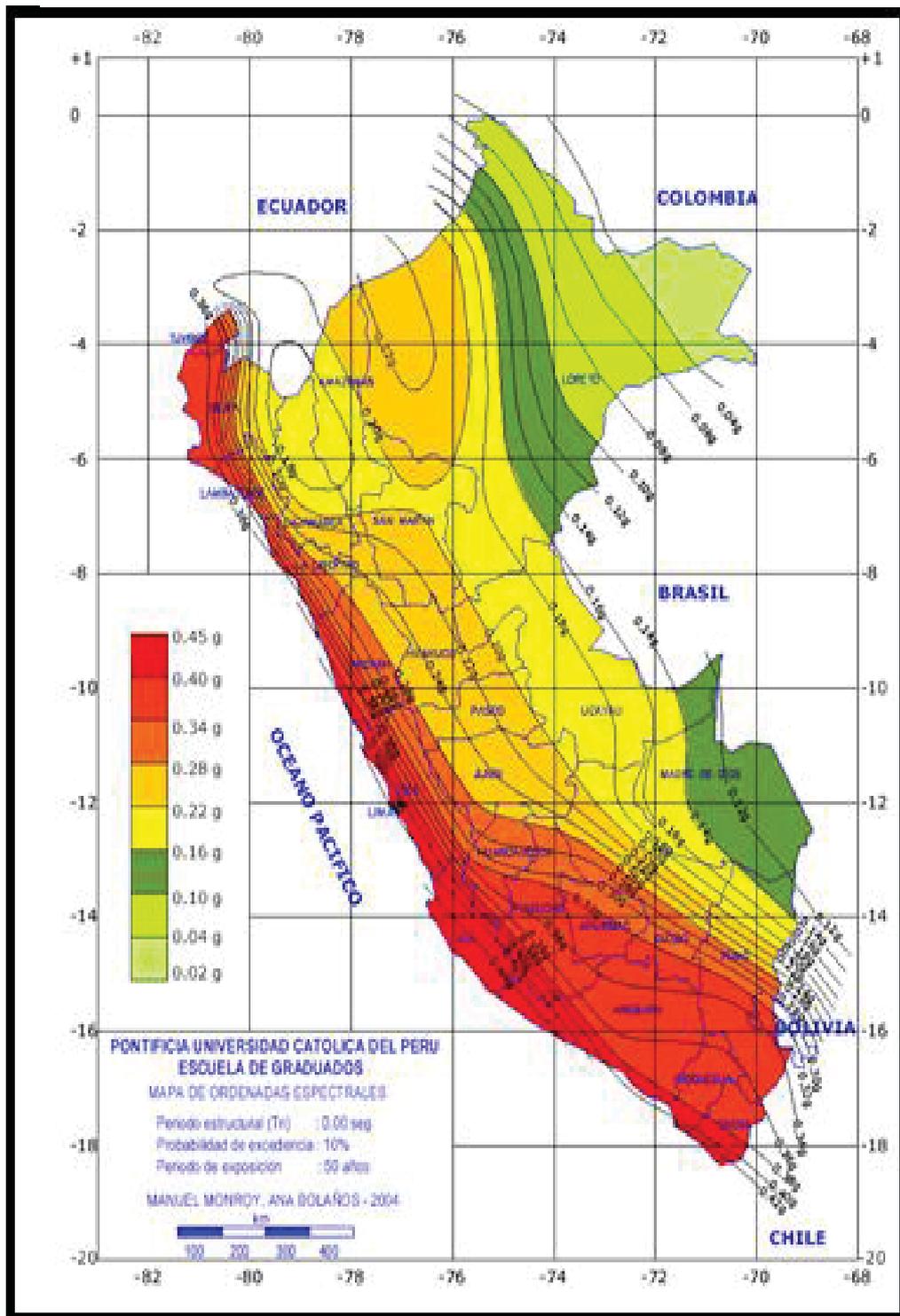
La probabilidad de ocurrencia de un temblor de $m_b \geq 6,5$ dentro de un tiempo de 100 años llega al 80%.

6.1.2.3 Curvas de Intensidades Máximas

Transmisión de ordenadas no terrestres para el Perú en comparación con un período primario típico y un tiempo de retorno de 475 años.



Mapa 10: Mapa de ordenadas espectrales.



Fuente: PUCP



6.1.3 Sismicidad De La Zona

La localidad de Livitaca está situada topográficamente en una zona de sismicidad media. De acuerdo con el Reglamento Nacional de Construcciones, para efectos de trazado de fundaciones, se consideran en su mayoría los límites del plano sísmico que acompaña a los suelos del Departamento del Cusco:

Tabla 46: Parámetros sísmicos de diseño para la zona de estudio.

PARAMETRO DE DISEÑO	MAGNITUD	DESCRIPCIÓN
Zona	2	Mapa de Zonificación Sísmica
Factor de Zona (Z)	0.25	Tabla 45
Tipo de perfil	Tipo S3	Suelos Blandos
Parámetros del suelo (Tabla N° 2)	$T_p=1.00$ $S=1.40$	Periodo predominante Factor de Ampliación del Suelo
Categoría de la edificación	A	Estructuras Esenciales
Factor de Uso (U)	1,5	Tabla
Factor de Seguridad	3	

6.2 GEODINÁMICA EXTERNA

A nivel de los procesos de geodinámica externa el principal fenómeno identificado es la erosión de laderas en sus tipos laminar, y pobremente en surcos, dentro de los procesos de remoción en masa, los identificados en la cuenca Hayculli son los conos de deyección y caída de rocas. Erosión.

6.2.1.1 Erosión Superficial

Uno de los requerimientos para ver si el lugar seleccionado es apto para una represa, es la presencia de arrastre de sedimentos por erosión de laderas a los cauces de aporte hídrico y de allí al vaso de almacenamiento, Hayculli, de acuerdo a la posición fisiográfica en la que se encuentra como cabecera de cuenca, está por lo general está medianamente afectada a



erosión de laderas por el escurrimiento superficial, debido a la cobertura vegetal constituida por pastos naturales con medio nivel de degradación por pastoreo u otras causas como incendios, pendientes de ladera corta que van de 8 a 50% (de Fuertemente inclinados a Empinados) con presencia de zonas de Humedales y lagunas pequeñas en curso de drenaje principal aguas arriba del vaso principal, así como la presencia de litología competente a la erosión y transporte como calizas y rocas ígneas y finalmente el tamaño y forma de la cuenca.

Foto 42: Tasas de erosión laminar baja a moderada en pie de ladera de montaña baja



Foto 43: Foto Tasas de erosión laminar baja a moderada en cimas vertientes y pie de ladera de montaña baja.



En conclusión, la erosión de laderas por erosión laminar no pone en riesgo la vida útil del proyecto, sin embargo, amerita tomar acciones de conservación por parte de la



comunidad de Quehuincha beneficiaria del proyecto para hacer de esta un proyecto sostenible.

6.2.2 Movimientos en maza

6.2.2.1 Conos De Deyección

Estos procesos hidrodinámicos son muy localizados y pequeños que no pone en riesgo inminente la selección de este lugar para una represa, pero que sin embargo amerita tomar acciones de control aguas arriba, para que ésta, en el tiempo, no evolucione y cauce huaicos y/o otros fenómenos como deslizamientos de ladera.

6.2.2.2 Caídas De Roca

Este fenómeno gravitacional se da principalmente en zonas escarpadas pero alejadas del vaso de almacenamiento y dique de la represa.

6.2.2.3 Arrastre de sedimentos.

A nivel del cauce del rio Hayculli, no se observa ingreso de y arrastre de importante volumen de sedimentos, debido quizá a que en la parte alta de la cuenca existen relieves depresionadas de pequeños humedales y lagunetas que sirven de sedimentadores naturales.



CAPITULO VII

GEOFÍSICA

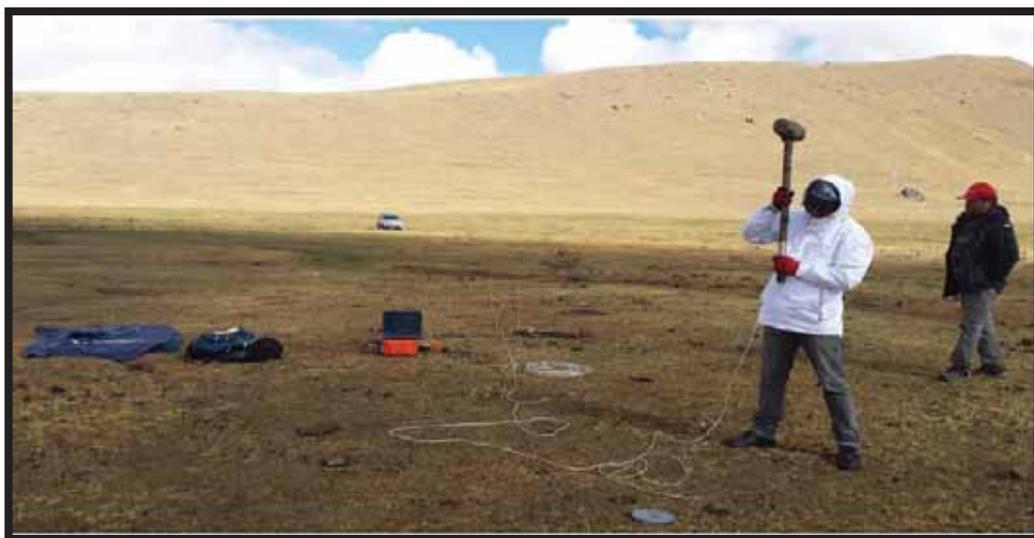
7.1 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Esta etapa consistió en efectuar ensayos geofísicos de refracción sísmica, y un sondaje eléctrico vertical (SEV) para la zona de estudio.

La presente evaluación geofísica, tuvo como finalidad de estimar el espesor de los estratos de los materiales que conforman el subsuelo, estimar la profundidad del basamento rocoso diorítico, calcular los módulos dinámicos - elásticos de rigidez de los materiales que conforman la cimentación mediante la interpretación de los datos sísmicos obtenidos durante su ejecución y con los resultados de los sondajes eléctricos verticales (SEV) se determinó la existencia o no de los horizontes saturados presentes en el subsuelo, así como la localización de fallas si es que hubieran en el lugar.

Para la ejecución de los trabajos se utilizó en alquiler un sismógrafo Geometrics de 24 canales, efectuándose en total 6 ensayos de refracción sísmica con una longitud total de 600 m.

Foto 44: Golpe con comba en disco para registro de refracción sísmica





7.1.1 Ensayos de Refracción Sísmica

Para el presente ensayo de prospección geofísica, se ha realizado 06 líneas de refracción sísmica cada una de 100 m de longitud total haciendo un total de 600 m, ubicados en lugares estratégicos de área de estudio. La distancia entre geófonos fue de 4 m, para alcanzar la profundidad de exploración requerida y según la presencia de área libre disponible, la distancia máxima entre geófonos fue de 4 m. en la tabla siguiente se visualiza las características generales de la ubicación de la línea sísmica con sus coordenadas de inicio y final de cada línea

Tabla 47: Ubicación de las líneas sísmicas para refracción sísmica

Código de Línea Sísmica	Longitud	Coordenada Inicial		Coordenada Final	
		Este	Norte	Este	Norte
LRS-001	100	202327	8408546	202387	8408629
LRS-002	100	202354	8408558	202329	8408655
LRS-003	100	202293	8408645	202351	8408710
LRS-004	100	202327	8408653	202259	8408723
LRS-005	100	202255	8408714	202156	8408714
LRS-006	100	202182	8408484	202129	8408559

7.1.2 Fundamento Teórico

El examen de alteración sísmica es un procedimiento de investigación geofísica que consiente establecer la geología del subterráneo de representación evasiva, el cual se cimienta en el canje de los patrimonios flexibles de los bastos que lo consienten. El procedimiento reside en la comprobación de las estaciones de emigración de las frecuencias P desde una fuente de energía hasta la ubicación de los geófonos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre la superficie del terreno, la fuente de energía es generada por el impacto de una comba sobre una base rígida apoyada en el terreno o por la detonación de una pequeña carga de explosiva. Las ondas que experimentan la refracción total proporcionan los recorridos de tiempo mínimo y se registran como primeras llegadas. La energía generada se propaga en



Una forma de onda superficial que se distingue se mejora y se mantiene para que la hora de aparición no sea del todo inamovible en cada geófono. El tiempo cero o el comienzo de la grabación se producen por un dispositivo de disparo que inicia el marco de aseguramiento de la información en este momento del efecto o explosión o golpe. El contraste entre el tiempo de aparición y el tiempo cero permite evaluar la época de proliferación de las ondas desde la fuente de energía hasta el lugar donde son registradas por los geófonos.

La información de tiempo y distancia obtenida para cada geófono, que considera varias zonas del punto de aplicación de la energía (efecto o golpe), permite decidir las velocidades de propagación de las ondas P a través de las distintas capas de suelos y batidos cuyo diseño, matemática y coherencia se investigan.

7.2 TRABAJOS DE CAMPO – ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA

Para el desarrollo de los trabajos de campo se planificó la visita técnica conjuntamente con colaboradores técnicos que nos ayudaron a manipular el equipo geofísico, luego se procedió a marcar con tiza los puntos extremos de cada línea sísmica en dirección acorde a recabar información de zonas importantes como dique de represamiento, extremos del mismo y vaso de represamiento, los cuales se realizaron el día 25 de octubre del 2019.

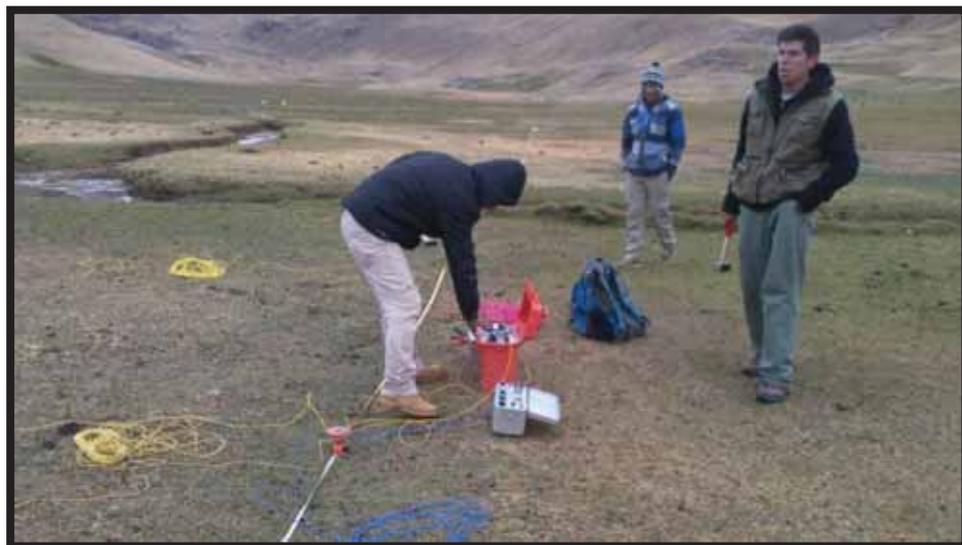
Previo al inicio del trabajo de campo se procedió a verificar la operatividad de los equipos mediante pruebas geofísicas de calibración, dicho procedimiento consistió en extender los cables y conectar los geófonos (sensores), finalmente, se verificó que todos los geófonos emitan señales claras sin interferencias o presencia de ruido que dificulten la interpretación y el análisis de la data. Asimismo, se generan pequeños golpes a diferentes puntos del terreno usando el trigger con la finalidad de verificar el adecuado funcionamiento del sensor que emite la señal de disparo al momento de generar la fuente de energía.



Foto 45: Extendido de cables para ensayo de prospección geofísica método refracción sísmica



Foto 46: Extendido de cables para ensayo de prospección geofísica método refracción sísmica.



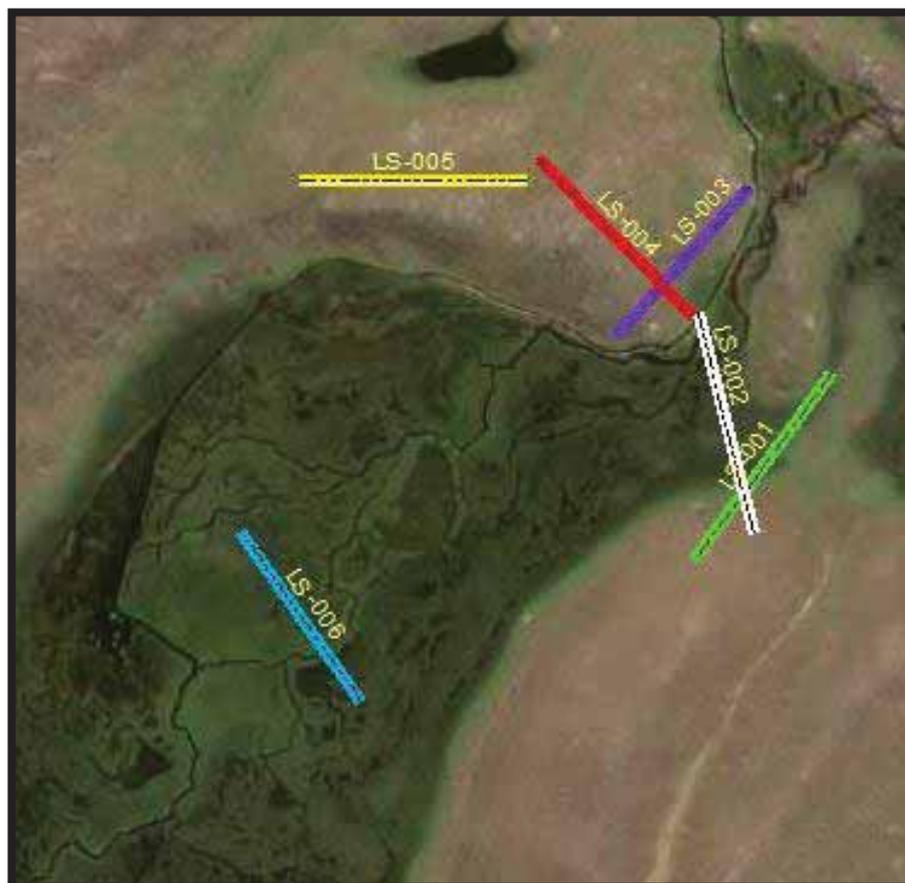
7.2.1 Procesamiento de campo.

Se ejecutó un total de 06 líneas de refracción sísmica con una longitud total de 600 m distribuidos en el área de estudio. La distancia entre geófonos se definió, en función a la profundidad de exploración requerida y al área libre disponible, la distancia máxima entre geófonos fue de 4 m. La generación de ondas primarias mediante impacto se efectuó por



impacto en tres puntos a lo largo de la línea sísmica, al inicio y final de la línea, y entre los geófonos en posición 12 y 13 el proceso se ejecutó en forma continua y sistemática.

Foto 47: Ubicación y dirección de líneas sísmicas represa Hayculli



7.3 TRABAJOS DE GABINETE

En ello se realizó la interpretación y procesamiento de la información registrada por el equipo sismógrafo Geometrics de 24 canales, modelo Geode de entrada con interface de alta velocidad y almacenada en un computador portátil para el manejo de señales, y procesada en el software Pickwin.

7.3.1 Procesamiento e Interpretación de Datos

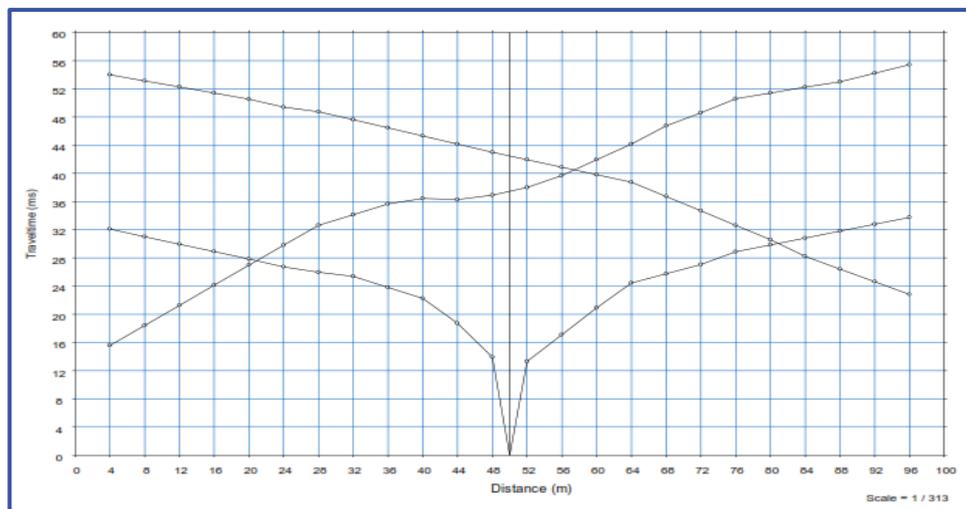
La finalidad del ensayo de refracción sísmica es determinar el tiempo de arribo de cada señal sísmica en cada registro mediante el uso del software Pickwin, luego de obtener los tiempos de llegada para cada geófono se procedió a elaborar las gráficas tiempo vs



distancia, llamadas también curvas dromocrónicas. En las gráficas se determinaron los cambios de pendiente de los tiempos de llegada para cada geófono, cada cambio de pendiente representa un cambio de velocidad, es decir, la inversa de la pendiente de cada tramo representa la velocidad aparente de un estrato. El cálculo de las velocidades de ondas P y espesores de los estratos del modelo obtenido son realizados con el software Plotefra. Durante el procesamiento se efectuó la corrección por topografía para cada geófono y punto de generación de energía o impacto.

Curvas dromocrónica

Figura 20: Curva dromocrónica de la sección LRS-001



Las demás curvas dromocrónica para las secciones LS-002, LS-003, LS-004, LS-005 y LS-006, se muestran en anexos.



Registros sísmicos ondas Vp,

Figura 21: Registro de onda Vp para la línea sísmica LS-001 disparo (golpe) en cota 0+000.

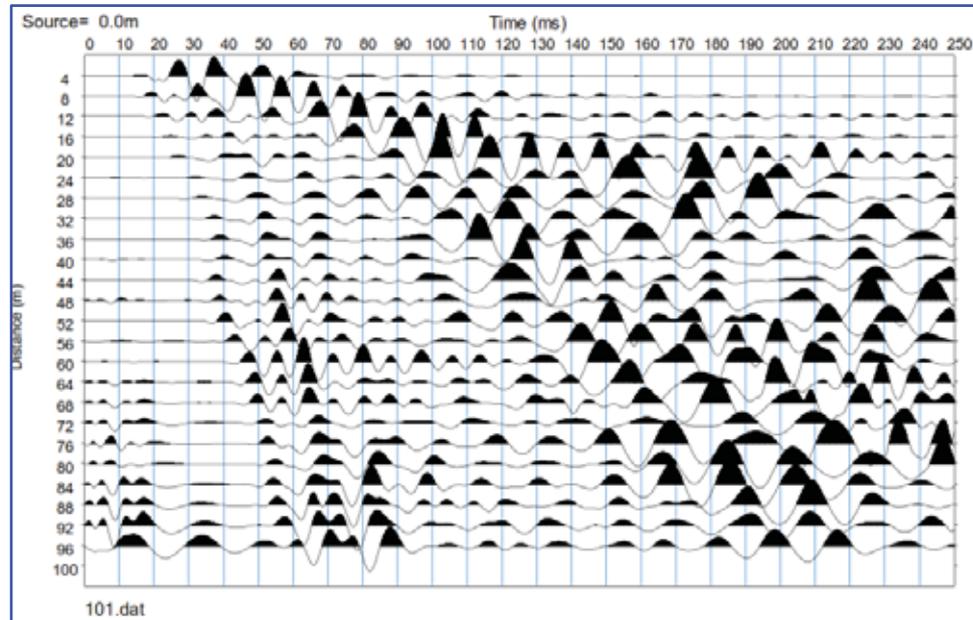


Figura 22: Registro de onda Vp para la línea sísmica LS-001, disparo (golpe) en cota 0+050.

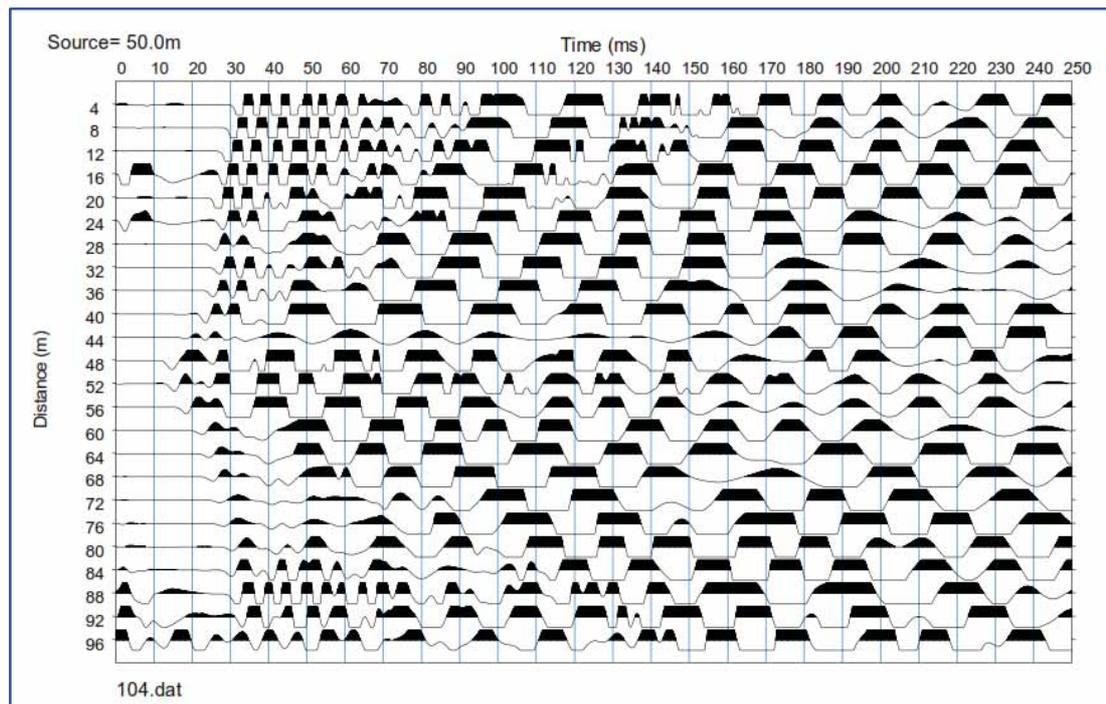
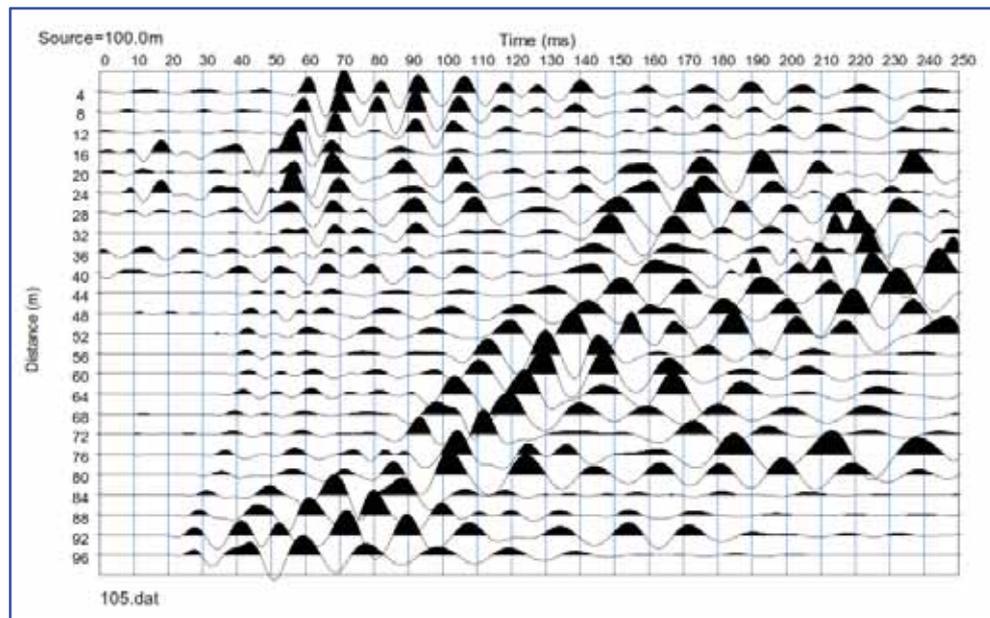




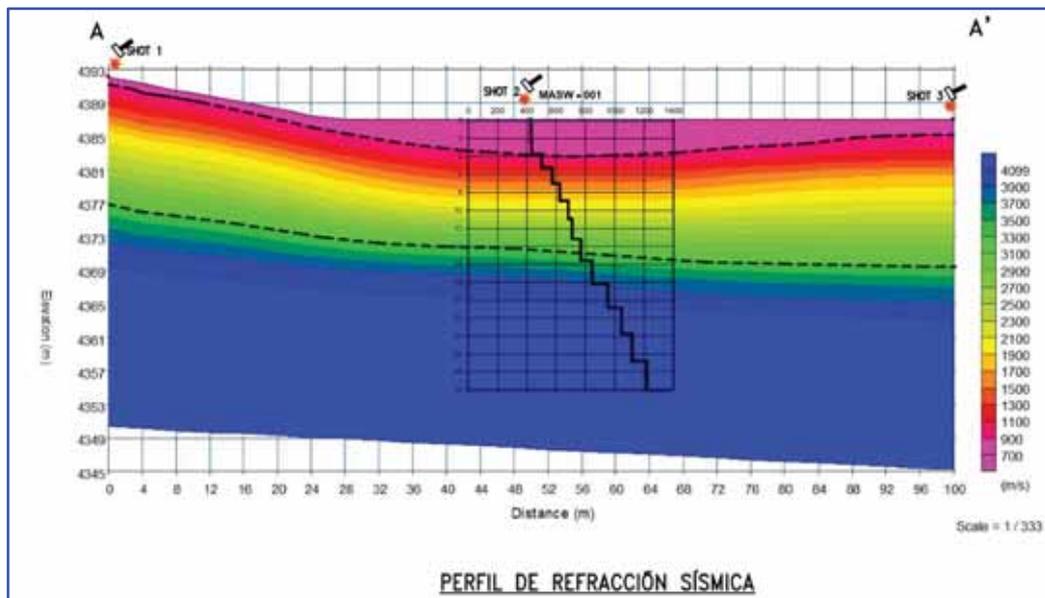
Figura 23: Registro de onda Vp para la línea sísmica LS-001, disparo (golpe) en cota 0+100



Los demás Registros sísmicos de ondas Vp para las demás líneas sísmicas LS-002, LS-003, LS-004, LS-005 y LS-006, se muestran en anexos

Perfil de refracción sísmica

Figura 24: Perfil de refracción sísmica de la sección LS-001



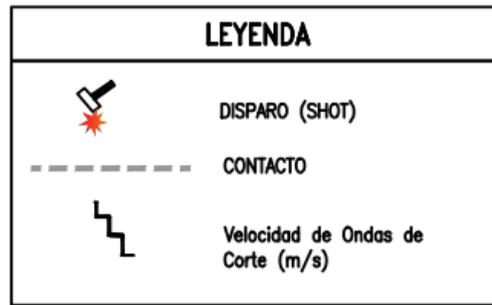
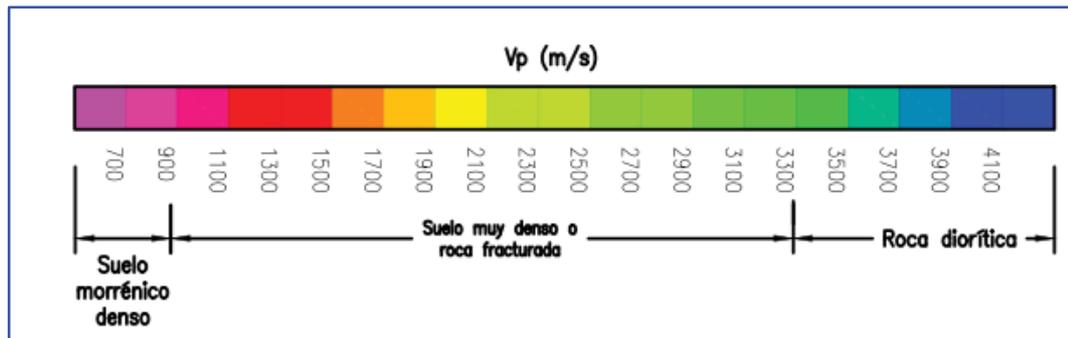


Figura 25: leyenda del perfil de refracción sísmica LS-001



Los demás perfiles de refracción sísmica de onda Vp para las demás líneas sísmicas LS-002, LS-003, LS-004, LS-005 y LS-006, se muestran en anexos

7.3.2 Interpretación De Resultados

La siguiente etapa para el desarrollo del estudio geofísico consistió de la interpretación de los resultados obtenidos luego del procesamiento de los ensayos de refracción sísmica lo cual permitió definir los estratos de velocidades y espesores de cada zona evaluada. Mediante el análisis cualitativo de la información y resultados obtenidos en las investigaciones geotécnicas directas ejecutadas en el área de estudio que consistió de calicatas y ensayos DPL, asimismo, se consideraron los rasgos geológicos y unidades geológicas y geotécnicas identificadas en el área de estudio.

Se tiene que:

De acuerdo, a las figuras 24 a 25, donde se muestran los perfiles estratigráficos de ondas P de cada ensayo de refracción sísmica realizados en el área de estudio. Se ha



elaborado la tabla siguiente, donde se describe de manera detallada la composición de cada uno de los perfiles sísmicos obtenidos:

Tabla 48: Perfil estratigráfico de las líneas sísmicas

Línea de Refracción Sísmica	Estrato Sísmico	Velocidad de onda compresional Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS-001	1	700 - 900	1-Abr	Suelo flúvio glaciar denso
	2	900 - 3300	Nov-15	Suelo muy denso o roca fracturada
	3	3300 - 4100	22 - 24	Roca muy dura Diorita
LS-002	1	800 - 1000	3-May	Suelo flúvio glaciar denso
	2	1000 - 1800	5-Jul	Suelo muy denso o roca fracturada
	3	1800 - 4000	28 - 30	Roca dura Diorita
LS-003	1	600 - 1300	5-Ago	Suelo denso
	2	1300 - 2500	8-Oct	Roca fracturada
	3	2500 - 3100	22 - 24	Roca muy dura Diorita
LS-004	1	500 - 1500	6-Jul	Suelo denso
	2	1500 - 3100	8-Oct	Roca fracturada
	3	3100 - 3900	22 - 23	Roca muy dura Diorita
LS-005	1	500 - 1000	2-May	Suelo denso
	2	1000 - 2800	13 - 16	Suelo muy denso o roca fracturada
	3	2800 - 3000	18 - 20	Roca dura Diorita
LS-006	1	400 - 600	1-Abr	Suelo denso
	2	600 - 1500	4-Oct	Suelo muy denso
	3	1500 - 2300	Oct-18	Roca fracturada
	4	2300 - 3000	18 - 30	rica diorítica

7.3.3 Parámetros dinámicos

Mediante el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de los ensayos de prospección geofísica, se determinaron las velocidades de ondas P y S, las cuales permitieron generar cada uno de los perfiles sísmicos y estimar la densidad de cada estrato de material tomando como referencias valores característicos.

De los resultados obtenidos y mediante la aplicación de formulaciones, descritas en ítems anteriores, se calcularon los parámetros dinámicos de los materiales que conforman el modelo sísmico para las zonas evaluadas, estos se calcularon con los perfiles de ondas de cuerpo con velocidades menores. Las velocidades P y S corresponden a las velocidades promedios de cada estrato sísmico; por lo tanto, en el análisis se utilizaron las velocidades promedio de los ensayos: LS-002 para el dique de la presa y



LS-006 para el vaso de la presa. En la Tabla siguiente se presentan los resultados de los parámetros dinámicos obtenidos para cada estrato sísmico del área explorada, a partir de correlaciones empíricas.

Tabla 49: Parámetros dinámicos para el dique de la presa

ESTRATO	ρ	H	V_p	V_s	V_p/V_s	μ	$E_{m\acute{a}x}$	$G_{m\acute{a}x}$
	(Kn/m^3)	(m)	(m/s)	(m/s)			(MPa)	(MPa)
Suelo flúvio glaciario denso	19	2	800	400	2	0.33	810.7	304
Suelo muy denso	19	5	1000	520	1.92	0.31	1350.9	513.8
Roca fracturada	20	10	1400	760	1.84	0.29	2982.9	1155.2

Tabla 50: Parámetros dinámicos para el vaso de la presa

ESTRATO	ρ	H	V_p	V_s	V_p/V_s	μ	$E_{m\acute{a}x}$	$G_{m\acute{a}x}$
	(Kn/m^3)	(m)	(m/s)	(m/s)			(MPa)	(MPa)
Suelo biogénico	18	2	400	190	2.11	0.35	176	65
Suelo denso	18	5	550	280	1.96	0.33	374	141.1
Suelo denso	19	10	720	400	1.8	0.28	776.3	304

Donde se tiene las abreviaturas siguientes:

H: Profundidad

VP: Velocidad de ondas compresionales

VS: Velocidad de ondas de corte

E: Módulo de elasticidad

G: Módulo de corte

ρ : Densidad del material

μ : Coeficiente de Poisson

H: Profundidad



7.4 DISCUSIÓN DEL RESULTADO DE GEOFÍSICA.

El modelo del subsuelo en la zona de presa de agua presenta tres estratos: el primero presenta velocidades de ondas compresionales (V_p) que varían de 600 a 1500 m/s y velocidades de ondas de corte (V_s) que varían de 300 a 400 m/s que corresponden a un suelo flúvio glaciario medianamente denso a denso con un espesor que oscila de 2 a 3 m, el segundo presenta velocidades V_p que varían de 1100 a 2200 m/s y velocidades V_s que varían de 450 a 700 m/s que corresponderían a un suelo flúvio glaciario muy denso con probable presencia de bolonería con un espesor que oscila de 3 a 11 m, el tercero presenta velocidades V_p que varían de 2500 a 4000 m/s y velocidades V_s que varían de 700 a 1300 m/s que corresponderían al basamento rocoso constituido por rocas plutónicas (diorita) y se presenta a una profundidad que oscila entre 12 y 20 m de profundidad respecto a la superficie del área de la presa.



CAPITULO VIII

GEOTECNIA

8.1 ALCANCES DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO.

De acuerdo a los fines objetivos del proyecto de tesis “Estudio Geológico, Geotécnico para la Construcción de la Presa Hayculli en la Comunidad Campesina de Quehuincha del Distrito de Livitaca – Chumbivilcas – Cusco, se ha realizado el trabajo de campo, bajo la exploración de tres (03) calicatas, con auscultación con DPL (Penetración Dinámica Ligera de punta cónica), evaluación en campo de los estratos y condiciones naturales, así mismo se realizó la obtención de las muestras representativas para ser ensayados en laboratorio según el plan de trabajo en laboratorio, las cuales nos permitirán definir el perfil estratigráfico, las condiciones mínimas de cimentación, indicando el tipo y profundidad de los cimientos, capacidad portante admisible y asentamientos.

8.2 NORMATIVIDAD

Para la elaboración del siguiente informe, se tomaron en cuenta las siguientes normas técnicas:

- Interpretación y Análisis de Resultados
 - Norma E - 050, Reglamento Nacional de Edificaciones en su para Suelos y Cimentaciones.
 - Norma E - 030, Diseño Sismo resistente.
 - Norma E-020 de Cargas
- Ensayos en Campo y Laboratorio
 - Manual De Ensayos De Materiales (EM-2016)
 - Normas Técnicas Peruanas (NTP)



8.3 EXPLORACIÓN EN CAMPO

Las evaluaciones geotécnicas con fines de cimentación se fundamentan a través de excavaciones exploratorias de calicatas, ensayos de mecánica de suelos, con la finalidad de determinar los parámetros geotécnicos de los materiales a lo largo del perfil del suelo, y en especial al material de fundación. Para ello es necesario tener en cuenta las características geológicas y geomorfológicas del lugar procediéndose a ejecutar:

- Excavaciones exploratorias de calicatas.
- Descripción de perfil de suelo.
- Pruebas de campo (Densidad natural, DPL)
- Muestreo y codificación de las muestras de suelo para ensayos de laboratorio.

8.3.1 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue realizada por medio de Calicatas o pozos a cielo abierto (ASTM D420) y auscultaciones con Penetrómetro Dinámico Ligero (PDL –DIN 4094), distribuido convenientemente en el área de estudio, con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico en estribo izquierdo, derecho y zona media de la presa; para tal fin se ha realizado tres (03) calicatas, distribuidas convenientemente a la estructura de presa. El cuadro siguiente resume las profundidades alcanzadas de acuerdo a la técnica de investigación:

Tabla 51: Resume las profundidades alcanzadas de acuerdo a la técnica de investigación

CALICATA	PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN (m)	PROFUNDIDAD DE INVESTIGACIÓN ALCANZADA CON DPL (m)
C-01	2.1	3
C-02	2.4	3.3
C-03	2.1	3



8.3.2 PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN MÍNIMO (PIM)

El Programa de Investigación aquí detallado constituye el programa mínimo requerido por un EMS, siempre y cuando se cumplan las condiciones dadas en el Artículo 11 (11.2).

8.3.2.1 Ubicación De La Calicata:

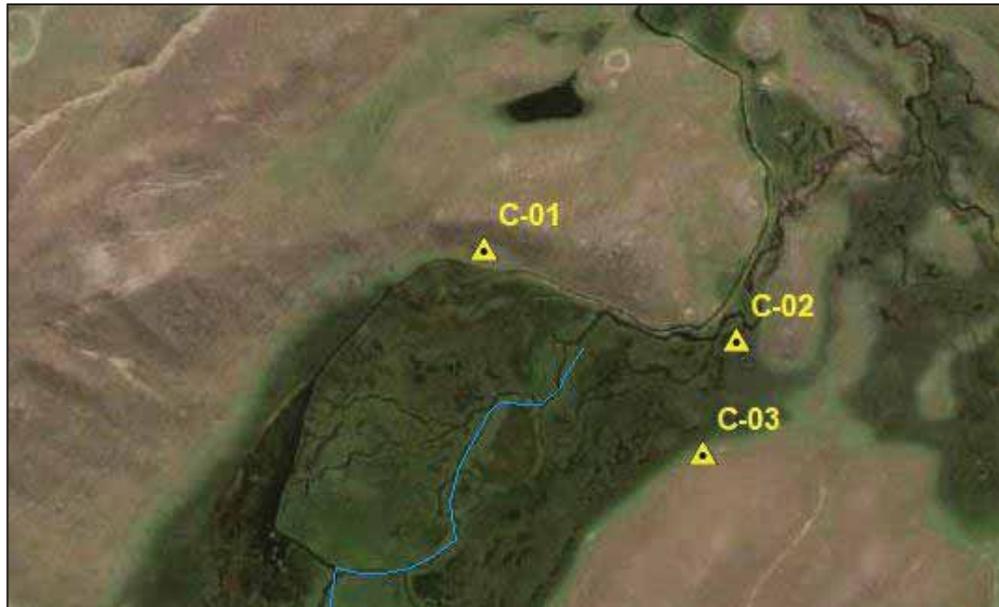
Para efectos de conocer el comportamiento Físico Mecánica de Suelos para la ubicación del dique de represamiento, se ha realizado la apertura de un número de tres puntos (03) de exploración, con fines de realizar la Auscultación PDL, y Descripción estratigráfica (ver anexo Mapa de ubicación), siendo codificados de la siguiente manera: de forma manual, donde se realizaron los ensayos In situ correspondientes. Profundidad de excavación: 2.30m

Tabla 52: Ubicación de las calicatas

NOMBRE	COD.	COORDENADAS UTM			TIPO DE EXPLORACION	UBICACION
		NORTE	ESTE	ALTITUD		
CALICATA 01	C-01	8408684	202195	4378 msnm	CALICATA	ESTRIBO IZQUIERDO
CALICATA 02	C-02	8408633	202338	4373 msnm	CALICATA	MEDIO
CALICATA 03	C-03	8408568	202319	4377 msnm	CALICATA	ESTRIBO DERECHO

Foto 48: Apertura y ubicación de la Calicata C-01, C-02 y C-03





8.4 TRABAJOS REALIZADOS “IN SITU”

Calicata 01.- Ubicada en el estribo derecho, consta de un pozo a cielo abierto, realizado de forma manual hasta 2.10 m de profundidad; de sección Regular ($A=1.10m * L=1.40m$); denominándose para fines de codificación de muestras como C-01; con una profundidad de exploración de hasta 3.0 m con DPL.

Calicata 02.- Ubicada en la parte central, consta de un pozo a cielo abierto, realizado de forma manual hasta 2.40 m de profundidad; de sección Regular ($A=1.10m * L=1.40m$); denominándose para fines de codificación de muestras como C-02. Habiéndose llegado a una profundidad de exploración de hasta 3.30 m con DPL.

Calicata 03.- Ubicada en el estribo izquierdo, consta de un pozo a cielo abierto, realizado de forma manual hasta 2.10 m de profundidad; de sección Regular ($A=1.10m * L=1.40m$); denominándose para fines de codificación de muestras como C-03. Habiéndose llegado a una profundidad de exploración de hasta 3.00 m con DPL.

8.4.1 Ensayos Realizados “In Situ”.

A continuación, se describen los ensayos realizados:

- Descripción e identificación de suelos (Procedimiento visual – manual).



- De acuerdo a la Norma NTP 339.150(ASTM D 2488).
- En los puntos de exploración se realizó el dibujo del perfil de suelo de manera minuciosa, el cual incluyó: el registro de las características de los suelos que conforman cada estrato del perfil del suelo y la clasificación visual de los materiales encontrados de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de clasificación de suelos SUCS.

Profundidad: 1.80 m. **B) Auscultación con PDL, C-02. Profundidad: 2.30 m.**

Foto 49: Calicatas 01, Calicata 02 A) Auscultación con PDL, C-01.



Foto 50: Calicata 03, C) Auscultación con PDL, Profundidad: 2.10 m





8.4.2 Extracción de Muestras Representativas

De acuerdo a la Norma NTP 339.151(DIN 4094), Se ha realizado la extracción de las muestras de suelo de acuerdo a lo establecido en la tabla 53, realizándose la siguiente codificación:

Tabla 53: Norma NTP 339.151(DIN 4094) para extracción de muestras

TIPO DE MUESTRA	NORMA APLICABLE	FORMAS DE OBTENER Y TRANSPORTAR	ESTADO DE LA MUESTRA	CARACTERÍSTICAS
Muestra inalterada en bloque (Mib)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos.	Bloques.	Inalterada.	Debe mantener inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención).
Muestra inalterada en tubo de pared delgada. (Mit)	NTP 339.151 SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubos de pared delgada.	Tubos de pared delgada.		
Muestra alterada en bolsas de plásticos. (Mab)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos.	Con bolsas de plástico.	Alterada.	Debe mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo.
Muestra alterada para humedad en lata sellada. (Mah)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos.	En lata sellada.	Alterada.	Debe mantener inalterado el contenido de agua.

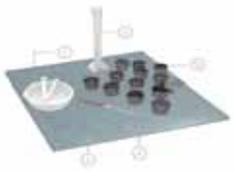


La extracción de muestra fue realizada mediante Tipo de muestreo M (ab), Muestra alterada en bolsa de 20 kilos, para la determinación de granulometría del suelo y M(ah), muestra alterada para humedad en **lata sellada**, para la determinación de la humedad del suelo.

8.5 ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO

Los ensayos descritos a continuación, han sido realizados en el Laboratorio de Suelos y Materiales denominado “GEOMECÁNICA DE SUELOS” (GMS), siguiendo las normas correspondientes a cada ensayo.

Tabla 54: Lista Normas Utilizadas

Item	Ensayo	Norma	Imagen de referencia
1	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO	MTC E 108 Basado en la Norma NTP 339.127 (ASTM D- 2216)	
2	ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T- 88	
3	DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS	MTC E 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T- 89	
4	DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)	MTC E 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T- 9	
5	CORTE DIRECTO (CONSOLIDADO DRENADO)	MTC E 123 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T- 236	



8.6 DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA.

8.6.1 Calicata C-01, Presa Sector Izquierda.

Tabla 55: Ubicación calicata C-01

NOMBRE	COD.	COORDENADAS UTM			TIPO DE EXPLORACION	UBICACION
		NORTE	ESTE	ALTITUD		
CALICATA 0	C-01	8408684	202195	4378 msnm	CALICATA	ESTRIBO IZQUIERDO

- **Primer Estrato:** de 0.00 a -0,50 m. corresponde a terreno de pasto natural, constituido por arcillas, arenas arcillosas y arcillas con grava; presentando una coloración gris oscura y con abundantes raíces.
- Segundo Estrato de -0,50 m. a -3.00m. corresponde a suelo granular identificado como una **GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GC-GM + Bo**, de coloración marrón claro. Este estrato presenta bolonería ciclópea.
- A la profundidad prospectada no se evidenció nivel freático.

Foto 51: Perfil estratigráfico C-03





Tabla 56: Columna estratigráfica calicata C-01

ESC	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA N. F.	OBSERVACIONES
-0.50		RELLENO ALUVIAL CONSTITUIDO POR ARENAS LIMOSAS	0.90	
-1.00		SUELO DE PARTICULAS GRUESAS GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA GC - GM Qadm = 1,50	2.10	HUMEDAD
-1.50				
-2.00				
-2.50				BOLONERIA

8.6.2 Calicata C-02 Presa Sector Central

Tabla 57: Ubicación calicata C-02

NOMBRE	COD.	COORDENADAS UTM			TIPO DE EXPLORACION	UBICACION
		NORTE	ESTE	ALTITUD		
CALICATA 02	C-02	8408633	202338	4373 msnm	CALICATA	MEDIO

- **Primer Estrato** de 0.00 a -0,60 m. corresponde a terreno de cultivo, constituido por arcillas, arenas arcillosas y arcillas con grava; presentando una coloración gris oscura y con abundantes raíces.
- **Segundo Estrato** de -0,60 m. a -3.00m. corresponde a suelo granular identificado como una **GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GC-GM + Bo**, de coloración marrón claro. Este estrato presenta bolonería ciclópea.
- A la profundidad prospectada no se evidenció nivel freático.



Foto 52: Perfil estratigráfico C-02



Tabla 58: Columna estratigráfica Calicata C-02

ESC	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA N. F.	OBSERVACIONES
-0.50		RELLENO ALUVIAL CONSTITUIDO POR ARENAS LIMOSAS	0.60	
-1.00		SUELO DE PARTICULAS GRUESAS GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA GC - GM Q _{adm} = 1,50	2.40	HUMEDAD
-2.50				BOLONERIA



8.6.3 Calicata- C-03 Presa Sector Derecho

Tabla 59: Ubicación calicata C-03

NOMBRE	COD.	COORDENADAS UTM			TIPO DE EXPLORACION	UBICACION
		NORTE	ESTE	ALTITUD		
CALICATA 03	C-03	8408568	202319	4377 msnm	CALICATA	ESTRIBO DERECHO

- **Primer Estrato** de 0.00 a -0,90 m. corresponde a terreno de cultivo, constituido por arcillas, arenas arcillosas y arcillas con grava; presentando una coloración gris oscura y con abundantes raíces.
- **Segundo Estrato** de -0,90 m. a -3,00m. corresponde a suelo granular identificado como una **GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GC-GM + Bo**, de coloración marrón claro. Este estrato presenta bolonería ciclópea.
- A la profundidad prospectada no se evidenció nivel freático.

Foto 53: Perfil estratigráfico C-03





Tabla 60: Columna estratigráfica Calicata C-03

ESC	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA N. F.	OBSERVACIONES
-0.50		RELLENO ALUVIAL CONSTITUIDO POR ARENAS LIMOSAS	0.90	
-1.00		SUELO DE PARTICULAS GRUESAS GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA GC - GM Q _{adm} = 1,50	2.10	HUMEDAD
-1.50				
-2.00				
-2.50				BOLONERIA

8.7 RESENTACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN GEOTECNICA

De las evaluación Geotécnicas realizadas en el eje de la presa, para la construcción de la presa Hayculli, resultado de actividades de prospección en calicatas a cielo abierto, delimitación y descripción de perfiles estratigráficos, pruebas de campo, ensayos de laboratorio, para determinar las características físicas y mecánicas del suelo, y trabajos de gabinete con la finalidad de obtener las propiedades de resistencia, cálculo de asentamientos, determinación de la profundidad de desplante, y finalmente determinar la capacidad portante admisible de los suelos de fundación donde se ubicara el cuerpo de la presa Hayculli.

Dentro de las actividades resumidas que contempla el estudio geotécnico se tiene:

- Identificación de la Cerrada de vaso de almacenamiento
- Ubicación y apertura de calicatas de exploración.
- Recopilación y etiquetado de muestras inalteradas y disturbadas.
- Realización de pruebas de campo (densidad y DPL)
- Realización de los ensayos de laboratorio en GMS.
- Análisis e interpretación y correlación de datos de campo con laboratorio.



- Realización de los Perfiles estratigráficos.
- Cálculo de la capacidad portante admisible del suelo.
- Cálculo del asentamiento máximo del terreno de fundación.

8.7.1 Mecánica De Suelos.

Obtenida las muestras recopiladas de campo, se procedió a efectuar los ensayos físicos y mecánicos, de acuerdo a las normas del MTC, ASTM, DIN, NTP, AASHTO, IRTP/DP realizadas en el Laboratorio de Geomecánica de Suelos (GMS), realizadas sobre muestras inalteradas y disturbadas, para la estructura de presa:

- Eje de Presa.
- Canteras.

Tabla 61: Ensayos realizados

INFRAESTRUCTURA	DENOMINACIÓN TIPO DE ENSAYO
EJE DE LA PRESA	Humedad Natural Astm D-2216
	Análisis Granulométrico Por Tamizado ASTM D-422
	Determinación De Limite Liquido ASTM D-4318
	Determinación Del Límite Plástico ASTM D -4318
	Densidad Natural ASTM D-1556
	Peso Específico Relativo De Solidos ASTM D-854

8.7.1.1 Descripción de las propiedades físicas del material de fundación en Eje de la Presa Huayculli.

Calicata (C-01):

0.00 – 2.10 m. Estrato de origen glaciárico, se encuentra en el estribo izquierdo, cuyo estrato basal tiende a proyectarse a más profundidad, está clasificada como un material de tipo CL, denominada arcilla de baja plasticidad con arena, con contenido de humedad natural de 21.58%, LL=27.50, LP=18.19, IP=9.31 % y el 7.95 % de grava, 75.27 % de material fino que pasa la malla N° 200 y con presencia de bolonería de roca diorítica en forma aislada de



tamaños de 20 cm, con densidad natural húmeda y seca de 1.42 y 1.17 gr/cm³, con color de suelo pardo a amarillento producto de la alteración de la roca ígnea de dureza a la excavación semi-compacta, sin presencia de nivel freático.

Calicata (C-02) Centro:

0.00 – 2.40 m. Estrato de origen orgánico en sus primeras capas y glaciárico hacia el interior, se encuentra en el eje de la presa, cuyo estrato basal tiende a proyectarse a más profundidad, está clasificada como un material de tipo CL, denominada arcilla de baja plasticidad con arena, con contenido de humedad natural de 34.0 %, con LL=26.61, LP=19.59, IP=10.02 % y el 7.99 % de grava, 75.28 % de material fino que pasa la malla N° 200 y con presencia de bolonería de roca diorítica en forma aislada de tamaños de 25 cm, con densidad natural húmeda y seca de 1.74 y 1.30 gr/cm³, con perfil de suelo de color pardo a amarillento producto de la alteración de la roca ígnea de dureza a la excavación semi-compacta, sin presencia de nivel freático.

Calicata (C-03):

0.00 – 2.10 m. Estrato de origen glaciárico hacia el interior, se encuentra en el estribo derecho de la presa, cuyo estrato basal tiende a proyectarse a más profundidad, está clasificada como un material de tipo CL, denominada arcilla de baja plasticidad con arena, con contenido de humedad natural de 12.99 %, con LL=26.91, LP=16.86, IP=10.05 % y el 7.68 % de grava, 75.21 % de material fino que pasa la malla N° 200 y con presencia de bolonería de roca diorítica en forma aislada de tamaños de 30 cm, con densidad natural húmeda y seca de 1.8 y 1.66 gr/cm³, con perfil de suelo de color pardo a amarillento producto de la alteración de la roca ígnea de dureza a la excavación semi-compacta, sin presencia de nivel freático.



Tabla 62: Propiedades físicas del terreno de fundación del eje de presa

Ubicación Calicata	Estrato	Granulometría				Límites De Consistencia			Humedad	Clasificación	Densidad	
		Pasa Malla N°				LL	LP	IP			Húmedo	Seco
		200	40	4	2	%	%	%	%	SUCS	gr/cm3	gr/cm3
EI-C-01	2	75.27	85.51	92.05	100	27.5	18.19	9.31	21.58	CL	1.42	1.17
EJ-C-02	2	75.28	85.52	92.01	100	26.61	19.59	10.02	34	CL	1.74	1.3
ED-C-03	2	75.21	85.72	92.32	100	26.91	16.86	10.05	12.99	CL	1.87	1.66

8.7.1.2 Conformación Del Material Para El Núcleo De Una Presa.

Para el núcleo de una presa se recomienda un suelo de tipo CG, GM, SC, SM, CL, ML, CH, MH. (Núñez, 2006).

Los centros de una presa se construyen para impedir la entrada de agua a través del cuerpo de la presa, por lo que requieren materiales de baja o excepcionalmente baja penetrabilidad, de la solicitud de 10 - 5 cm/s o menos. Además, no deben ser plegables, ni contener materiales naturales o ser solventes. Deben ser efectivamente compactables. Los lodos y los residuos son los más característicos, aunque también se pueden utilizar arenas con sustancia sucia; su registro de versatilidad debe estar en el rango de 15 y 35. La elección de estos materiales excluye de la pauta otros de baja porosidad que, razonablemente compactada y elegida, dan un componente impermeable satisfactorio. La compactación se realizará en capas de 20 a 30 cm con un rodillo de zapata o de vez en cuando con un rodillo vibratorio. El nivel de compactación no será inferior al 95% de la Densidad Máxima Seca obtenida del Proctor Modificado. (Nina Barraqueta, 2017)

8.7.1.3 Análisis De La Cimentación

8.7.1.3.1 Tipos Y Dimensiones De La Cimentación

Los análisis se realizarán con zapatas Cuadradas y Rectangulares.



8.7.1.3.2 *Parámetros Geotécnicos*

Tabla 63: Parámetros geotécnicos de la calicata C-01

	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	COHESIÓN	γ	μ	E
	(°)				
0.3	35° 00' 00"	-	1,75	0,33	58,61
0.6	35° 00' 00"	-	1,75	0,15	184,51
0.9	35° 00' 00"	-	1,75	0,15	255,24
1.2	35° 00' 00"	-	1,75	0,15	309,51
1.5	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	336,64
1.8	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	468,95
2.1	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	488,74
2.4	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	561,06
2.7	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	608,83
3	35° 00' 00"	-	1,76	0,33	697,18

Tabla 64: Parámetros geotécnicos de la calicata C-02.

	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	COHESIÓN	γ	μ	E
	(°)				
0.3	35° 00' 00"	-	1,75	0,33	58,61
0.6	35° 00' 00"	-	1,75	0,15	184,51
0.9	35° 00' 00"	-	1,75	0,15	255,24
1.2	35° 00' 00"	-	1,75	0,15	309,51
1.5	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	336,64
1.8	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	468,95
2.1	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	488,74
2.4	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	561,06
2.7	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	608,83
3	35° 00' 00"	-	1,76	0,33	697,18



Tabla 65: Parámetros geotécnicos de la calicata C-03

	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	COHESIÓN	γ	μ	E
	(° ' ")	C (kg/cm ²)	(gr/cm ³)		(kg/cm ²)
0.3	35° 00' 00"	-	1,75	0,33	58,61
0.6	35° 00' 00"	-	1,75	0,15	184,51
0.9	35° 00' 00"	-	1,75	0,15	255,24
1.2	35° 00' 00"	-	1,75	0,15	309,51
1.5	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	336,64
1.8	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	468,95
2.1	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	488,74
2.4	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	561,06
2.7	35° 00' 00"	-	1,76	0,15	608,83
3	35° 00' 00"	-	1,76	0,33	697,18

8.7.1.3.3 Cálculo De La Capacidad Admisible

➤ Capacidad de carga

El límite de sustentación, entendido como la mayor presión que la tierra es apta para soportar antes de la decepción por cizallamiento, se ha determinado a la luz de las hipótesis de Skempton, Terzagui, Meyerhof y Vesic con las contemplaciones que acompañan:

1. Elemento de bienestar FS = 3
2. Regla de la decepción progresiva
3. Profundidad mínima del establecimiento de la empresa
4. Posibilidad de inmersión no planificada del suelo de establecimiento.

Las articulaciones de estimación utilizadas se comparan con las teorías de Skempton, Terzagui, Meyerhof y Vesic y son las siguientes:



Teoría de Skempton

$$q_c = c * N_c + \sigma' * D_f$$

Teoría de Terzaghi

$$q_c = 1.3cN_c + \sigma' D_f N_q + 0.4 \sigma' B N_y$$

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

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

Tabla 66: Resumen de capacidad admisible del terreno

N° CALICATA	TERZAGHI	MEYERHOF	VESIC	PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN RECOMENDADA	CAPACIDAD PORTANTE	FACTOR DE SEGURIDAD
	qa kg/cm2	qa kg/cm2	qa kg/cm2	m	qa kg/cm ²	
C-01	1.13	1.13	1.13	2.7	1.13	3
C-02	1.04	1.11	1.11	3.2	1.04	3
C-03	1.11	1.3	1.3	3	1.11	3

8.7.1.3.4 Asentamientos

- **Métodos de Cálculos de Asentamientos**

Tabla 67: Tipo de asentamiento tomándose en cuenta el método y aplicación

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



Asentamiento total

$$St = Si + Scp + Scs$$

Donde:

- Si: Asentamiento Inmediato
- Scp: Asentamiento por Consolidación primaria
- Scs: Asentamiento por Consolidación secundaria.

Así mismo se debe tener en cuenta que:

- 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.

8.7.2 Problemas Especiales De Cimentación

8.7.2.1 Análisis De Colapsabilidad

Los suelos colapsables son aquellos que humedecidos o al aplicarse una pequeña carga adicional sufren una radical redistribución de sus partículas, reduciendo su volumen, por lo general se presentan en suelos Limosos, en nuestro caso de estudio no se presentan dichos suelos.

Para efectos de estimar el potencial de colapso, se ha tomado en cuenta la clasificación basada en la densidad natural seca y el límite líquido, la tabla siguiente muestra estos parámetros mencionados:



Tabla 68: Análisis de colapsabilidad según de limite líquido y densidad

CALICATA	LIMITE LIQUIDO (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)
C-01	27.5	1.42
C-02	26.61	1.74
C-03	26.91	1.87

Según la tabla anterior, en todos los casos analizados, de límite líquido y densidad, los suelos pertenecen a la zona **NO COLAPSABLE**, por lo que se descarta la presencia de dichos suelos en el Proyecto Evaluado de Hayculli.

8.7.2.2 Análisis De Expansibilidad.

Algunas suiedades ingieren agua y se hinchan, cuando se secan se ponen de acuerdo y se rompen. Que una suiedad se extienda realmente depende de algunos elementos. El más significativo es la distinción entre la humedad del campo a la hora del desarrollo y la humedad de armonía que se alcanzará con el diseño terminado.

Para la presente revisión, se considera el modelo creado a través del esquema de pliancia, según Seed, Wood y Lundgren (véase la tabla de abajo) con los datos adquiridos de las investigaciones, las pruebas de laboratorio y observando el perfil estratigráfico de los pozos de prueba.

Relación Entre Potencial De Hinchamiento, Límite Líquido Y Límite Plástico – Seed, Wood Y Lundgreen (1962)

Tabla 69: Potencial de hinchamiento de acuerdo al límite líquido y límite plástico

Límite Líquido	Índice de Plasticidad	Potencial de hinchamiento
LL (%)	IP (%)	
< 39	0 – 15	Bajo
39 – 50	10 – 35	Medio
50 – 63	20 – 55	Alto
> 63	35 a más	Muy Alto



Para la zona en estudio, los valores del Limite Liquido (LL) y el índice de plasticidad

(IP) son:

- C-01: 27.50 % y 9.31 %
- C-02: 26.61 % y 10.02 %
- C-03: 26.91 % y 10.05 %

Respectivamente, por lo que se puede afirmar que, en todos los casos analizados, estos valores están dentro del rango perteneciente a un potencial de hinchamiento de **GRADO BAJO**.

8.7.2.3 Licuación De Suelos

Los problemas de Licuación de Suelos se presentan en Arenas Saturadas, además de cumplir requisitos granulométricos específicos; por lo que, para nuestra Zona en Estudio se **Descarta** este Fenómenos puesto que no presenta Niveles Freáticos, ni Arenas con dichas características.

8.7.3 CANTERAS

El estudio de canteras permite ubicar, identificar y clasificar el material de préstamo a utilizarse en la conformación de la estructura de las presas. La finalidad de definir los bancos de material de préstamo se realiza para detectar volúmenes alcanzables y explotables, que satisfagan la demanda de la estructura de presa y que cumplan con las especificaciones técnicas requeridas.

8.7.3.1 CANTERAS PARA AFIRMADO.

8.7.3.1.1 Investigación De Campo

La investigación de campo comprendió la ubicación y evaluación de los materiales inertes desde el punto de vista geotécnico.



8.7.3.1.2 Ensayos De Laboratorio

Para el desarrollo de los ensayos de laboratorio se realiza en función del Manual de Ensayos de Laboratorio (2016) del Ministerios de Transportes y comunicaciones aprobadas bajo Resolución Directoral N°18-2016-MTC/14.

Para la interpretación y aceptación de los resultados se realizan en base al Manual de Carreteras -Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerios de Transportes y comunicaciones aprobado bajo Resolución Directoral N°10-2014-MTC/14.

8.7.3.2 Descripción Preliminar De Canteras.

En esta fase, se anotaron las cualidades fundamentales de los almacenes de tierra, por ejemplo, el grosor, la conservabilidad, la mugre, la consistencia, la flexibilidad, la síntesis de cada capa, la variedad, el comienzo, el estado del material granular (representación visual-manual según la norma ASTM D-2488) que muestra el tipo concebible de abuso de la cantera, el volumen accesible, el acceso y la responsabilidad de la zona.

8.7.3.3 Evaluación De Canteras.

Con los datos subyacentes de la evaluación fundamental, seguimos tomando una prueba delegada de material de la cantera de Hayculli, de aproximadamente 60 kg, para las pruebas de las instalaciones de investigación. Además, continuamos tomando ejemplos más modestos de algunos lugares de la región de la cantera para el ensayo de control de calidad del material durante toda su expansión.

8.7.3.4 Ensayos De Laboratorio

Para el desarrollo de los ensayos de laboratorio se realiza en función del Manual de Ensayos de Laboratorio (2016) del Ministerios de Transportes y comunicaciones aprobadas bajo Resolución Directoral N°18-2016-MTC/14.



Para la interpretación y aceptación de los resultados se realizan en base al Manual de Carreteras -Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerios de Transportes y comunicaciones aprobado bajo Resolución Directoral N°10-2014-MTC/14.

Para decidir la lista y las propiedades geotécnicas de los ejemplos, se realizaron las pruebas adjuntas mediante las técnicas de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) que se muestran a continuación:

- Aseguramiento del contenido de humedad D 2216
- Examen del tamaño de las moléculas por tamizado D 422
- Punto de rotura de fluidos, corte de plástico y registro de versatilidad D 4318
- Proctor alterado (compactación) D 1557
- Coeficiente de carga de California (C.B.R) D 1883
- Área y efecto de raspado (máquina de Los Ángeles) C 131 - 1998
- Arena comparable D 2419
- Orden del suelo, marco SUCS D 2487
- Orden del suelo, marco AASHTO D 3282

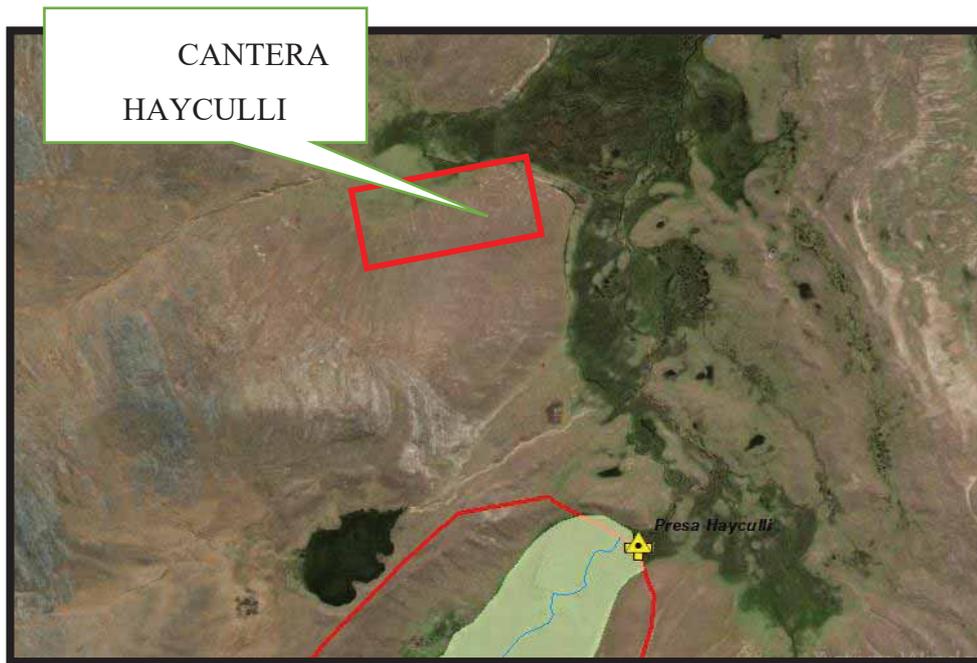
El esquema de las consecuencias de las pruebas del centro de investigación de los ejemplos extraídos de los pozos de prueba (cualidades físico-mecánicas, listas, secuelas de las pruebas Proctor Modificado, Valor de Soporte Relativo - CBR).

8.7.3.5 *Cantera Para Núcleo De Presa*

Ubicada al Norte de la presa, aproximadamente a 1km, en la margen Izquierda de la trocha carrozable de acceso a la presa, esta cantera se encuentra en la coordenada, *Este: 201733, Norte: 8409293*, corresponde a un depósito de material aluviónico de gradación gruesa inmersa en una matriz de limos arenosa, provenientes de restos del afloramiento rocoso del Plutón Charamuray (dioritas).



Foto 54: Ubicación de Cantera Hayculli; Este: 201733, Norte: 8409293



Los parámetros físicos – mecánicos de evaluación y resultados obtenidos en laboratorio, se detallan a continuación:

Tabla 70: Resultados de propiedades geotécnicas de la cantera

CANTERA	LL	IP	SUCS	AASHTO	GRADACION DEL MATERIAL	Dmax	CBR	Desgaste
HAYCULLI	N.P	N.P	GM	A-1-b(0)	C	2.18 gr/cm3	63.05%	23.18%

CBR Al 0.1 “de Penetración y al 100 % de la máxima densidad seca.

- Tipo de depósito : Escombros de talud.
- Gradación : Heterométrica.
- Color : Marrón claro.
- Forma (Wadell) : Equidimensionales (III - IV)
- Redondez : 0.75 - 0.90 (Powers) (Sub anguloso a anguloso)
- Textura Superficial : (Aspecto) Áspera.
- Consistencia promedia: Media.



- Permeabilidad : Media.
 - Meteorización : M-2 a M-3(Ligera a moderada meteorización)
 - CBR : 63.05 %.
 - Densidad maxima Seca : 2.18 gr/cm³
 - Peso Unitario : 1,852 Tn /m³
 - Humedad óptima : 5.57 %.
 - Grado de dureza : D - 3 (ISRM 1978).
 - Degradación física : 34,7 % (Abrasión Los Ángeles)
 - Degradación química : 4.20 % (SO₂Mg)
 - Clasificación
- : **S U C S G M**
- : **A A S T H O A -1-b (0)**

Tabla 71: Estándares mínimos que se debe cumplir para una cantera

CANTERA TERACOCHA	LIMITES SEGÚN NORMATIVA	OBSERVACIÓN
Gradación del Material	C, D, E, F	CUMPLE
Índice de Plasticidad	4.0%-9.0%	CUMPLE
Límite Líquido	Max.35%	CUMPLE
Desgaste de los Ángeles	Max. 50%	CUMPLE
CBR	Min.40%	CUMPLE



CONCLUSIONES

1. A nivel geomorfológico, la presa Hayculli se encuentra ubicada en una depresión natural, valle glaciar flanqueada por colinas bajas, generando un cierre natural, donde se emplazará el dique de presa, el piso de valle está constituido por un humedal amplio de baja pendiente, latitudinalmente, se encuentra entre los 4300 msnm, dentro de la zona de vida Paramo Muy Húmedo Sub-Andino Boreal, con precipitaciones que llegan a los 1098.70 mm/año, con temperatura mínima media mensual de 2.9°C y temperatura media anual de 8.49°C, con una lámina de evaporación día de 3.7mm.
2. Geológicamente, el vaso y dique de almacenamiento, tiene como basamento rocoso a unidades de caliza de la formación Arcurquina, en el extremo sur (parte alta del vaso de almacenamiento, y rocas ígneas pertenecientes al Plutón de Charamuray (Paleógeno-Neógeno), de composición Diorítica constituido esencialmente por minerales de plagioclasas, seguido de hornblenda, biotita y cuarzo, fuertemente alteradas hacia la superficie y compactas hacia el interior de la misma. Hacia la parte media a alta del vaso de almacenamiento de la presa Hayculli, está constituido por cuerpos grandes de calizas fuertemente deformadas perteneciente a la formación Arcurquina (Cretácico Inferior-Superior). Recubriendo a estas unidades, se tiene potentes capas de depósitos glaciáricos (morrenas hacia la parte alta y fluvio-glaciares hacia el vaso de la presa); este material se encuentra sobreyaciendo al Plutón Charamuray, cuya potencia en el vaso de almacenamiento llega hasta los 20m (según prueba geofísica), como sedimentos superficiales, en el vaso de almacenamiento, se encuentran depósitos biogénicos (orgánicos) constituido por turbas y restos vegetales en procesos de descomposición de color gris.



3. Las estructuras encontradas como pliegues (sinclinal y anticlinal), fallas inversas y normales, en su mayoría se ajustan al modelo tectónico andino con dirección NO-SE ya también E-O (como la deflexión de Abancay.
4. A nivel de superficie, al área de aporte hídrico llega a 4.56 km², que tiene un Kc de 1.36, que nos indica que esta cuenca de aporte es poco susceptible a las crecidas, así mismo, la altitud de esta cuenca va desde los 4300 (altura de la presa) a los 4750 (Cerro Pincullune), con una pendiente media del curso principal hasta la llegada al vaso de almacenamiento de 8.20%, a nivel hidrológico, la cuenca de escurrimiento puede generar un volumen de agua de escurrimiento de 1 133 332 m³, considerando solo los meses de lluvia; que correlacionando con el volumen topográfico, nos indica que a 5m de altura de dique de represamiento, el volumen topográfico es 951 790.6 m³, por tanto, considerando una altura de bordo libre el cuerpo de la represa se recomienda edificarla hasta una altura de 5.50m.
5. Desde el punto de vista de permeabilidad se puede indicar que el estribo izquierdo y derecho de la presa constituido por depósitos glaciáricos, tienen un nivel de infiltración que va de media a baja (10^{-5} - 10^{-6}), la zona media y vaso de almacenamiento constituido por sedimentos biogénicos, tiene una capacidad de infiltración de baja a media baja (10^{-6} – 10^{-7}), el cual garantiza la estanqueidad del vaso de almacenamiento debido a que según el estudio geofísico y la apertura de calicatas, la primera capa biogénica se encuentra hasta 1.5m de profundidad y el material glaciar de 15 a 20m de profundidad. Los afloramientos dioríticos, tienen permeabilidades que van de 10^{-5} – 10^{-6} y los cuerpos de caliza se encuentran con permeabilidades de calidad media a alta por encima de 10^{-4} .



6. A nivel de geodinámica interna, la zona de estudio históricamente presenta precedentes sísmicos, con intensidades que van de IV a VI como lo ocurrido en el Chumbivilcas el 31 de diciembre de 2001, con foco sísmico de tipo superficial e intermedio. Así mismo según Silgado, sismos ocurridos en provincias cercanas a la zona de estudio, la cual no afectara al emplazamiento de la presa a construir, han generados sismos de 4.5ml a 4.6ml ocurridos en Capacmarca,
7. Dentro de los procesos de geodinámica externa, existentes en la zona de estudio, los movimientos en masa existentes (caída de rocas, conos de deyección, y arrastre de sedimentos), no son de relevante importancia puesto que no ponen en riesgo la estructura misma de la presa como el vaso de almacenamiento. Sin embargo, los procesos de erosión de laderas ameritan un tratamiento como zanjas de infiltración o repoblamiento de pastos naturales para evitar que sedimentos de ladera a nivel de toda la cuenca de aporte en el tiempo se conviertan en un problema para la capacidad de almacenamiento de la presa.
8. De acuerdo al estudio geofísico, por el método de refracción sísmica, se ha llegado a diferencia 3 estratos principales, el primero corresponde a un suelos fluvioglaciares medianamente denso a denso que oscila de 2-3m, que tiene velocidades de ondas compresionales (V_p) que varía de 600-1500m/s y velocidades de ondas de corte (V_s) que varía de 300-400m/s. el segundo estrato correspondería aun suelo fluvioglaciar muy denso con probable presencia de bolonería, con un espesor que oscila de 3-11m, que tienen velocidades V_p que varía de 1100 a 1200m/s y velocidades V_s que varía de 450-700m/s, el tercer estrato correspondería al basamento rocoso constituido por roca diorítica un profundidad de 12-20m de profundidad respecto a la superficie del área de la presa, con velocidades V_p de 2500-4000m/s, y V_s de 700-1300 m/s.



9. De acuerdo al estudio geotécnico, el terreno de fundación en zona de emplazamiento de presa corresponde a material granular identificado como una GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA GC – GM+Bo, presencia de bolonería ciclópea de roca ígnea meteorizada de naturaleza DIORITA.
10. La capacidad de carga admisible (q_a) que presenta el suelo de fundación para la presa Hayculli se da de la forma siguiente: hacia los estribos izquierdos a derecho, la q_a va de 1.13 a 1.11 kg/cm², constituido por material gravoso y bolonería ciclópea. Mientras que hacia el eje central de la presa la q_a , llega a 1.04 kg/cm². Para un factor de seguridad de 3.
11. De acuerdo con las características de la cantera, los parámetros geotécnicos analizados, permite decir que estos cumplen con los criterios técnicos recomendados para conformación de presas de tierra.

Tabla 72: parámetros geotécnicos analizados,

CANTERA TERACOCHA	LIMITES SEGÚN NORMATIVA	OBSERVACIÓN
Gradación del Material	C, D, E, F	CUMPLE
Índice de Plasticidad	4.0%-9.0%	CUMPLE
Límite Líquido	Max.35%	CUMPLE
Desgaste de los Ángeles	Max. 50%	CUMPLE
CBR	Mín.40%	CUMPLE

12. En la zona que corresponden a los estribos izquierdo y derecho, no se ha evidenciado nivel freático, sin embargo, al centro del eje de la presa (calicata C-2), observa filtración de agua a 1.50 m del nivel de superficie, en una delgada capa de gravas.
13. La zona del entorno a la cantera Hayculli está conformada por suelos granulares arcillosos, la cual es apropiada para la construcción de la presa de tierra con la



consideración de que previamente sean zarandeados. Así mismo se deberá proyectar los accesos a esta cantera.

14. No se evidenciaron reacciones físicas o químicas que puedan conducir a procesos de deterioro del suelo de fundación – estructura, por lo que se deberá utilizar cemento sin características especiales (Pórtland Tipo I).
15. Con el estudio geológico geotécnico se determinó la litología, resistencia mecánica del terreno, estructuras, permeabilidad de esta manera garantizar la estanqueidad del agua.
16. De acuerdo con las pruebas realizadas se obtienen que la infiltración en rocas intrusivas dioritas es de media a baja (represamiento sobre rocas intrusivas) en la cual se aprecia en el siguiente cuadro la calificación de la zona de estudios.

N° de PRUEBA	METODO		LITOLOGIA	CALIFICACION
	Lefranc	Gilg - Gavard		
	cm/sg	cm/sg		
1	7.99E-05	7.28E-05	DIORITA	Media
2	3.92E-05	3.57E-05	DIORITA	Media
3	7.69E-06	7.01E-06	DIORITA	Media a Baja
4	8.10E-05	7.39E-05	DIORITA	Media
5	2.50E-04	2.28E-04	CALIZA	Alta a Media
6	6.91E-04	6.30E-04	CALIZA	Alta a Media
7	3.86E-06	3.52E-06	BIOGENICO	Media a Baja
8	3.85E-07	3.51E-07	BIOGENICO	Baja
9	8.88E-05	8.10E-05	FLUVIO GLACIAR	Media
10	6.44E-06	5.87E-06	FLUVIO GLACIAR	Media a Baja



RECOMENDACIONES

- De acuerdo con el tipo de suelo que predomina en la zona, es recomendable plantea una presa de tierra con núcleo de arcilla y enrocamiento, con recubrimiento impermeable de geotextiles o similar, con espaldares de talud Aguas arriba y Aguas abajo.

Taludes para presas de tierra. Fuente: Nedrigi (1983)

ALTURA DE LA PRESA	TALUD A. ARRIBA	TALUD A. ABAJO
$H < 5$	2,0 – 2,5	1,5 – 1,75
$5 < H < 10$	2,25 – 2,75	1,75 – 2,25
$10 < H < 15$	2,5 – 3,0	2,0 – 2,25
$15 < H < 50$	3,0 – 4,0	2,5 – 4,0
$H > 50$	4,0 – 5,0	4,0 – 4,5



Característica del material de la zona de cantera

MATERIAL	Pe	Existen en la zona
Roca Ígnea de la zona	2,45	Si
Grava arcillosa	1,76	Si

- Para acceder al material de cantera, se recomienda realizar labores de desbroce de capa de suelo agrícola hasta 0.80 cm, a lugares aledaños a la cantera con la finalidad de usar este a la culminación del proyecto de construcción. Así mismo se recomienda el zarandeo de material de cantera previo a su uso.



3. Por lo cual se recomienda que los estribos de la margen derecha e izquierda realizar una excavación de 3 metros y conformar las cimentaciones de las diferentes estructuras hidráulicas que se van a construir en el cuerpo de la presa.
4. Se recomienda mejorar los accesos viales a la cantera y zona de conformación de la presa.
5. Se recomienda excavar 4 metros a nivel del dentellón por debajo de la superficie.
6. Para disminuir de una manera eficiente la permeabilidad se recomienda darle al suelo una estructura adecuada antes, y de esa manera disminuir la porosidad.



BIBLIOGRAFÍA

- CDN. (2016). *Transferencias Financieras A Favor De Diversos Pliegos De Gobiernos Locales Para La Ejecución De Inversiones*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1849049/Anexo_2_DU040_2021.pdf
- Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú. (Diciembre de 1994). *Geología de los Caudrángulos de Cuzco y Livitaca*. Lima: Editorial Allamanda, S.R.L.
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (1973). *Mecánica de Suelos* (Primera ed., Vol. TOMO II). Mexico: LIMUSA, S.A.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Junio de 2017). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: MTC. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- Nina Barrazueta, M. A. (2017). *Evaluación Geotécnica Para La Construcción De La Presa Huanzo*. Puno: Una. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4731>
- Núñez, A. (2006). *análisis técnico - y las ondas de Elliot Ap oliver*. Instituto tecnologico de costa rica. Recuperado el agosto de 2021, de <https://www.passeidireto.com/arquivo/85095453/analisis-tecnico-y-las-ondas-de-elliott-ap-oliver-nunez-velasco>



ANEXOS 01



REGISTROS METEOROLOGICOS

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETA (mm)														
Estacion : TAMBOBAMBA			Latitud : 13° 56' 41.7" S			Departamento : APURIMAC			Provincia : COTABAMBAS			Distrito : TAMBOBAMBA		
Tipo: CO-884			Longitud : 72° 10' 30.8" W			Altitud : 3,275 msnm								
N° REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	2003	224.3	143.5	152.6	46.3	14.1	1.2	0	22.8	26.2	35.1	51.9	200.5	918.5
2	2004	224.7	250.8	71.6	46.1	17.6	1.9	15.3	22.2	53.1	62.3	60	256.2	1,081.8
3	2005	144	209.5	151.7	59.2731	0	0	2.4	6	4.2	105.1	74.9	150.6	907.7
4	2006	210.2	169.0	155.4	98.7	0.0	8.8	0.0	0.0	0.5	55.2	111.9	135.7	945.4
5	2007	149.9	160.1	216.2	30.7	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	35.2	117.2	165.0	879.3
6	2008	199.3	141.4	72.5	25.8	4.0	1.0	0.0	3.2	22.4	65.5	85.0	205.0	825.1
7	2009	167.0	171.1	80.2	31.5	4.8	0.0	2.0	4.0	16.4	99.8	237.3	170.6	984.7
8	2010	229.1	167.5	103.4	23.9	34.2	0.0	0.0	0.0	7.4	37.4	65.8	173.2	841.9
9	2011	171.7	261.5	246.9	47.7	3.5	0.0	3.4	5.6	56.9	42.8	51.2	149.2	1,040.4
10	2012	168.3	193.7	177.2	64.9	2.3	4.4	1.1	0.0	14.5	79.5	110.7	257.1	1,073.5
11	2013	113.1	177.7	98.8	31.5	0.4	8.1	2.8	19.4	13.4	107.7	114.2	189.1	876.3
12	2014	192.1	156.8	120.6	36.4	27.8	0.0	4.0	1.2	24.8	46.7	49.4	163.2	823.1
13	2015	205.9	155.7	145.2	89.1	4.9	1.0	4.4	19.9	17.6	37.2	76.4	149.2	906.4
14	2016	134.8	267.5	87.5	77.9	3.9	1.9	6.2	7.3	20.2	81.2	59.2	158.6	906.3
15	2017	183.6	166.4	166.7	84.6	39.1	0.0	0.0	2.7	23.4	73.2	73.1	128.6	941.3
16	2018	153.6	279.5	205.9	61.9	15.3	7.0	3.3	7.4	13.2	63.4	98.0	117.1	1,025.8
N° Datos		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Media		179.5	192.0	140.8	53.5	10.7	2.2	3.1	7.6	19.6	64.2	89.8	173.1	936.1
Desv. Estandar		34.90	46.82	53.67	24.04	12.82	3.09	3.82	8.45	16.04	25.07	46.01	40.44	83.73
Coef. Variacion		0.19	0.24	0.38	0.45	1.19	1.40	1.23	1.11	0.82	0.39	0.51	0.23	0.09
Prec. Max.		229.1	279.5	246.9	98.7	39.1	8.8	15.3	22.8	56.9	107.7	237.3	257.1	279.5
Prec. Min.		113.1	141.4	71.6	23.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.1	49.4	117.1	0.0

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETA (mm)														
Estación : Coasacancha			Latitud : 13°59'21.24" S			Departamento : APURIMAC			Provincia : PARURO			Distrito : PARURO		
Tipo: CO-684			Longitud : 72° 17' 53.95" W			Altitud : 3,084 msnm								
N° REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	2003	164.7	165.8	157.7	50.5	5.9	2.6	0	8.7	7.4	65.1	38.2	161.7	828.30
2	2004	189.5	219.7	56.8	22.6	14.1	12.2	8.7	0	34.4	59.8	53.8	148.1	819.70
3	2005	113	107.1	96	23.3	1.9	0	2.5	2.2	0.4	43.3	96.6	105.6	591.90
4	2006	202.80	133.00	132.50	90.00	0.00	6.20	0.00	8.80	2.30	42.30	77.20	109.80	804.90
5	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
6	2008	137.50	70.40	100.30	22.50	21.40	4.50	0.00	3.20	28.40	52.00	75.10	115.70	631.00
7	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
8	2010	298.73	135.42	111.49	39.68	3.96	0.00	0.00	6.07	2.20	52.00	54.64	161.47	865.67
9	2011	72.45	207.70	141.63	44.02	2.07	2.76	4.22	0.60	34.72	62.11	71.51	179.88	823.68
10	2012	121.07	185.16	96.13	26.59	1.21	3.81	1.39	0.00	35.51	24.94	128.78	209.23	833.82
11	2013	146.73	161.43	83.66	31.63	0.00	5.98	1.28	13.16	12.56	91.35	86.48	174.25	808.52
12	2014	201.09	134.46	77.01	49.47	4.87	0.00	3.19	1.68	9.82	34.23	16.44	163.27	695.52
13	2015	187.15	88.92	102.69	60.41	14.50	0.00	2.59	5.26	38.63	17.01	64.79	135.73	717.66
14	2016	72.10	177.78	59.89	21.71	3.35	0.00	5.03	2.23	13.05	61.49	31.62	85.78	534.02
15	2017	117.58	149.07	151.53	39.07	21.05	1.81	1.89	4.57	21.61	37.34	68.98	127.15	741.64
16	2018	148.33	143.73	118.84	32.20	4.77	8.02	5.15	4.05	13.18	58.32	83.48	125.98	746.05
N° Datos		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Media		158.0	142.5	109.4	39.6	6.7	3.0	2.7	3.8	17.3	47.3	78.9	142.6	751.84
Desv. Estandar		55.78	43.58	34.04	17.80	7.07	3.62	2.60	3.83	13.01	19.58	45.29	31.89	96.59
Coef. Variacion		0.35	0.31	0.31	0.45	1.05	1.21	0.97	1.01	0.75	0.41	0.57	0.22	0.13
Prec. Max.		298.7	219.7	172.0	90.0	21.4	12.2	8.7	13.2	38.6	91.4	213.0	209.2	298.7
Prec. Min.		72.1	70.4	56.8	21.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	16.3	16.4	85.8	0.0



"ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA
HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA DEL DISTRITO DE LIVITACA –
CHUMBIVILCAS - CUSCO"



PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETA (mm)														
Estacion : SAN TOTOMAS CO			Latitud : 14° 27' 00" S			Departamento : CUSCO			Provincia : CHUMBIVILCAS			Distrito : SAN TOTOMAS		
Tipo:			Longitud : 72° 6' 00" W			Altitud : 3658 msnm								
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	2003	180.6	206.2	203.1	63.8	0.0	2.8	0.0	15.8	12.7	39.8	47.3	132.9	904.9
2	2004	165.3	175.8	142.5	26.3	0.0	0.0	39.9	21.6	18.3	70.7	131.6	293.7	1,085.9
3	2005	147.7	141.9	198.1	58.3	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	64.0	81.4	186.4	889.2
4	2006	295.4	232.2	165.4	127.1	0.0	3.1	0.0	8.1	15.4	83.9	103.0	176.9	1,210.4
5	2007	170.7	107.9	197.1	62.4	9.0	0.0	10.4	0.0	5.7	32.7	66.0	229.5	891.5
6	2008	240.8	148.2	118.2	15.4	9.6	3.6	0.0	0.0	12.7	124.5	24.9	197.6	895.5
7	2009	106.8	178.5	142.3	86.1	4.3	0.0	3.5	0.0	0.0	26.3	132.1	123.5	803.4
8	2010	232.9	205.8	160.8	97.2	28.0	0.0	0.8	0.0	3.9	49.6	68.7	195.4	1,043.0
9	2011	190.1	191.5	205.3	95.8	11.7	0.4	4.8	29.5	56.3	34.3	72.0	126.2	1,017.9
10	2012	190.3	278.1	246.9	102.3	1.6	0.0	0.9	0.0	11.0	51.6	87.4	168.0	1,138.1
11	2013	181.7	263.2	144.0	58.2	7.0	10.5	1.7	17.0	6.1	35.6	58.3	224.0	1,007.3
12	2014	222.7	102.4	127.8	43.8	5.5	0.0	0.5	3.8	55.9	103.3	52.1	190.3	908.1
13	2015	221.3	176.5	201.0	70.6	10.1	0.0	4.3	18.6	4.1	38.9	63.4	114.6	923.4
14	2016	80.8	234.2	141.5	62.9	7.4	3.7	5.6	12.4	6.6	55.5	33.8	95.4	739.8
15	2017	233.6	160.4	267.4	64.8	30.4	0.4	7.0	0.6	56.8	75.8	62.4	166.6	1,126.2
16	2018	176.8	206.2	154.8	46.4	10.6	11.8	24.0	3.0	5.8	73.0	82.4	68.2	863.0
Nº Datos		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	13
Media		189.9	188.0	176.0	67.6	8.5	2.3	6.5	8.2	17.7	60.0	72.9	168.1	965.47
Desv. Estandar		52.56	49.96	42.79	28.83	9.10	3.76	10.80	9.66	19.75	27.50	30.15	56.75	129.93
Coef. Variacio		0.28	0.27	0.24	0.43	1.08	1.66	1.67	1.19	1.12	0.46	0.41	0.34	0.13
Prec. Max.		295.4	278.1	267.4	127.1	30.4	11.8	39.9	29.5	56.8	124.5	132.1	293.7	295.4
Prec. Min.		80.8	102.4	118.2	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.3	24.9	68.2	0.0
FUENTE : UNSAAC											FECHA Y HORA	24/09/2021 17:14		

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETA (mm)														
Estacion : KAYRA			Latitud : 13° 56' 12" S			Departamento : CUSCO			Provincia : CUSCO			Distrito : SAN JERONIMO		
Tipo: 0			Longitud : 0 W			Altitud : 3219 msnm								
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	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	828.3
2	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	819.7
3	2005	113.00	107.10	96.00	23.30	1.90	0.00	2.50	0.40	43.30	96.60	105.60	105.60	591.9
4	2006	202.80	133.00	132.50	90.00	0.00	6.20	0.00	8.80	2.30	42.30	77.20	109.80	804.9
5	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	754.5
6	2008	137.50	70.40	100.30	22.50	21.40	4.50	0.00	3.20	28.40	52.00	75.10	115.70	631.0
7	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	832.6
8	2010	339.50	153.90	126.70	45.10	4.50	0.00	0.00	6.90	2.50	59.10	62.10	183.50	983.8
9	2011	84.10	241.10	164.40	51.10	2.40	3.20	4.90	0.70	40.30	72.10	83.01	208.80	956.1
10	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	962.8
11	2013	171.70	188.90	97.90	37.02	0.00	7.00	1.50	15.40	14.70	106.90	101.20	203.90	946.1
12	2014	252.00	168.50	96.50	62.00	6.10	0.00	4.00	2.10	12.30	42.90	20.60	204.60	871.6
13	2015	231.10	109.80	126.80	74.60	17.90	0.00	3.20	6.50	47.70	21.00	80.00	167.60	886.2
14	2016	103.30	254.70	85.80	31.10	4.80	0.00	7.20	3.20	18.70	88.10	45.30	122.90	765.1
15	2017	143.00	181.30	184.30	47.52	25.60	2.20	2.30	5.56	26.28	45.41	83.90	154.64	902.0
16	2018	179.92	174.33	144.15	39.06	5.79	9.72	6.25	4.92	15.99	70.74	101.26	152.80	904.9
Nº Datos		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Media		175.4	161.4	121.6	44.2	7.5	3.3	3.1	4.3	19.7	53.3	86.4	160.0	840.10
Desv. Estandar		62.28	55.40	35.61	18.92	7.89	3.86	2.87	4.26	14.94	23.88	45.43	39.78	113.04
Coef. Variacion		0.36	0.34	0.29	0.43	1.05	1.19	0.93	1.00	0.76	0.45	0.53	0.25	0.13
Prec. Max.		339.5	254.7	184.3	90.0	25.6	12.2	8.7	15.4	47.7	106.9	213.0	241.6	339.5
Prec. Min.		84.1	70.4	56.8	22.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	16.3	20.6	105.6	0.0



ANEXOS 02



PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

Ejemplo de prueba N° 01

Ubicación: Este: 202267, Norte: 8408683

Clase de Litología: Roca diorita

Resultados de prueba de infiltracion modelo Lefranc

		Δh	T	Δh_{min}	Δh_{seg}	K cm/sg	K cm/sg
h0	0.5						
h1	0.4999	0.0001	5	5	300	0.000008	7.69E-06
h2	0.4998	0.0001	10	5	300	0.000008	7.69E-06
h3	0.4997	0.0001	15	5	300	0.000008	7.69E-06
h4	0.4996	0.0001	20	5	300	0.000008	7.70E-06
h5	0.4995	0.0001	25	5	300	0.0000077	7.70E-06
						0.0000077	7.69E-06

Resultados de prueba de infiltración modelo Gilg Gavard

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	A	K cm/sg	K cm/sg
	0.5					1.15566		
h1	0.475	0.025	5	5	300		0.001797	1.80E-03
h2	0.474	0.001	10	5	300		0.000074	7.39E-05
h3	0.471	0.003	15	5	300		0.000223	2.23E-04
h4	0.466	0.005	20	5	300		0.000374	3.74E-04
h5	0.461	0.005	25	5	300		0.0003781	3.78E-04
							0.0005692	7.39E-05

Diagrama de infiltración modelo Lefranc

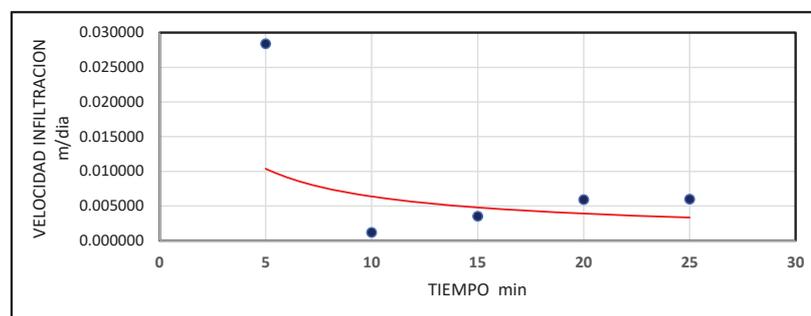
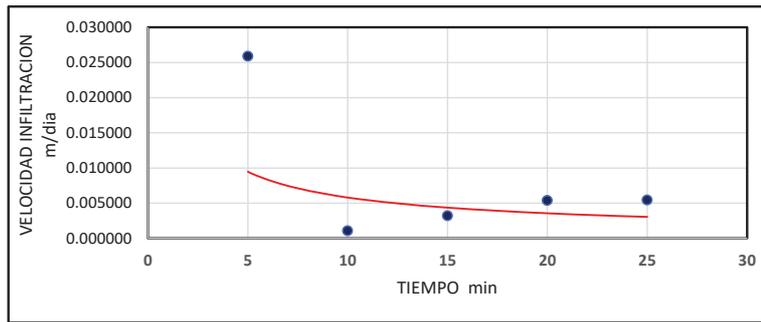




Diagrama de infiltración modelo Gilg Gavard



Ejemplo de prueba N° 02

Ubicación: Este: 202387, Norte: 8407461

Clase de Litología: Roca diorita

Resultados de prueba de infiltracion modelo Lefranc

	Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	K cm/sg	K cm/sg
0.5						
0.4999	0.0001	5	5	300	0.000008	7.69E-06
0.4998	0.0001	10	5	300	0.000008	7.69E-06
0.4997	0.0001	15	5	300	0.000008	7.69E-06
0.4996	0.0001	20	5	300	0.000008	7.70E-06
0.4995	0.0001	25	5	300	0.0000077	7.70E-06
					0.0000077	7.69E-06

Resultados de prueba de infiltración modelo Gilg Gavard

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	A	K cm/sg
	0.5					1.15566	
h1	0.4999	1.00E-04	5	5	300		7.01E-06
h2	0.4998	0.0001	10	5	300		7.01E-06
h3	0.4997	1.00E-04	15	5	300		7.01E-06
h4	0.4996	1.00E-04	20	5	300		7.01E-06
h5	0.4995	1.00E-04	25	5	300		7.02E-06
							7.01E-06



Diagrama de infiltración modelo Lefranc

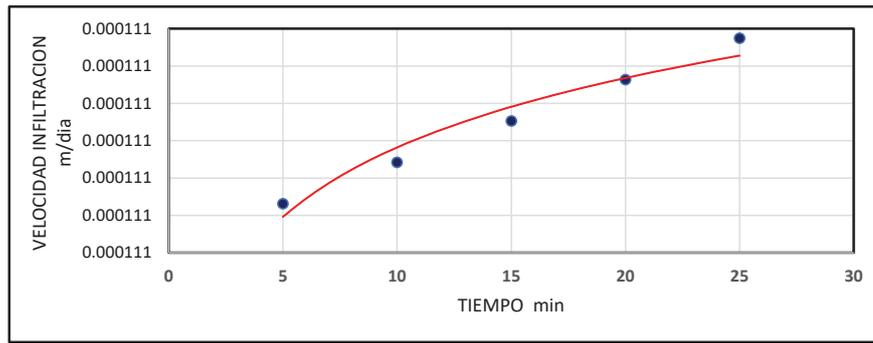
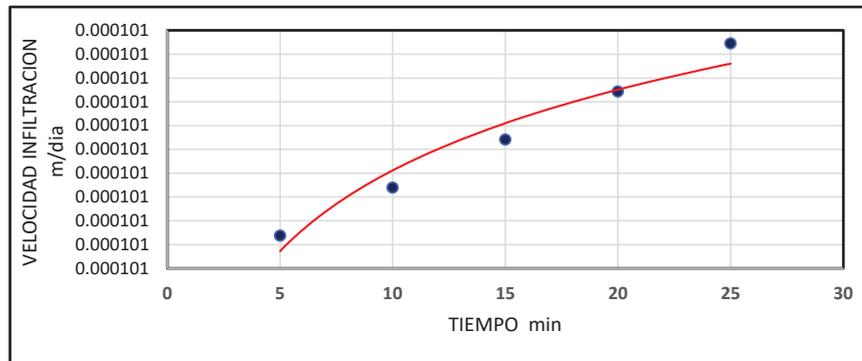


Diagrama de infiltración modelo Gilg Gavard



Ejemplo de prueba N° 03

Ubicación: Este: 201895, Norte: 8407461

Clase de Litología: Roca diorita

Resultados de prueba de infiltracion modelo Lefranc

	Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	K cm/sg	K cm/sg
0.5						
0.495	0.005	10	10	600	0.000193	1.93E-04
0.494	0.001	15	5	300	0.000078	7.78E-05
0.491	0.003	20	5	300	0.000234	2.34E-04
0.49	0.001	30	10	600	0.000039	3.92E-05
0.4889	0.0011	35	5	300	0.0000864	8.64E-05
					0.0001262	3.92E-05



Resultados de prueba de infiltración modelo Gilg Gavard

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	A	K cm/sg	K cm/sg
	0.5					1.15566		
h1	0.495	0.005	10	10	600		0.000176	0.000176
h2	0.494	0.001	15	5	300		0.000071	7.09E-05
h3	0.491	0.003	20	5	300		0.000214	0.000214
h4	0.49	0.001	30	10	600		0.000036	3.57E-05
h5	0.4889	0.001	35	5	300		7.88E-05	7.88E-05
							0.000115	3.57E-05

DIAGRAMA de infiltración modelo Lefranc

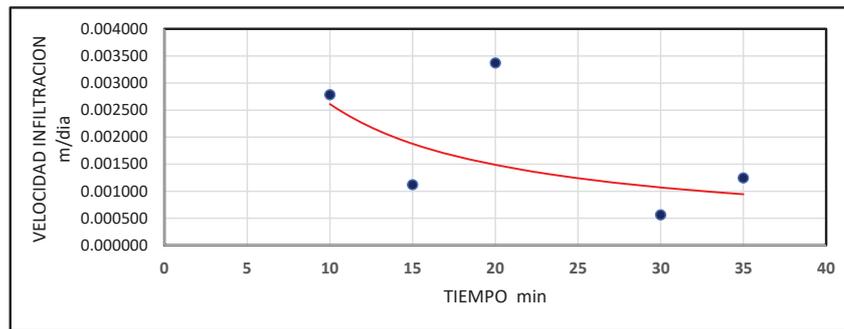
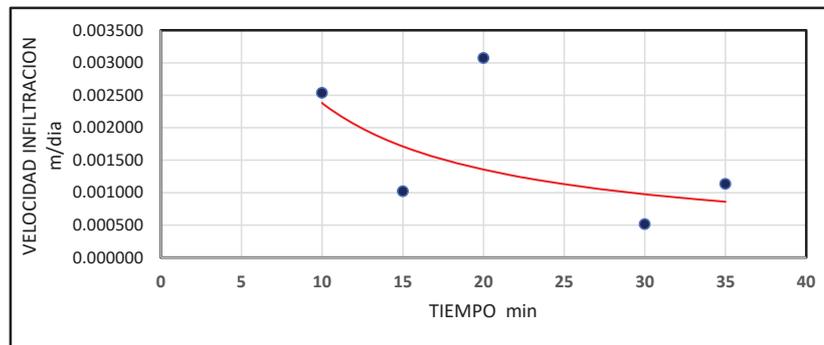


Diagrama de infiltración modelo Gilg Gavard



Ejemplo de prueba N° 04

Ubicación: Este: 201600, Norte: 8407991

Clase de Litología: Roca diorita



Resultados de prueba de infiltración modelo Lefranc

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	K cm/sg	K cm/sg
h0	0.5						
h1	0.488	0.012	5	5	300	0.000934	9.34E-04
h2	0.485	0.003	10	5	300	0.000237	2.37E-04
h3	0.482	0.003	15	5	300	0.000239	2.39E-04
h4	0.481	0.001	20	5	300	0.00008	7.99E-05
h5	0.4789	0.0021	25	5	300	0.0001682	1.68E-04
						0.0003316	7.99E-05

Resultados de prueba de infiltración modelo Gilg Gavard

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	A	k m/s	K cm/sg
	0.5					1.15566		
h1	0.488	0.012	5	5	300		0.00001419	8.51E-04
h2	0.485	0.003	10	5	300		0.0000036	2.16E-04
h3	0.482	0.003	15	5	300		0.00000362	2.17E-04
h4	0.481	0.001	20	5	300		0.00000121	7.28E-05
h5	0.4789	0.0021	25	5	300		0.00000256	1.53E-04
								7.28E-05

Diagrama de infiltración modelo Lefranc

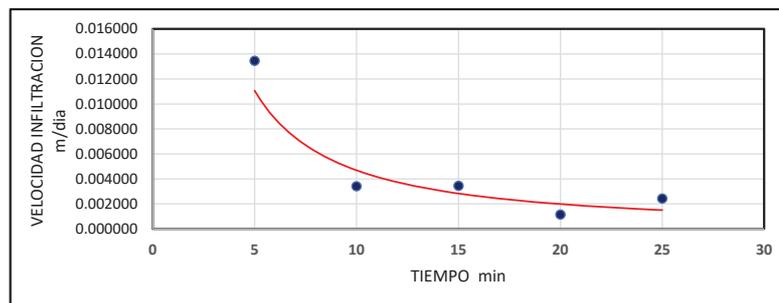
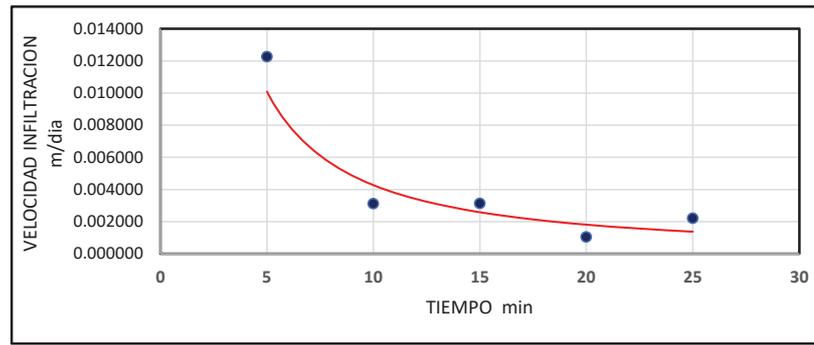




Diagrama de infiltración modelo Gilg Gavard



Prueba N° 05

Ubicación: Este: 201443, Norte: 8408217

Clase de Litología: Roca CALIZA

Resultados de prueba de infiltracion modelo Lefranc

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	k m/s	K cm/sg	K cm/sg
h0	0.5							
h1	0.473	0.027	5	5	300	4E-07	0.002134	2.13E-03
h2	0.463	0.01	10	5	300	1E-07	0.000822	8.22E-04
h3	0.46	0.003	15	5	300	0	0.00025	2.50E-04
h4	0.454	0.006	20	5	300	1E-07	0.000505	5.05E-04
h5	0.45	0.004	25	5	300	1E-07	0.00034	3.40E-04
							0.00081	2.50E-04

Resultados de prueba de infiltración modelo Gilg Gavard

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	A	K cm/sg	K cm/sg
	0.5					1.15566		
h1	0.473	0.027	5	5	300		0.001945	1.95E-03
h2	0.463	0.01	10	5	300		0.000749	7.49E-04
h3	0.46	0.003	15	5	300		0.000228	2.28E-04
h4	0.454	0.006	20	5	300		0.00046	4.60E-04
h5	0.45	0.004	25	5	300		0.0003102	3.10E-04
							0.0007385	2.28E-04



Diagrama de infiltración modelo Lefranc

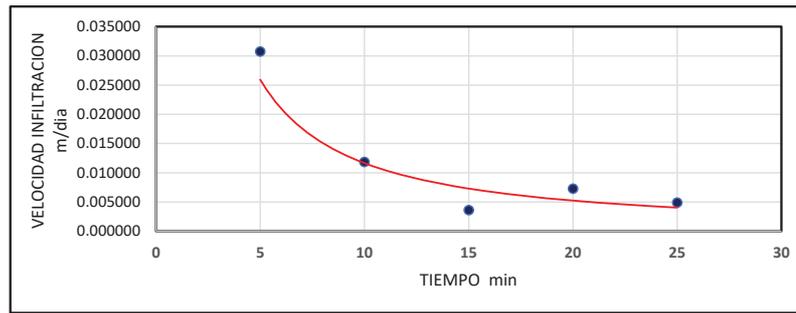
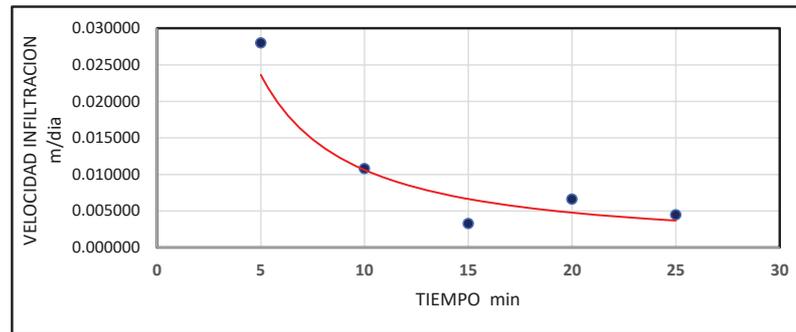


Diagrama de infiltración modelo Gilg Gavard



Ejemplo de prueba N° 06

Ubicación: Este: 202109, Norte: 8407638

Clase de Litología: Roca Caliza

Resultados de prueba de infiltración modelo Lefranc

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	K cm/sg	K cm/sg
h0	0.5						
h1	0.458	0.042	5	5	300	0.003374	3.37E-03
h2	0.449	0.009	10	5	300	0.000763	7.63E-04
h3	0.441	0.008	15	5	300	0.000691	6.91E-04
h4	0.432	0.009	20	5	300	0.000793	7.93E-04
h5	0.422	0.01	25	5	300	0.0009005	9.01E-04
						0.0013042	6.91E-04



Resultados de prueba de infiltración modelo Gilg Gavard

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	A	K cm/sg	K cm/sg
	0.5					1.15566		
h1	0.458	0.042	5	5	300		0.003073	3.07E-03
h2	0.449	0.009	10	5	300		0.000696	6.96E-04
h3	0.441	0.008	15	5	300		0.00063	6.30E-04
h4	0.432	0.009	20	5	300		0.000723	7.23E-04
h5	0.422	0.01	25	5	300		0.0008208	8.21E-04
							0.0011885	6.30E-04

DIAGRAMA de infiltración modelo Lefranc

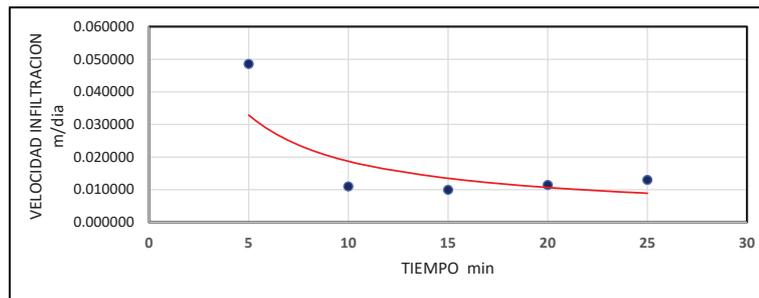
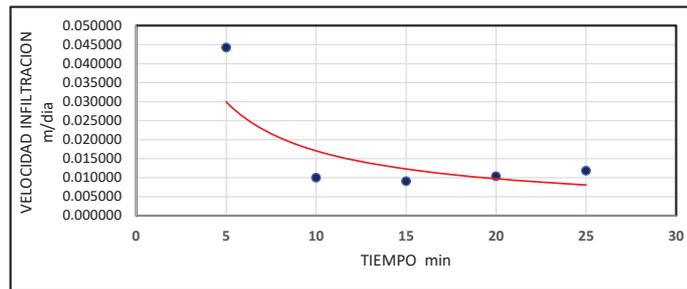


Diagrama de infiltración modelo Gilg Gavard



Ejemplo de prueba N° 07

Ubicación: Este: 202241, Norte: 8408552

Clase de Litología: Suelo Biogénico

Resultados de prueba de infiltración modelo Lefranc

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	K cm/sg	K cm/sg
h0	0.5						
h1	0.4995	0.0005	10	10	600	0.000019	1.92E-05
h2	0.499	0.0005	20	10	600	0.000019	1.93E-05
h3	0.4985	0.0005	30	10	600	0.000019	1.93E-05
h4	0.4984	0.0001	40	10	600	0.000004	3.86E-06
h5	0.4983	0.0001	50	10	600	0.000004	3.86E-06
						0.0000131	3.86E-06



Resultados de prueba de infiltración modelo Gilg Gavard

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	A	K cm/sg	K cm/sg
	0.5					1.15566		
h1	0.4995	0.0005	1	10	600		0.000018	1.75E-05
h2	0.499	0.0005	2	10	600		0.000018	1.76E-05
h3	0.4985	0.0005	3	10	600		0.000018	1.76E-05
h4	0.4984	1.00E-04	4	10	600		0.000004	3.52E-06
h5	0.4983	0.0001	5	10	600		0.000004	3.52E-06
							0.0000119	3.52E-06

Diagrama de infiltración modelo Lefranc

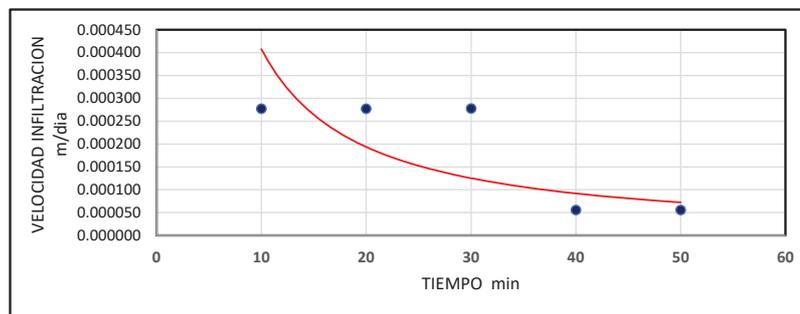
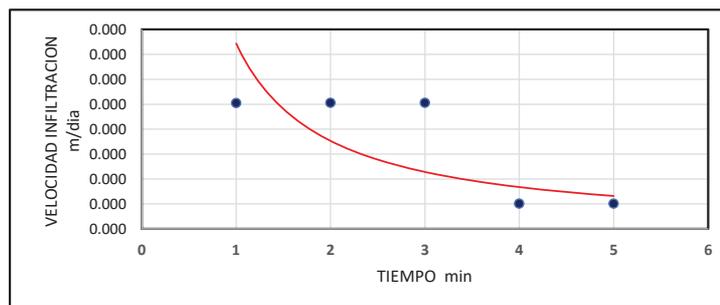


Diagrama de infiltración modelo Gilg Gavard



Ejemplo de prueba N° 09

Ubicación: Este: 202283, Norte: 8408499

Clase de Litología: Suelo Fluvioglaciar



Resultados de prueba de infiltración modelo Lefranc

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	K cm/sg	K cm/sg
h0	0.5						
h1	0.49	0.01	1	9	540	0.000432	4.32E-04
h2	0.485	0.005	2	9	540	0.000219	2.19E-04
h3	0.482	0.003	3	9	540	0.000133	1.33E-04
h4	0.48	0.002	4	9	540	0.000089	8.88E-05
h5	0.475	0.005	5	9	540	0.000224	2.24E-04
						0.0002191	8.88E-05

Resultados de prueba de infiltración modelo Gilg Gavard

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	A	K cm/sg	K cm/sg
	0.5					1.15566		
h1	0.49	0.01	1	9	540		0.000393	3.93E-04
h2	0.485	0.005	2	9	540		0.0002	2.00E-04
h3	0.482	0.003	3	9	540		0.000121	1.21E-04
h4	0.48	0.002	4	9	540		0.000081	8.10E-05
h5	0.475	0.005	5	9	540		0.000204	2.04E-04
							0.0001998	8.10E-05

Diagrama de infiltración modelo Lefranc

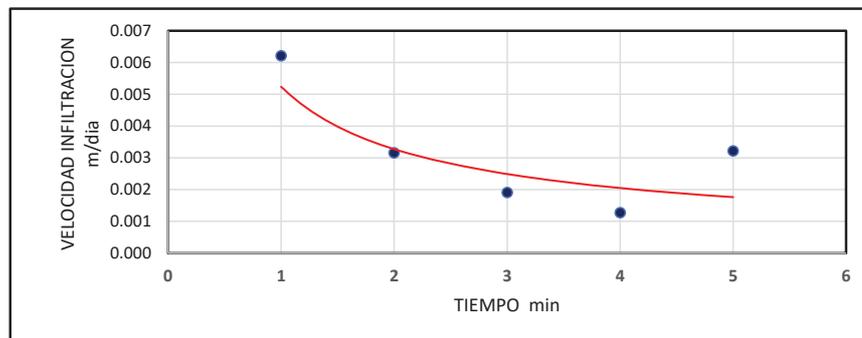
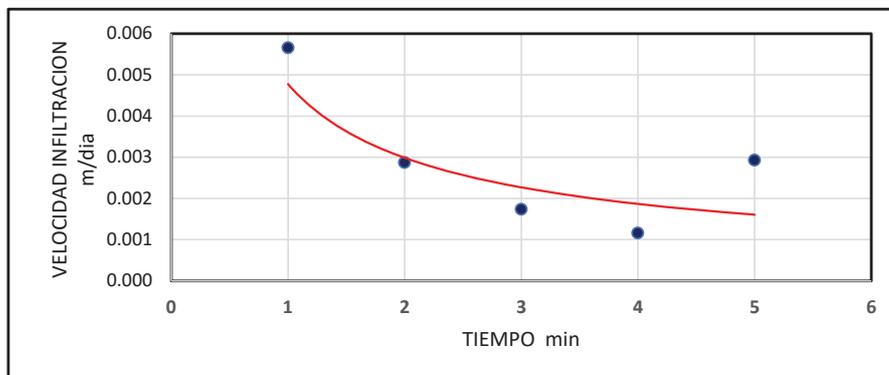


Diagrama de infiltración modelo Gilg Gavard





Ejemplo de prueba N° 10

Ubicación: Este: 201982, Norte: 8408550

Clase de Litología: Fluvio Glaciar

Resultados de prueba de infiltracion modelo Lefranc

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	K cm/sg	K cm/sg
h0	0.5						
h1	0.499	0.001	3	3	180	0.000128	1.28E-04
h2	0.4985	0.0005	6	3	180	0.000064	6.42E-05
h3	0.4978	0.0007	9	3	180	0.00009	9.00E-05
h4	0.4975	0.0003	12	3	180	0.000039	3.86E-05
h5	0.49745	5.00E-05	15	3	180	0.000006	6.44E-06
						0.0000655	6.44E-06

Resultados de prueba de infiltración modelo Gilg Gavard

		Δh	t	Δh_{min}	Δh_{seg}	A	K cm/sg	K cm/sg
	0.5					1.15566		
h1	0.499	0.001	1	3	180		0.000117	1.17E-04
h2	0.4985	0.0005	2	3	180		0.000059	5.86E-05
h3	0.4978	0.0007	3	3	180		0.000082	8.21E-05
h4	0.4975	0.0003	4	3	180		0.000035	3.52E-05
h5	0.49745	5.00E-05	5	3	180		0.000006	5.87E-06
							0.0000597	5.87E-06

Diagrama de infiltración modelo Lefranc

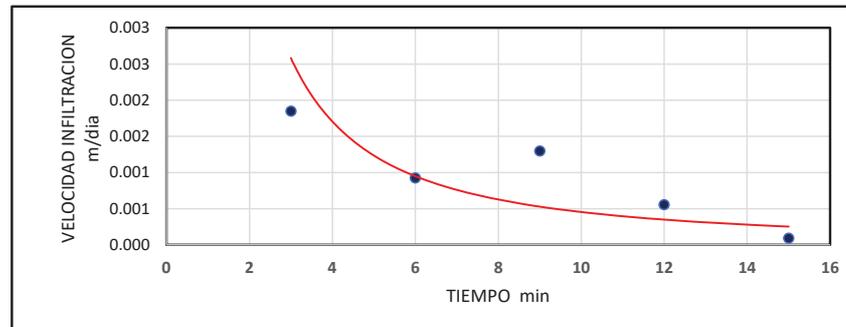
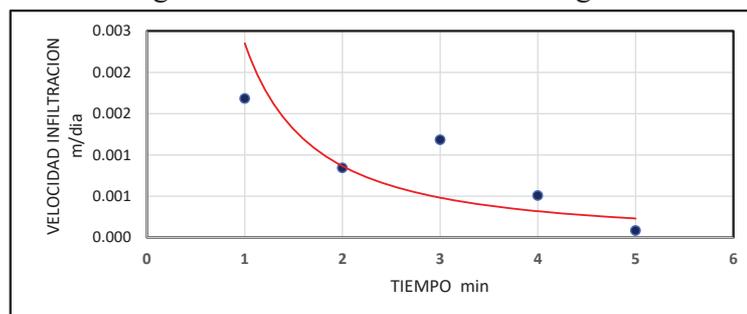


Diagrama de infiltración modelo Gilg Gavard





ANEXOS 03

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CALCATA C-1



"ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA DEL DISTRITO DE LIVITACA – CHUMBIVILCAS - CUSCO"



UNSAAC			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA			
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO		
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA		
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola	Calicata:	C-01
Fecha:	ABRIL del 2019	Profundidad:	1.80 m
PENETRÓMETRO DINÁMICO LIGERO (DPL)			
NTP 339.159, Norma DIN 4094 y Norma IRTP/DP			

DPL	
PROFUNDIDAD (m)	NRO DE GOLPES
0.10	2
0.20	3
0.30	2
0.40	4
0.50	2
0.60	4
0.70	4
0.80	4
0.90	5
1.00	6
1.10	5
1.20	5
1.30	6
1.40	5
1.50	4
1.60	4
1.70	6
1.80	5
1.90	4
2.00	6
2.10	5
2.20	6
2.30	6
2.40	5
2.50	6
2.60	8
2.70	7
2.80	8

CORRELACIÓN ENTRE DPL Y SPT

$$W_0 = N * W * H = q_{din} * A * E$$

$$q_{din} = \frac{N_{SPT} * W_{SPT} * H_{SPT}}{A_{SPT} * E_{SPT}} = \frac{N_{DPL} * W_{DPL} * H_{DPL}}{A_{DPL} * E_{DPL}}$$

$$N_{SPT} = N_{DPL} * \frac{W_{DPL} * H_{DPL}}{A_{DPL} * E_{DPL}} * \frac{A_{SPT} * E_{SPT}}{W_{SPT} * H_{SPT}}$$

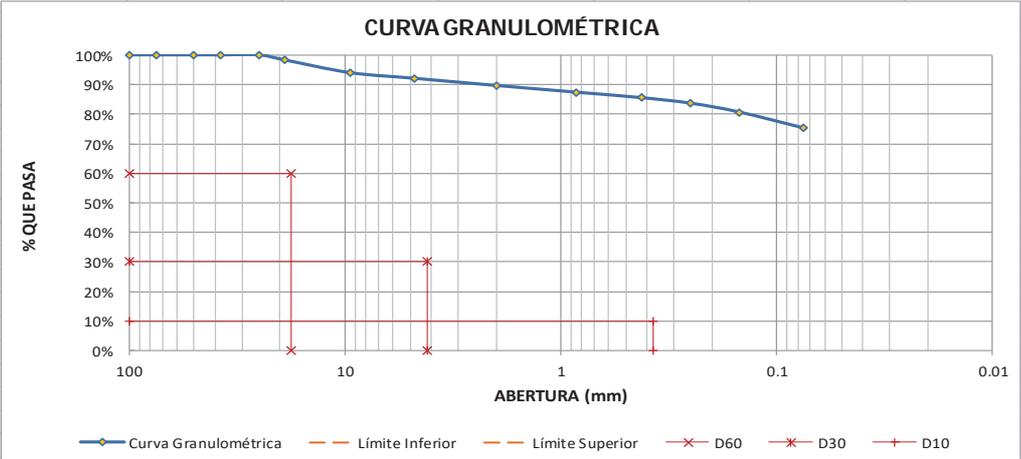
Tipo Penetrómetro	DPL	SPT
Peso de Martillo W (kg)	10.00	63.50
Altura de Caída H (cm)	50.00	76.20
Área de Punta A (cm ²)	4.82	20.27
Espesor de Hincia E (cm)	30.00	30.00

SPT	
PROFUNDIDAD (m)	NRO DE GOLPES
0.30	3.04
0.60	4.34
0.90	5.64
1.20	6.95
1.50	6.51
1.80	6.51
2.10	6.51
2.40	7.38
2.70	9.12
3.00	3.47



"ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA DEL DISTRITO DE LIVITACA – CHUMBIVILCAS - CUSCO"



UNSAAC						
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA 0						
Proyecto: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO						
Ubicación: COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA						
Solicita: Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola					Calicata: C-01	
Fecha: ABRIL del 2019					Profundidad: 1.80 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88						
Antes del lavado Peso de la Muestra Seca = 854.63 gr			Después del lavado Peso de la Muestra Seca = 212.85 gr % de Error en Peso = 0.00% Ok!			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	854.63	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	854.63	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	854.63	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	854.63	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	854.63	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	14.80	839.83	1.73%	1.73%	98.27%
⅜"	9.5	36.60	803.23	4.28%	6.01%	93.99%
Nº 4	4.75	16.55	786.68	1.94%	7.95%	92.05%
Nº 10	2	20.60	766.08	2.41%	10.36%	89.64%
Nº 20	0.850	19.45	746.63	2.28%	12.64%	87.36%
Nº 40	0.425	15.83	730.80	1.85%	14.49%	85.51%
Nº 60	0.250	16.09	714.71	1.88%	16.37%	83.63%
Nº 100	0.150	25.13	689.58	2.94%	19.31%	80.69%
Nº 200	0.075	46.30	643.28	5.42%	24.73%	75.27%
Cazuela	-	1.49	-	0.17%	24.90%	-
Lavado	-	641.78	-	75.10%	100.00%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		212.84		100.00%		
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 7.95% % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 16.78% % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 75.27% Total: 100.00%						
Fracción Gruesa % de grava = 32.15% % de arena = 67.85% Total = 100.00%						
<h3 align="center">CURVA GRANULOMÉTRICA</h3>  <p> —◆— Curva Granulométrica - - - Límite Inferior - - - Límite Superior -x- D60 -x- D30 -x- D10 </p>						
Tamaño Máximo Absoluto = 1"			Tamaño Máximo Nominal = 3/8"			
D60 = 17.72 mm D30 = 4.19 mm D10 = 0.376 mm			Cu = 47.15 Cc = 2.634			



"ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA
HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA DEL DISTRITO DE LIVITACA –
CHUMBIVILCAS - CUSCO"



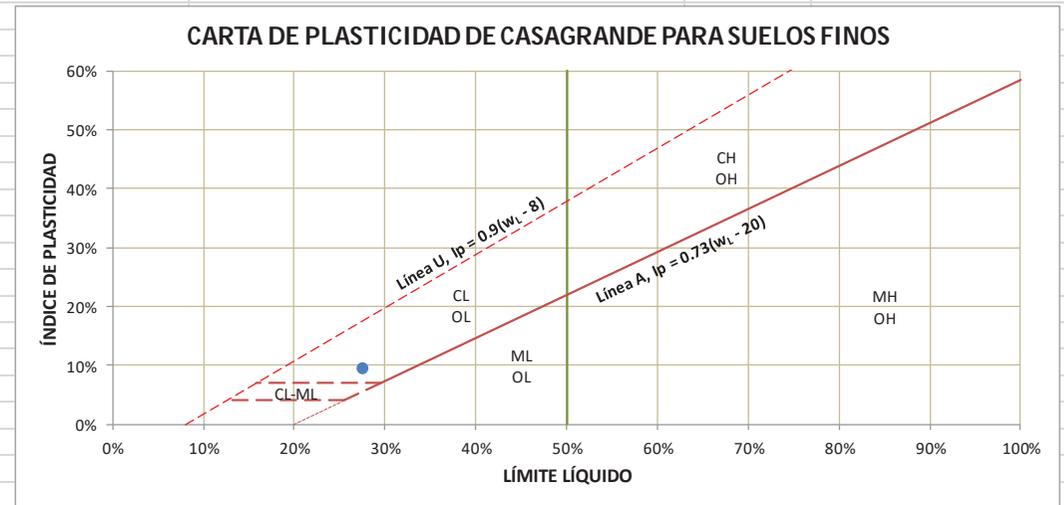
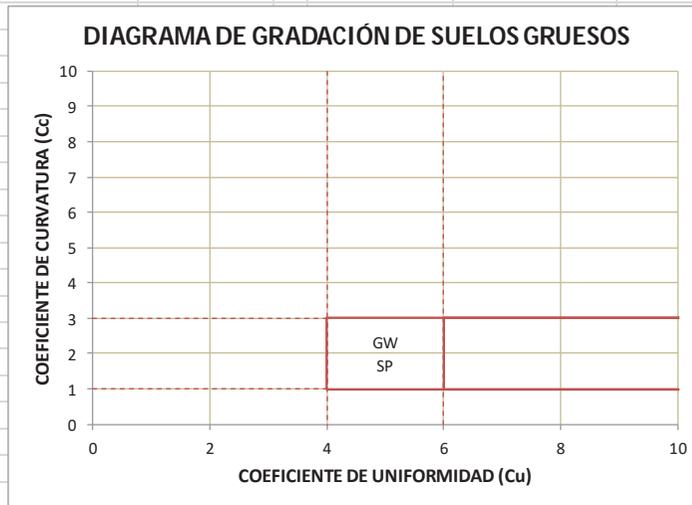
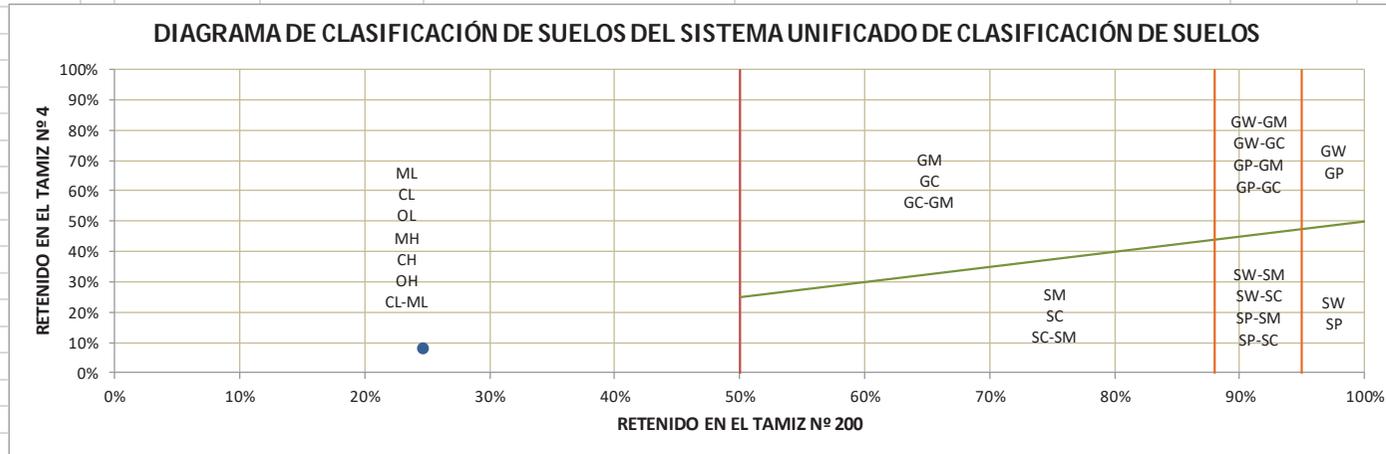
UNSAAC				
GMS <small>Geotecnia y Mecánica de Suelos</small>	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA			
	0			
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO			
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA			
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola		Calicata: C-01	
Fecha:	ABRIL del 2019		Profundidad: 1.80 m	
LÍMITE LÍQUIDO				
MTC E 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	9.36	8.32	9.49	8.13
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	27.07	30.41	30.51	27.08
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	23.40	25.66	25.92	22.90
Peso del Agua (gr)	3.67	4.75	4.59	4.18
Peso de la Muestra Seca (gr)	14.04	17.34	16.43	14.77
Contenido de Humedad	26.14%	27.39%	27.94%	28.30%
Número de Golpes	32	28	24	18
<p align="center">LÍMITE LÍQUIDO</p> <p align="right">$y = -0.034\ln(x) + 0.3848$</p> <p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD</p> <p align="center">NÚMERO DE GOLPES</p> <p align="center">◆ ENSAYOS (CUCHARA DE CASAGRANDE) —×— LÍMITE LÍQUIDO — LINEA DE REGRESIÓN LOGARÍTMICA</p>				
LÍMITE PLÁSTICO				
MTC E 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	
Peso de Capsula (gr)	15.70	19.27	18.87	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	21.14	24.90	26.94	
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	20.28	24.07	25.68	
Peso del Agua (gr)	0.86	0.83	1.26	
Peso de la Muestra Seca (gr)	4.58	4.80	6.81	
Contenido de Humedad	18.78%	17.29%	18.50%	
<p align="center">LÍMITE PLÁSTICO</p> <p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD</p> <p align="center">MUESTRAS</p>				
LÍMITE LÍQUIDO = 27.50%				
LÍMITE PLÁSTICO = 18.19%				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 9.31%				



"ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA
HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA DEL DISTRITO DE LIVITACA –
CHUMBIVILCAS - CUSCO"



UNSAAC					
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA				
Proyecto: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO					
Ubicación: COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA					
Solicitada: Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola					
Fecha: ABRIL del 2019					
Calicata: C-01					
Profundidad: 1.80 m					
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)					
ASTM D-2487					
DATOS PARA CLASIFICACIÓN		CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO		SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO
De Granulometría		GRAVAS LIMPIAS			
% de Gruesos = 24.73%		Menos del 5% pasa la malla N° 200		GW	Grava bien graduada
% de Finos = 75.27%		GRAVAS CON FINOS		GP	Grava mal graduada
Total = 100.00%		Mas del 12% pasa la malla N° 200		GM	Grava limosa
% de Grava = 7.95%		GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS		GC	Grava arcillosa
% de Arena = 16.78%		Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200		GC - GM	Grava limosa arcillosa
Total = 24.73%				GW - GM	Grava bien graduada con limo
Fracción Gruesa				GW - GC	Grava bien graduada con arcilla
% de Grava = 32.15%				GP - GM	Grava mal graduada con limo
% de Arena = 67.85%				GP - GC	Grava mal graduada con arcilla
Total = 100.00%				SW	Arena bien graduada
Coeficientes		ARENAS LIMPIAS		SP	Arena mal graduada
Cu = 47.15		Menos del 5% pasa la malla N° 200		SM	Arena limosa
Cc = 2.634		ARENAS CON FINOS		SC	Arena arcillosa
De Límites de Consistencia		Mas del 12% pasa la malla N° 200		SC - SM	Arena limosa arcillosa
LL = 27.50%		ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS		SW - SM	Arena bien graduada con limo
LP = 18.19%		Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200		SW - SC	Arena bien graduada con arcilla
IP = 9.31%				SP - SM	Arena mal graduada con limo
Otros Datos				SP - SC	Arena mal graduada con arcilla
Tipo = Inorgánico				ML	Limo de baja plasticidad
		SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS		CL	Arcilla de baja plasticidad
		El 50% o más pasa la malla N° 200		CL - ML	Arcilla limosa
		LIMOS Y ARCILLAS		OL	Limo orgánico
		Límite Líquido menor que 50		MH	Limo de alta plasticidad
		Inorgánicos		CH	Arcilla de alta plasticidad
		Orgánicos		OH	Limo orgánico
		LIMOS Y ARCILLAS			Arcilla orgánica
		Límite Líquido 50 o mayor		Pt	Turba
		Inorgánicos			
		Orgánicos			
		SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS			
		Principalmente materia orgánica de color oscuro			
CL = Arcilla ligera de baja plasticidad con arena					
El Equipo ideal de Compactación que recomienda la ASTM para este tipo de suelo es: Rodillo de neumáticos, rodillo de pata de cabra					

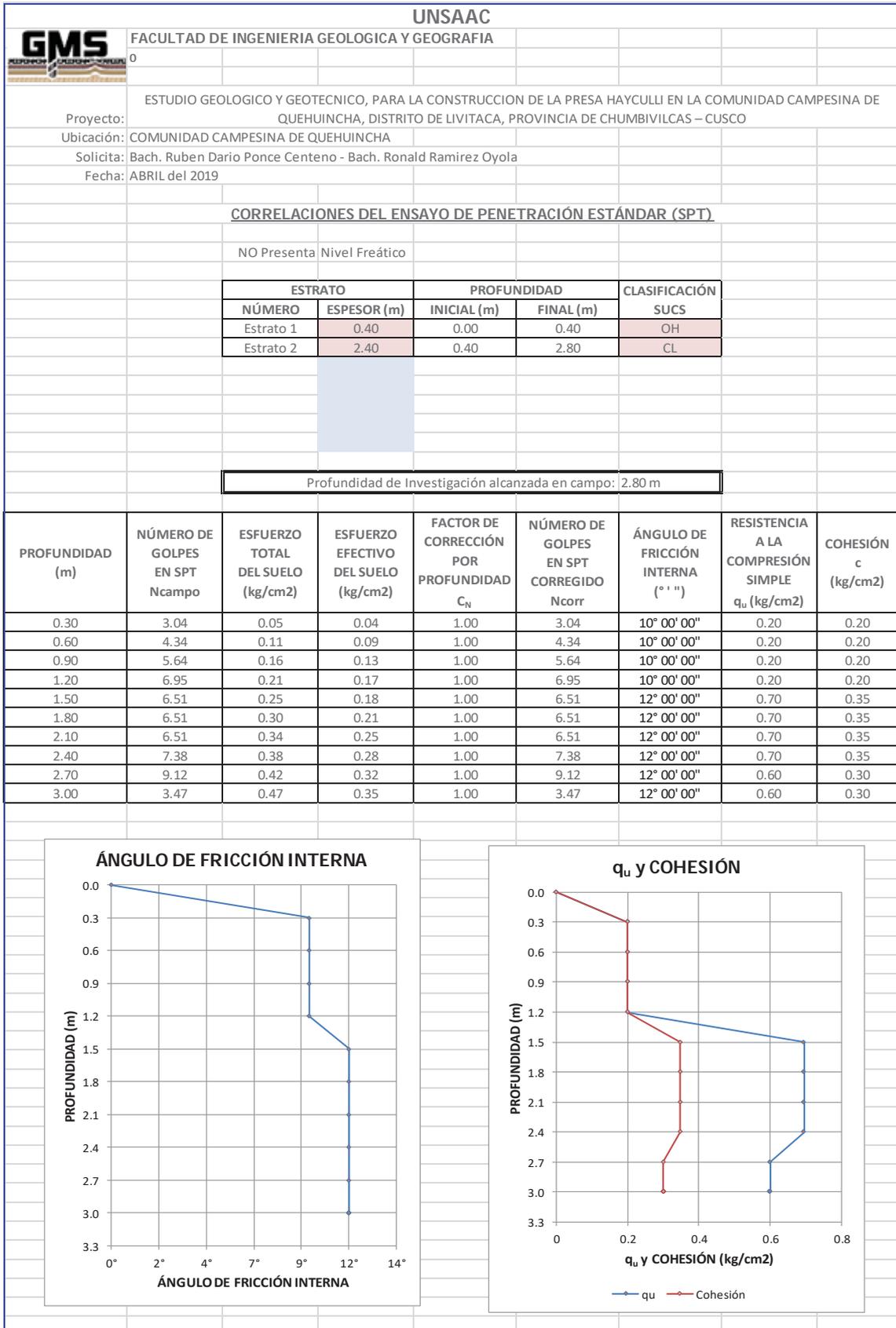




“ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA DEL DISTRITO DE LIVITACA – CHUMBIVILCAS - CUSCO”



UNSAAC	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald R. Calicata: C-01
Fecha:	ABRIL del 2019 Profundidad: 1.80 m
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	
DATOS DE LA ARENA	
Tipo de Arena utilizada: Machupicchu	
Peso Unitario de la Arena (gr/cm3) = 1.54 gr/cm3	
DATOS DEL ENSAYO	
Número de Cono	1
Peso del Frasco + Cono antes de usarlo (gr)	4388.00
Peso del Frasco + Cono después de usarlo (gr)	850.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	1666.00
Peso de la Arena Utilizada, hueco + cono (gr)	3538.00
Peso de la Arena en el Cono (gr)	1737.00
Peso de la Arena en el Hueco (gr)	1801.00
Volumen del Hueco (cm3)	1172.22
Densidad Natural Húmeda (gr/cm3)	1.42
CONTENIDO DE HUMEDAD	
Peso de Capsula (gr)	30.26
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	93.53
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	82.30
Peso del Agua (gr)	11.23
Peso de la Muestra Seca (gr)	52.04
Contenido de Humedad	21.58%
DENSIDAD NATURAL HUMEDA = 1.42 gr/cm3	
DENSIDAD NATURAL SECA = 1.17 gr/cm3	





UNSAAC								
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA						
0								
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO							
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA							
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola							
Fecha:	ABRIL del 2019							
CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN TERZAGHI								
$q_{cu} = 1.3 * c * N_c + q * N_q + 0.4 * B * \gamma * N_\gamma$							B= 1.50 m	F.S. = 3
$q = \gamma * D_f$							L= 1.50 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	0.20	1.75	0.05	8.34	2.47	1.22	2.38	0.79
0.60	0.20	1.75	0.11	8.34	2.47	1.22	2.45	0.82
0.90	0.20	1.75	0.16	8.34	2.47	1.22	2.53	0.84
1.20	0.20	1.75	0.21	8.34	2.47	1.22	2.61	0.87
1.50	0.35	1.42	0.21	9.28	2.97	1.69	4.76	1.59
1.80	0.35	1.42	0.26	9.28	2.97	1.69	4.84	1.61
2.10	0.35	1.42	0.30	9.28	2.97	1.69	4.93	1.64
2.40	0.35	1.42	0.34	9.28	2.97	1.69	5.01	1.67
2.70	0.30	1.42	0.38	9.28	2.97	1.69	4.52	1.51
3.00	0.30	1.42	0.43	9.28	2.97	1.69	4.61	1.54

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Profundidad (m)	Capacidad de Carga Admisible (kg/cm ²)
0.0	0.0
0.30	0.79
0.60	0.82
0.90	0.84
1.20	0.87
1.50	1.59
1.80	1.61
2.10	1.64
2.40	1.67
2.70	1.51
3.00	1.54



UNSAAC									
GMS		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA							
		0							
Proyecto:		ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO							
Ubicación:		COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA							
Solicita:		Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola							
Fecha:		ABRIL del 2019							
CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN MEYERHOF									
$q_{cu} = c * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + 0.5 * B * \gamma * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$									
Ángulo de Inclinación de la Carga con respecto a la Vertical:		0° 00' 00"			B= 1.50 m			F.S. = 3	
					L= 1.50 m				
D _f (m)	F _{cs}	F _{qs}	F _{γs}	F _{cd}	F _{qd}	F _{γd}	F _{ci}	F _{qi}	F _{γi}
0.30	1.30	1.18	0.60	1.08	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00
0.60	1.30	1.18	0.60	1.16	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00
0.90	1.30	1.18	0.60	1.24	1.14	1.00	1.00	1.00	1.00
1.20	1.30	1.18	0.60	1.32	1.19	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	1.32	1.21	0.60	1.40	1.27	1.00	1.00	1.00	1.00
1.80	1.32	1.21	0.60	1.35	1.23	1.00	1.00	1.00	1.00
2.10	1.32	1.21	0.60	1.38	1.25	1.00	1.00	1.00	1.00
2.40	1.32	1.21	0.60	1.40	1.27	1.00	1.00	1.00	1.00
2.70	1.32	1.21	0.60	1.43	1.28	1.00	1.00	1.00	1.00
3.00	1.32	1.21	0.60	1.44	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
D _f (m)	D _f /B	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	0.20	0.20	1.75	0.04	8.34	2.47	1.22	2.52	0.84
0.60	0.40	0.20	1.75	0.09	8.34	2.47	1.22	2.79	0.93
0.90	0.60	0.20	1.75	0.13	8.34	2.47	1.22	3.08	1.03
1.20	0.80	0.20	1.75	0.17	8.34	2.47	1.22	3.38	1.13
1.50	1.00	0.35	1.42	0.18	9.28	2.97	1.69	6.70	2.23
1.80	1.20	0.35	1.42	0.21	9.28	2.97	1.69	6.59	2.20
2.10	1.40	0.35	1.42	0.25	9.28	2.97	1.69	6.85	2.28
2.40	1.60	0.35	1.42	0.28	9.28	2.97	1.69	7.10	2.37
2.70	1.80	0.30	1.42	0.32	9.28	2.97	1.69	6.50	2.17
3.00	2.00	0.30	1.42	0.35	9.28	2.97	1.69	6.70	2.23

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

PROFUNDIDAD (m)

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (kg/cm²)



UNSAAC										
GMS		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA								
0										
ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO										
Proyecto:										
Ubicación: COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA										
Solicita: Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola										
Fecha: ABRIL del 2019										
CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN VESIC										
$q_{cu} = c * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} * F_{cc} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} * F_{qc} + 0.5 * B * \gamma * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i} * F_{\gamma c}$										
Ángulo de Inclinación de la Carga con respecto a la Vertical: 0° 00' 00" B= 1.50 m L= 1.50 m F.S. = 3										
D _f (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	1.30	1.18	0.60	1.08	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.60	1.30	1.18	0.60	1.16	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.90	1.30	1.18	0.60	1.24	1.14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.20	1.30	1.18	0.60	1.32	1.19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	1.32	1.21	0.60	1.40	1.27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.80	1.32	1.21	0.60	1.35	1.23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.10	1.32	1.21	0.60	1.38	1.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.40	1.32	1.21	0.60	1.40	1.27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.70	1.32	1.21	0.60	1.43	1.28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.00	1.32	1.21	0.60	1.44	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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	0.20	1.75	0.04	8.34	2.47	1.22	2.52	0.84
0.60	0.20	1.75	0.09	8.34	2.47	1.22	2.79	0.93
0.90	0.20	1.75	0.13	8.34	2.47	1.22	3.08	1.03
1.20	0.20	1.75	0.17	8.34	2.47	1.22	3.38	1.13
1.50	0.35	1.42	0.18	9.28	2.97	1.69	6.70	2.23
1.80	0.35	1.42	0.21	9.28	2.97	1.69	6.59	2.20
2.10	0.35	1.42	0.25	9.28	2.97	1.69	6.85	2.28
2.40	0.35	1.42	0.28	9.28	2.97	1.69	7.10	2.37
2.70	0.30	1.42	0.32	9.28	2.97	1.69	6.50	2.17
3.00	0.30	1.42	0.35	9.28	2.97	1.69	6.70	2.23

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Profundidad (m)	Capacidad de Carga Admisible (kg/cm ²)
0.30	0.84
0.60	0.93
0.90	1.03
1.20	1.13
1.50	2.23
1.80	2.20
2.10	2.28
2.40	2.37
2.70	2.17
3.00	2.23



UNSAAC								
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA						
ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO								
Proyecto:								
Ubicación: COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA								
Solicita: Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola								
Fecha: ABRIL del 2019								
ASENTAMIENTO INMEDIATO								
ASENTAMIENTO EN EL CENTRO DE LA ZAPATA						B= 1.50 m		
						L= 1.50 m		
$S = 2 * q_a * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$								
						D _f = 2.00 m		
ASENTAMIENTO EN LAS ESQUINAS DE LA ZAPATA								
$S = q_a * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$								
						El valor mas crítico es el Asentamiento en el Centro		
D _f (m)	q _a (kg/cm ²)				μ	E (kg/cm ²)	N	
	Skempton	Terzaghi	Meyerhof	Vesic				
0.30	-	0.79	0.84	0.84	0.33	50.00	0.56	
0.60	-	0.82	0.93	0.93	0.33	50.00	0.56	
0.90	-	0.84	1.03	1.03	0.33	50.00	0.56	
1.20	-	0.87	1.13	1.13	0.33	50.00	0.56	
1.50	-	1.59	2.23	2.23	0.33	60.00	0.56	
1.80	-	1.61	2.20	2.20	0.33	62.00	0.56	
2.10	-	1.64	2.28	2.28	0.33	62.00	0.56	
2.40	-	1.67	2.37	2.37	0.33	65.00	0.56	
2.70	-	1.51	2.17	2.17	0.33	68.00	0.56	
3.00	-	1.54	2.23	2.23	0.33	68.00	0.56	
D _f (m)	ASENTAMIENTOS EN EL CENTRO DE LA ZAPATA (cm)							
	Skempton		Terzaghi		Meyerhof		Vesic	
	Calculado	Corregido	Calculado	Corregido	Calculado	Corregido	Calculado	Corregido
0.30	-	-	2.38	2.38	2.53	2.50	2.53	2.50
0.60	-	-	2.46	2.46	2.80	2.50	2.80	2.50
0.90	-	-	2.53	2.50	3.09	2.50	3.09	2.50
1.20	-	-	2.61	2.50	3.38	2.50	3.38	2.50
1.50	-	-	3.97	2.50	5.59	2.50	5.59	2.50
1.80	-	-	3.91	2.50	5.32	2.50	5.32	2.50
2.10	-	-	3.98	2.50	5.54	2.50	5.54	2.50
2.40	-	-	3.86	2.50	5.47	2.50	5.47	2.50
2.70	-	-	3.33	2.50	4.78	2.50	4.78	2.50
3.00	-	-	3.39	2.50	4.94	2.50	4.94	2.50
S _{max} (cm)	ASENTAMIENTOS MÁXIMOS CALCULADOS							
	Skempton	Terzaghi	Meyerhof	Vesic				
	-	3.98	5.59	5.59				
$S_{max} = 5.59 \text{ cm} \leq 2.50 \text{ cm} \text{ MAL}$								
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				
	-	2.50	2.50	2.50				
$S_{max} = 2.50 \text{ cm} \leq 2.50 \text{ cm Ok!}$								



UNSAAC								
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA						
Proyecto:		ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO						
Ubicación:		COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA						
Solicita:		Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola						
Fecha:		ABRIL del 2019						
<u>CORRECCIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO</u>								
CAPACIDAD ADMISIBLE PARA ASENTAMIENTO = 2.54 cm						B= 1.50 m		
						L= 1.50 m		
						D _f = 2.00 m		
$q_a = \frac{S * E}{2 * B * (1 - \mu^2) * N}$								
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	-	0.79	0.84	0.84	-	0.79	0.83	0.83
0.60	-	0.82	0.93	0.93	-	0.82	0.83	0.83
0.90	-	0.84	1.03	1.03	-	0.83	0.83	0.83
1.20	-	0.87	1.13	1.13	-	0.83	0.83	0.83
1.50	-	1.59	2.23	2.23	-	1.00	1.00	1.00
1.80	-	1.61	2.20	2.20	-	1.03	1.03	1.03
2.10	-	1.64	2.28	2.28	-	1.03	1.03	1.03
2.40	-	1.67	2.37	2.37	-	1.08	1.08	1.08
2.70	-	1.51	2.17	2.17	-	1.13	1.13	1.13
3.00		1.54	2.23	2.23	-	1.13	1.13	1.13



CALICATA C-02



"ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA
HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA DEL DISTRITO DE LIVITACA –
CHUMBIVILCAS - CUSCO"



UNSAAC						
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA					
	0					
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO					
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA					
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola				Calicata:	C-02
Fecha:	ABRIL del 2019				Profundidad:	1.80 m
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88						
Antes del lavado			Después del lavado			
Peso de la Muestra Seca = 850.20 gr			Peso de la Muestra Seca = 210.20 gr			
			% de Error en Peso = -0.47% Ok!			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	850.20	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	850.20	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	850.20	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	850.20	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	850.20	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	14.95	835.25	1.76%	1.76%	98.24%
3/8"	9.5	36.50	798.75	4.29%	6.05%	93.95%
Nº 4	4.75	16.52	782.23	1.94%	7.99%	92.01%
Nº 10	2	20.14	762.09	2.37%	10.36%	89.64%
Nº 20	0.850	19.32	742.77	2.27%	12.64%	87.36%
Nº 40	0.425	15.72	727.05	1.85%	14.48%	85.52%
Nº 60	0.250	16.01	711.04	1.88%	16.37%	83.63%
Nº 100	0.150	25.02	686.02	2.94%	19.31%	80.69%
Nº 200	0.075	46.00	640.02	5.41%	24.72%	75.28%
Cazuela	-	1.00	-	0.12%	24.84%	-
Lavado	-	640.00	-	75.16%	100.00%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		211.18		100.00%		
				% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 7.99%		
				% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 16.73%		
				% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 75.28%		
				Total: 100.00%		
				Fracción Gruesa		
				% de grava = 32.34%		
				% de arena = 67.66%		
				Total = 100.00%		

CURVA GRANULOMÉTRICA

Legend: —●— Curva Granulométrica — Límite Inferior — Límite Superior —x— D60 —x— D30 —x— D10

Tamaño Máximo Absoluto = 1"	Tamaño Máximo Nominal = 3/8"
D60 = 17.72 mm	Cu = 47.15
D30 = 4.19 mm	Cc = 2.634
D10 = 0.376 mm	



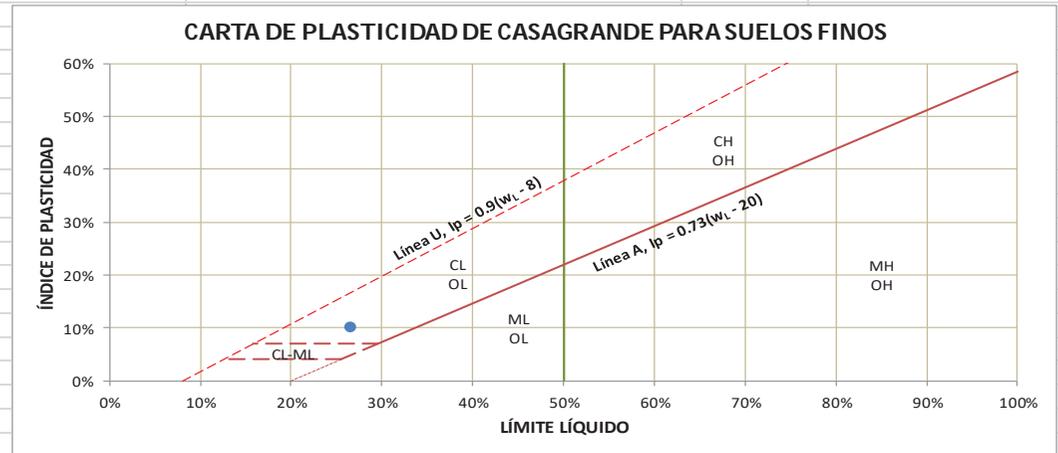
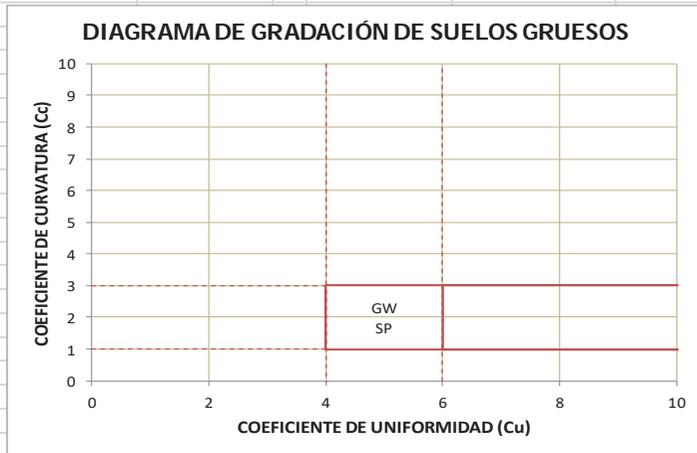
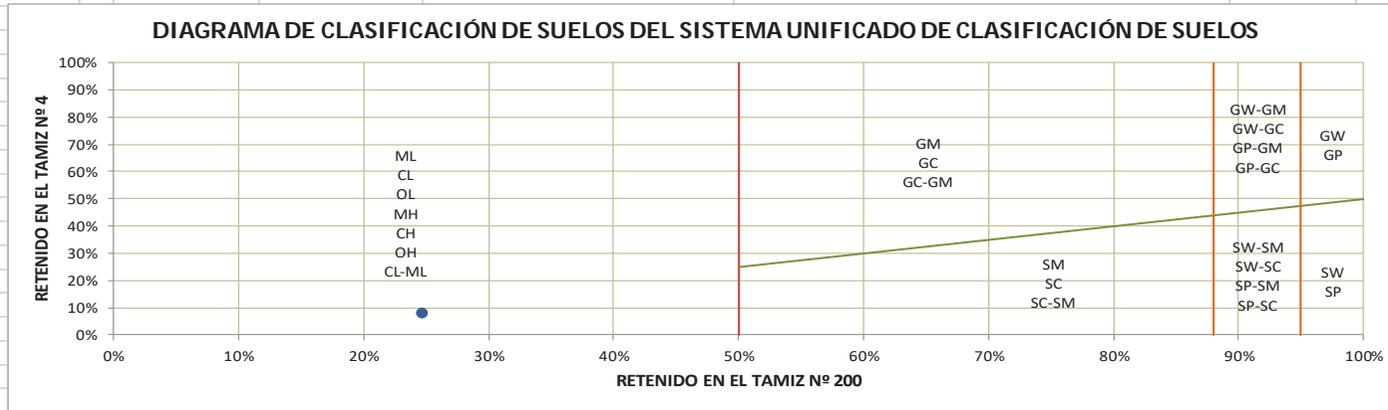
UNSAAC				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA				
0				
GMS <small>PROYECTOS DE INGENIERIA</small>				
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO			
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA			
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola		Calicata: C-02	
Fecha:	ABRIL del 2019		Profundidad: 1.80 m	
LÍMITE LÍQUIDO				
MTC E 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	7.76	11.55	7.94	8.36
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	23.51	21.88	25.17	25.33
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	20.41	19.78	21.45	21.57
Peso del Agua (gr)	3.10	2.10	3.72	3.76
Peso de la Muestra Seca (gr)	12.65	8.23	13.51	13.21
Contenido de Humedad	24.51%	25.52%	27.54%	28.46%
Número de Golpes	32	28	24	18
LÍMITE PLÁSTICO				
MTC E 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	
Peso de Capsula (gr)	9.86	8.70	8.82	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	11.48	13.26	11.42	
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	11.25	12.61	11.05	
Peso del Agua (gr)	0.23	0.65	0.37	
Peso de la Muestra Seca (gr)	1.39	3.91	2.23	
Contenido de Humedad	16.55%	16.62%	16.59%	
LÍMITE LÍQUIDO = 26.61% LÍMITE PLÁSTICO = 16.59% ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 10.02%				



"ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA
HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA DEL DISTRITO DE LIVITACA –
CHUMBIVILCAS - CUSCO"

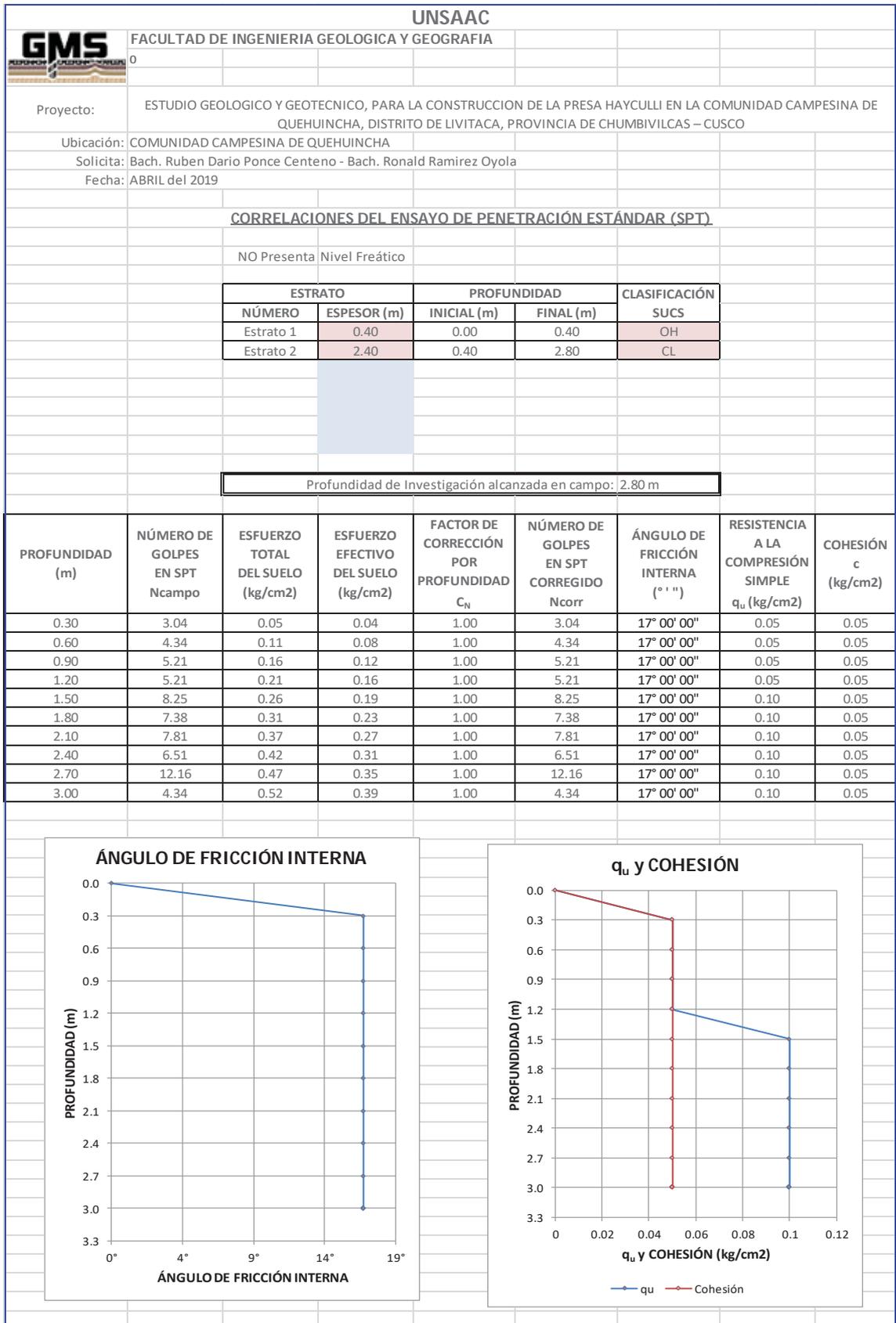


UNSAAC						
GMS		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA				
Proyecto: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO						
Ubicación: COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA						
Solicita: Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola				Calicata: C-02		
Fecha: ABRIL del 2019				Profundidad: 1.80 m		
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)						
ASTM D-2487						
DATOS PARA CLASIFICACIÓN		CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO		SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
De Granulometría		GRAVAS LIMPIAS		$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
% de Gruesos = 24.72%		Menos del 5% pasa la malla N° 200		$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
% de Finos = 75.28%		GRAVAS CON FINOS		IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
Total = 100.00%		Mas del 12% pasa la malla N° 200		IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
% de Grava = 7.99%		GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC - GM	Grava limosa arcillosa
% de Arena = 16.73%		Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200		Cumple los criterios para GW y GM	GW - GM	Grava bien graduada con limo
Total = 24.72%		ARENAS LIMPIAS		Cumple los criterios para GP y GM	GP - GM	Grava mal graduada con limo
Fracción Gruesa		Menos del 5% pasa la malla N° 200		Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP - GC	Grava mal graduada con arcilla
% de Grava = 32.34%		ARENAS CON FINOS		$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
% de Arena = 67.66%		Mas del 12% pasa la malla N° 200		$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
Total = 100.00%		ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS		IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
Coeficientes		Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200		IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
Cu = 47.15		ARENAS ALTAMENTE ORGÁNICOS		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC - SM	Arena limosa arcillosa
Cc = 2.634		Principalmente materia orgánica de color oscuro		Cumple los criterios para SW y SM	SW - SM	Arena bien graduada con limo
De Límites de Consistencia		SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS		Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW - SC	Arena bien graduada con arcilla
LL = 26.61%		El 50% o más pasa la malla N° 200		Cumple los criterios para SP y SM	SP - SM	Arena mal graduada con limo
LP = 16.59%		LIMOS Y ARCILLAS		Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP - SC	Arena mal graduada con arcilla
IP = 10.02%		Límite Líquido menor que 50		IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML	Limo de baja plasticidad
Otros Datos		Límite Líquido 50 o mayor		IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL	Arcilla de baja plasticidad
Tipo = Inorgánico		Inorgánicos		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL - ML	Arcilla limosa
		Orgánicos		<i>Límite Líquido secado al horno</i> <i>Límite Líquido no secado</i> < 0.75	OL	Limo orgánico
		Inorgánicos		Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		Orgánicos		Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
		Limo orgánico		<i>Límite Líquido secado al horno</i> <i>Límite Líquido no secado</i> < 0.75	OH	Arcilla orgánica
		Arcilla orgánica			Pt	Turba
CL = Arcilla ligera de baja plasticidad con arena						





UNSAAC	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA
	0
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald R
Fecha:	ABRIL del 2019
	Calicata: C-02
	Profundidad: 1.80 m
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	
DATOS DE LA ARENA	
Tipo de Arena utilizada: Machupicchu	
Peso Unitario de la Arena (gr/cm3) = 1.54 gr/cm3	
DATOS DEL ENSAYO	
Número de Cono	1
Peso del Frasco + Cono antes de usarlo (gr)	5622.00
Peso del Frasco + Cono después de usarlo (gr)	2332.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	1755.00
Peso de la Arena Utilizada, hueco + cono (gr)	3290.00
Peso de la Arena en el Cono (gr)	1737.00
Peso de la Arena en el Hueco (gr)	1553.00
Volumen del Hueco (cm3)	1010.80
Densidad Natural Húmeda (gr/cm3)	1.74
CONTENIDO DE HUMEDAD	
Peso de Capsula (gr)	16.53
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	114.43
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	89.59
Peso del Agua (gr)	24.84
Peso de la Muestra Seca (gr)	73.06
Contenido de Humedad	34.00%
DENSIDAD NATURAL HUMEDA = 1.74 gr/cm3	
DENSIDAD NATURAL SECA = 1.30 gr/cm3	





UNSAAC								
GMS		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA						
0								
Proyecto:		ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO						
Ubicación:		COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA						
Solicita:		Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola						
Fecha:		ABRIL del 2019						
CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN TERZAGHI								
$q_{cu} = 1.3 * c * N_c + q * N_q + 0.4 * B * \gamma * N_\gamma$					B= 1.50 m		F.S. = 3	
$q = \gamma * D_f$					L= 1.50 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	0.05	1.75	0.05	12.34	4.77	3.53	1.37	0.46
0.60	0.05	1.75	0.11	12.34	4.77	3.53	1.57	0.52
0.90	0.05	1.75	0.16	12.34	4.77	3.53	1.77	0.59
1.20	0.05	1.75	0.21	12.34	4.77	3.53	1.96	0.65
1.50	0.05	1.74	0.26	12.34	4.77	3.53	2.15	0.72
1.80	0.05	1.74	0.31	12.34	4.77	3.53	2.35	0.78
2.10	0.05	1.74	0.36	12.34	4.77	3.53	2.55	0.85
2.40	0.05	1.74	0.42	12.34	4.77	3.53	2.74	0.91
2.70	0.05	1.74	0.47	12.34	4.77	3.53	2.94	0.98
3.00	0.05	1.74	0.52	12.34	4.77	3.53	3.13	1.04

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Profundidad (m)	Capacidad de Carga Admisible (kg/cm ²)
0.46	0.00
0.52	0.05
0.59	0.11
0.65	0.16
0.72	0.21
0.78	0.26
0.85	0.31
0.91	0.36
0.98	0.42
1.04	0.47



UNSAAC									
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA							
Proyecto:		ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO							
Ubicación:		COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA							
Solicita:		Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola							
Fecha:		ABRIL del 2019							
CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN MEYERHOF									
$q_{cu} = c * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + 0.5 * B * \gamma * N_y * F_{ys} * F_{yd} * F_{yi}$									
Ángulo de Inclinación de la Carga con respecto a la Vertical:		0° 00' 00"			B= 1.50 m		F.S. = 3		
						L= 1.50 m			
D _r (m)	F _{cs}	F _{qs}	F _{ys}	F _{cd}	F _{qd}	F _{yd}	F _{ci}	F _{qi}	F _{yi}
0.30	1.39	1.31	0.60	1.08	1.06	1.00	1.00	1.00	1.00
0.60	1.39	1.31	0.60	1.16	1.12	1.00	1.00	1.00	1.00
0.90	1.39	1.31	0.60	1.24	1.18	1.00	1.00	1.00	1.00
1.20	1.39	1.31	0.60	1.32	1.24	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	1.39	1.31	0.60	1.40	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00
1.80	1.39	1.31	0.60	1.35	1.27	1.00	1.00	1.00	1.00
2.10	1.39	1.31	0.60	1.38	1.29	1.00	1.00	1.00	1.00
2.40	1.39	1.31	0.60	1.40	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00
2.70	1.39	1.31	0.60	1.43	1.33	1.00	1.00	1.00	1.00
3.00	1.39	1.31	0.60	1.44	1.34	1.00	1.00	1.00	1.00
D _r (m)	D _r /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	0.20	0.05	1.75	0.04	12.34	4.77	3.53	1.42	0.47
0.60	0.40	0.05	1.75	0.08	12.34	4.77	3.53	1.74	0.58
0.90	0.60	0.05	1.75	0.12	12.34	4.77	3.53	2.09	0.70
1.20	0.80	0.05	1.75	0.16	12.34	4.77	3.53	2.47	0.82
1.50	1.00	0.05	1.74	0.19	12.34	4.77	3.53	2.86	0.95
1.80	1.20	0.05	1.74	0.23	12.34	4.77	3.53	3.04	1.01
2.10	1.40	0.05	1.74	0.27	12.34	4.77	3.53	3.37	1.12
2.40	1.60	0.05	1.74	0.31	12.34	4.77	3.53	3.70	1.23
2.70	1.80	0.05	1.74	0.35	12.34	4.77	3.53	4.04	1.35
3.00	2.00	0.05	1.74	0.39	12.34	4.77	3.53	4.36	1.45

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE



UNSAAC										
GMS		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA								
Proyecto:		ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO								
Ubicación:		COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA								
Solicita:		Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola								
Fecha:		ABRIL del 2019								
CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN VESIC										
$q_{cu} = c * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} * F_{cc} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} * F_{qc} + 0.5 * B * \gamma * N_{\gamma} * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i} * F_{\gamma c}$										
Ángulo de Inclinación de la Carga con respecto a la Vertical:		0° 00' 00"			B= 1.50 m			F.S. = 3		
					L= 1.50 m					
D _f (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	1.39	1.31	0.60	1.08	1.06	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.60	1.39	1.31	0.60	1.16	1.12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.90	1.39	1.31	0.60	1.24	1.18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.20	1.39	1.31	0.60	1.32	1.24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	1.39	1.31	0.60	1.40	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.80	1.39	1.31	0.60	1.35	1.27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.10	1.39	1.31	0.60	1.38	1.29	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.40	1.39	1.31	0.60	1.40	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.70	1.39	1.31	0.60	1.43	1.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.00	1.39	1.31	0.60	1.44	1.34	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
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	0.05	1.75	0.04	12.34	4.77	3.53	1.42	0.47		
0.60	0.05	1.75	0.08	12.34	4.77	3.53	1.74	0.58		
0.90	0.05	1.75	0.12	12.34	4.77	3.53	2.09	0.70		
1.20	0.05	1.75	0.16	12.34	4.77	3.53	2.47	0.82		
1.50	0.05	1.74	0.19	12.34	4.77	3.53	2.86	0.95		
1.80	0.05	1.74	0.23	12.34	4.77	3.53	3.04	1.01		
2.10	0.05	1.74	0.27	12.34	4.77	3.53	3.37	1.12		
2.40	0.05	1.74	0.31	12.34	4.77	3.53	3.70	1.23		
2.70	0.05	1.74	0.35	12.34	4.77	3.53	4.04	1.35		
3.00	0.05	1.74	0.39	12.34	4.77	3.53	4.36	1.45		

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Profundidad (m)	Capacidad de Carga Admisible (kg/cm ²)
0.0	0.0
0.3	0.47
0.6	0.58
0.9	0.70
1.2	0.82
1.5	0.95
1.8	1.01
2.1	1.12
2.4	1.23
2.7	1.35
3.0	1.45



UNSAAC								
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA						
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO							
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA							
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola							
Fecha:	ABRIL del 2019							
ASENTAMIENTO INMEDIATO								
ASENTAMIENTO EN EL CENTRO DE LA ZAPATA						B= 1.50 m		
						L= 1.50 m		
$S = 2 * q_a * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$								
						D _f = 2.00 m		
ASENTAMIENTO EN LAS ESQUINAS DE LA ZAPATA						El valor mas crítico es el Asentamiento en el Centro		
$S = q_a * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$								
D _f (m)	q _a (kg/cm ²)				μ	E (kg/cm ²)	N	
	Skempton	Terzaghi	Meyerhof	Vesic				
0.30	-	0.46	0.47	0.47	0.33	40.00	0.56	
0.60	-	0.52	0.58	0.58	0.33	45.00	0.56	
0.90	-	0.59	0.70	0.70	0.33	55.00	0.56	
1.20	-	0.65	0.82	0.82	0.33	55.00	0.56	
1.50	-	0.72	0.95	0.95	0.33	63.00	0.56	
1.80	-	0.78	1.01	1.01	0.33	63.00	0.56	
2.10	-	0.85	1.12	1.12	0.33	63.00	0.56	
2.40	-	0.91	1.23	1.23	0.33	67.00	0.56	
2.70	-	0.98	1.35	1.35	0.33	67.00	0.56	
3.00	-	1.04	1.45	1.45	0.33	67.00	0.56	
D _f (m)	ASENTAMIENTOS EN EL CENTRO DE LA ZAPATA (cm)							
	Skempton		Terzaghi		Meyerhof		Vesic	
	Calculado	Corregido	Calculado	Corregido	Calculado	Corregido	Calculado	Corregido
0.30	-	-	1.72	1.72	1.78	1.78	1.78	1.78
0.60	-	-	1.75	1.75	1.94	1.94	1.94	1.94
0.90	-	-	1.61	1.61	1.90	1.90	1.90	1.90
1.20	-	-	1.79	1.79	2.25	2.25	2.25	2.25
1.50	-	-	1.71	1.71	2.27	2.27	2.27	2.27
1.80	-	-	1.87	1.87	2.42	2.42	2.42	2.42
2.10	-	-	2.02	2.02	2.68	2.50	2.68	2.50
2.40	-	-	2.05	2.05	2.77	2.50	2.77	2.50
2.70	-	-	2.20	2.20	3.02	2.50	3.02	2.50
3.00	-	-	2.34	2.34	3.26	2.50	3.26	2.50
S _{max} (cm)	ASENTAMIENTOS MÁXIMOS CALCULADOS							
	Skempton		Terzaghi		Meyerhof		Vesic	
	-		2.34		3.26		3.26	
$S_{max} = 3.26 \text{ cm} \leq 2.50 \text{ cm}$ MAL								
Los asentamientos superan los límites permisibles, por lo que se debe realizar correcciones en la Capacidad de Carga Admisible, Reduciendo el Asentamiento								
S _{max} (cm)	ASENTAMIENTOS MÁXIMOS CORREGIDOS							
	Skempton		Terzaghi		Meyerhof		Vesic	
	-		2.34		2.50		2.50	
$S_{max} = 2.50 \text{ cm} \leq 2.50 \text{ cm}$ Ok!								



UNSAAC								
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA						
Proyecto:		ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO						
Ubicación:		COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA						
Solicita:		Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola						
Fecha:		ABRIL del 2019						
<u>CORRECCIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO</u>								
CAPACIDAD ADMISIBLE PARA ASENTAMIENTO = 2.54 cm						B= 1.50 m		
$q_a = \frac{S * E}{2 * B * (1 - \mu^2) * N}$						L= 1.50 m		
						D _f = 2.00 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	-	0.46	0.47	0.47	-	0.46	0.47	0.47
0.60	-	0.52	0.58	0.58	-	0.52	0.58	0.58
0.90	-	0.59	0.70	0.70	-	0.59	0.70	0.70
1.20	-	0.65	0.82	0.82	-	0.65	0.82	0.82
1.50	-	0.72	0.95	0.95	-	0.72	0.95	0.95
1.80	-	0.78	1.01	1.01	-	0.78	1.01	1.01
2.10	-	0.85	1.12	1.12	-	0.85	1.05	1.05
2.40	-	0.91	1.23	1.23	-	0.91	1.11	1.11
2.70	-	0.98	1.35	1.35	-	0.98	1.11	1.11
3.00	-	1.04	1.45	1.45	-	1.04	1.11	1.11



UNSAAC						
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA					
	0					
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO					
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA					
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola					
Fecha:	ABRIL del 2019					
RESUMEN DE RESULTADOS						
	B=	1.50 m	L=	1.50 m	F.S. =	3
		q_a (kg/cm²)				q_a Mínima (kg/cm²)
		Skempton	Terzaghi	Meyerhof	Vesic	
D_f (m)	0.30	-	0.46	0.47	0.47	0.46
	0.60	-	0.52	0.58	0.58	0.52
	0.90	-	0.59	0.70	0.70	0.59
	1.20	-	0.65	0.82	0.82	0.65
	1.50	-	0.72	0.95	0.95	0.72
	1.80	-	0.78	1.01	1.01	0.78
	2.10	-	0.85	1.05	1.05	0.85
	2.40	-	0.91	1.11	1.11	0.91
	2.70	-	0.98	1.11	1.11	0.98
	3.00	-	1.04	1.11	1.11	1.04



CALICATA C-03



"ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA
HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA DEL DISTRITO DE LIVITACA –
CHUMBIVILCAS - CUSCO"



UNSAAC						
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA						
Proyecto: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO						
Ubicación: COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA						
Solicita: Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola					Calicata: C-03	
Fecha: ABRIL del 2019					Profundidad: 1.80 m	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88						
Antes del lavado Peso de la Muestra Seca = 855.23 gr			Después del lavado Peso de la Muestra Seca = 215.32 gr			
			% de Error en Peso = 0.91% Ok!			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	855.23	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	855.23	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	855.23	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	855.23	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	855.23	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	13.85	841.38	1.62%	1.62%	98.38%
¾"	9.5	35.60	805.78	4.16%	5.78%	94.22%
Nº 4	4.75	16.23	789.55	1.90%	7.68%	92.32%
Nº 10	2	20.87	768.68	2.44%	10.12%	89.88%
Nº 20	0.850	19.56	749.12	2.29%	12.41%	87.59%
Nº 40	0.425	16.01	733.11	1.87%	14.28%	85.72%
Nº 60	0.250	16.59	716.52	1.94%	16.22%	83.78%
Nº 100	0.150	26.33	690.19	3.08%	19.30%	80.70%
Nº 200	0.075	47.00	643.19	5.50%	24.79%	75.21%
Cazuela	-	1.32	-	0.15%	24.95%	-
Lavado	-	639.91	-	75.05%	100.00%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		213.36		100.00%		
				% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 7.68% % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 17.11% % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 75.21% Total: 100.00%		
				Fracción Gruesa % de grava = 30.98% % de arena = 69.02% Total = 100.00%		

CURVA GRANULOMÉTRICA

—●— Curva Granulométrica
 — Límite Inferior
 — Límite Superior
 —x— D60
 —*— D30
 —+— D10

Tamaño Máximo Absoluto = 1"	Tamaño Máximo Nominal = ¾"
D60 = 17.72 mm D30 = 4.19 mm D10 = 0.376 mm	Cu = 47.15 Cc = 2.634



UNSAAC				
GMS				
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA				
0				
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO			
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA			
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola		Calicata: C-03	
Fecha:	ABRIL del 2019		Profundidad: 1.80 m	
LÍMITE LÍQUIDO				
MTC E 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	10.26	10.33	10.06	8.79
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	20.69	21.19	24.76	24.54
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	18.62	18.96	21.56	21.02
Peso del Agua (gr)	2.07	2.23	3.20	3.52
Peso de la Muestra Seca (gr)	8.36	8.63	11.50	12.23
Contenido de Humedad	24.76%	25.84%	27.83%	28.78%
Número de Golpes	32	28	24	18
LÍMITE PLÁSTICO				
MTC E 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	
Peso de Capsula (gr)	9.19	9.16	8.43	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	11.40	11.54	11.60	
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	11.08	11.20	11.14	
Peso del Agua (gr)	0.32	0.34	0.46	
Peso de la Muestra Seca (gr)	1.89	2.04	2.71	
Contenido de Humedad	16.93%	16.67%	16.97%	16.86%
LÍMITE LÍQUIDO = 26.91%				
LÍMITE PLÁSTICO = 16.86%				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 10.05%				



"ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA
HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA DEL DISTRITO DE LIVITACA –
CHUMBIVILCAS - CUSCO"



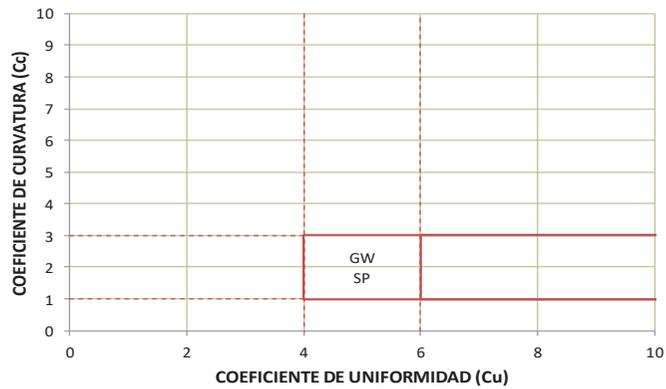
UNSAAC						
GMS	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA					
Proyecto: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO						
Ubicación: COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA						
Solicita: Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola				Calicata: C-03		
Fecha: ABRIL del 2019				Profundidad: 1.80 m		
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)						
ASTM D-2487						
DATOS PARA CLASIFICACIÓN	CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO					
De Granulometría	SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
% de Gruesos = 24.79%			GRAVAS CON FINOS	$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
% de Finos = 75.21%			GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
Total = 100.00%				IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
% de Grava = 7.68%				Cumple los criterios para GW y GM	GC - GM	Grava limosa arcillosa
% de Arena = 17.11%				Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW - GM	Grava bien graduada con limo
Total = 24.79%		ARENAS El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	ARENAS LIMPIAS	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
% de Grava = 30.98%			ARENAS CON FINOS	$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
% de Arena = 69.02%			Mas del 12% pasa la malla N° 200	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
Total = 100.00%			ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
Coefficientes	4 ≤ IP ≤ 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad			SC - SM	Arena limosa arcillosa	
Cu = 47.15	Cumple los criterios para SW y SM			SW - SM	Arena bien graduada con limo	
Cc = 2.634	Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW - SC		Arena bien graduada con arcilla		
De Límites de Consistencia	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor que 50	Cumple los criterios para SP y GM	GP - GM	Grava mal graduada con limo	
LL = 26.91%			Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP - GC	Grava mal graduada con arcilla	
LP = 16.86%			Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP - SC	Arena mal graduada con arcilla	
IP = 10.05%			IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML	Limo de baja plasticidad	
Otros Datos		LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido 50 o mayor	IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL	Arcilla de baja plasticidad	
Tipo = Inorgánico			4 ≤ IP ≤ 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL - ML	Arcilla limosa	
			Orgánicos	$\frac{\text{Límite Líquido seco al horno}}{\text{Límite Líquido no secado}} < 0.75$	OL	Limo orgánico
			Inorgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
			Orgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
			Inorgánicos	$\frac{\text{Límite Líquido seco al horno}}{\text{Límite Líquido no secado}} < 0.75$	OH	Limo orgánico
	Orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro	Pt	Turba		
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS					
CL = Arcilla ligera de baja plasticidad con arena						



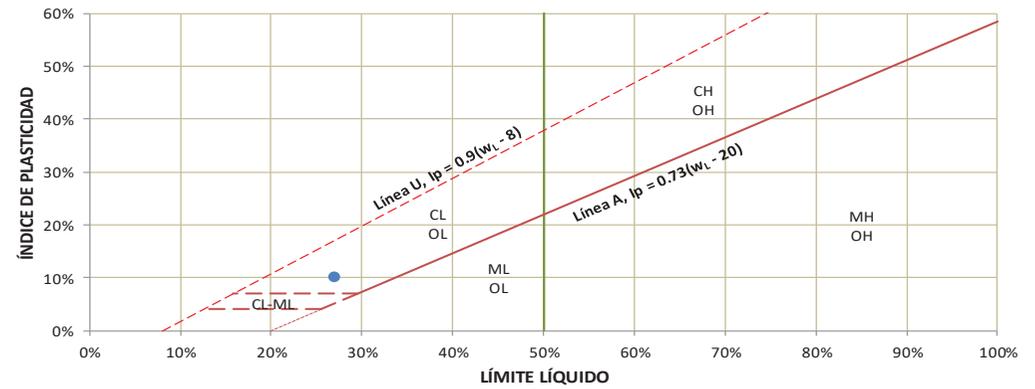
DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS



DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GRUESOS

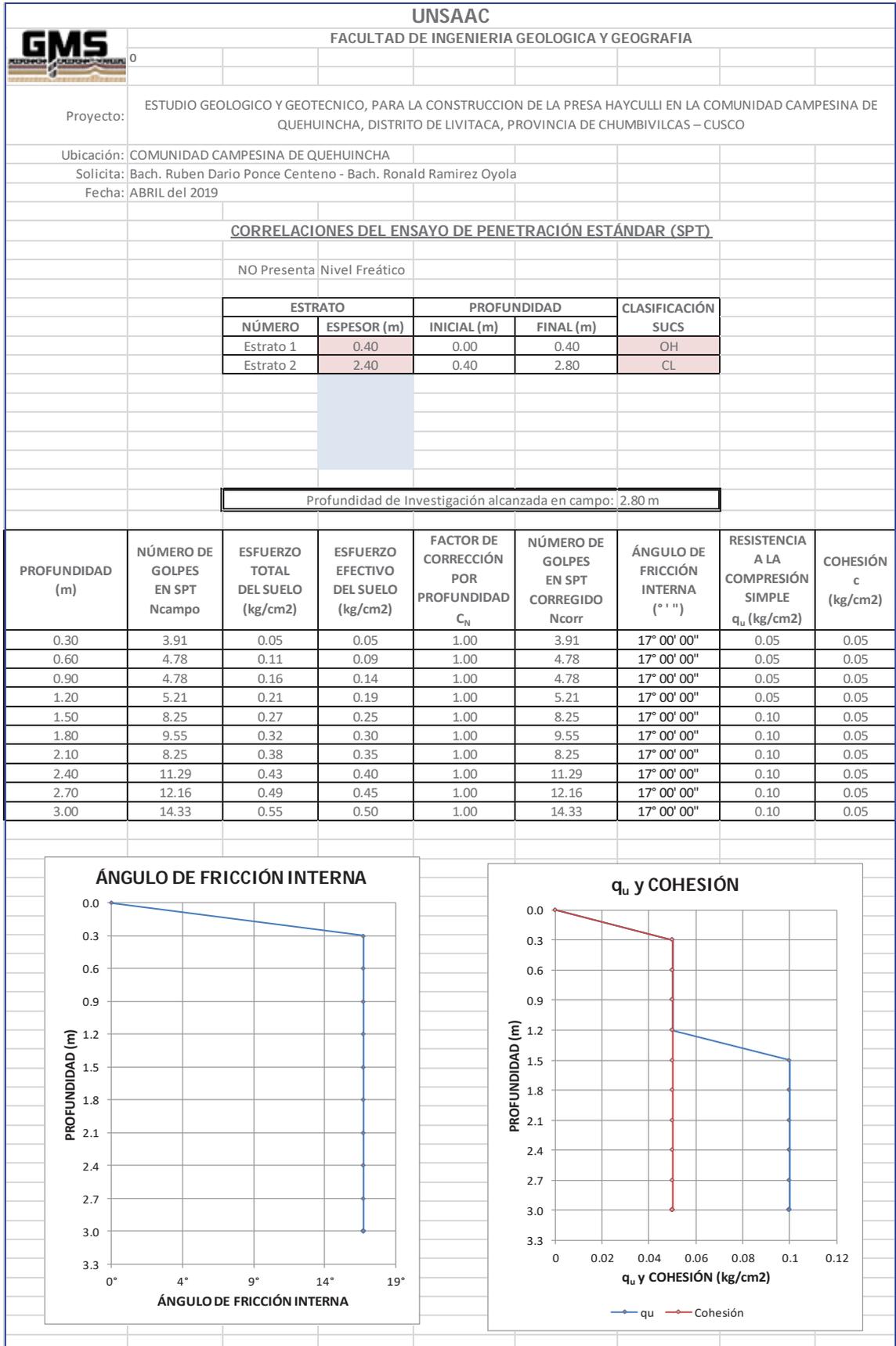


CARTA DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE PARA SUELOS FINOS



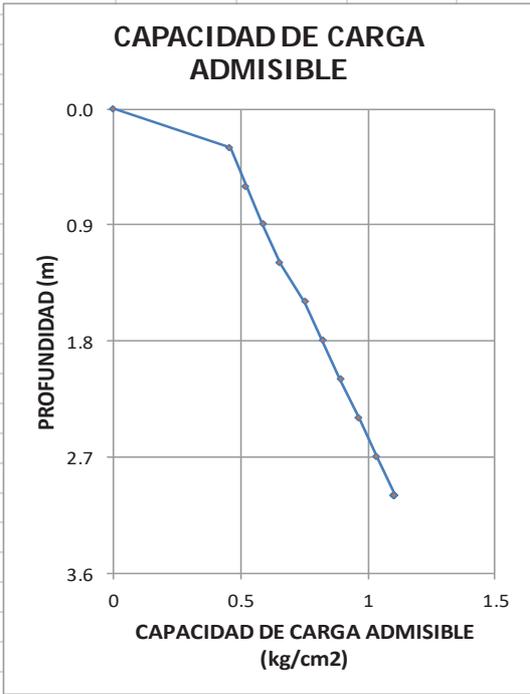


UNSAAC		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA	
	0	
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO	
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA	
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald R	Calicata: C-03
Fecha:	ABRIL del 2019	Profundidad: 1.80 m
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		
DATOS DE LA ARENA		
Tipo de Arena utilizada: Machupicchu		
Peso Unitario de la Arena (gr/cm3) = 1.54 gr/cm3		
DATOS DEL ENSAYO		
Número de Cono	1	
Peso del Frasco + Cono antes de usarlo (gr)	5720.00	
Peso del Frasco + Cono después de usarlo (gr)	2462.00	
Peso del Suelo Húmedo (gr)	1855.00	
Peso de la Arena Utilizada, hueco + cono (gr)	3258.00	
Peso de la Arena en el Cono (gr)	1737.00	
Peso de la Arena en el Hueco (gr)	1521.00	
Volumen del Hueco (cm3)	989.98	
Densidad Natural Húmeda (gr/cm3)	1.87	
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso de Capsula (gr)	20.21	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	85.87	
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	78.32	
Peso del Agua (gr)	7.55	
Peso de la Muestra Seca (gr)	58.11	
Contenido de Humedad	12.99%	
DENSIDAD NATURAL HUMEDA = 1.87 gr/cm3		
DENSIDAD NATURAL SECA = 1.66 gr/cm3		





UNSAAC								
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA						
Proyecto:		ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO						
Ubicación:		COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA						
Solicita:		Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola						
Fecha:		ABRIL del 2019						
CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN TERZAGHI								
$q_{cu} = 1.3 * c * N_c + q * N_q + 0.4 * B * \gamma * N_\gamma$					B= 1.50 m	F.S. = 3		
$q = \gamma * D_f$					L= 1.50 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	0.05	1.75	0.05	12.34	4.77	3.53	1.37	0.46
0.60	0.05	1.75	0.11	12.34	4.77	3.53	1.57	0.52
0.90	0.05	1.75	0.16	12.34	4.77	3.53	1.77	0.59
1.20	0.05	1.75	0.21	12.34	4.77	3.53	1.96	0.65
1.50	0.05	1.87	0.28	12.34	4.77	3.53	2.26	0.75
1.80	0.05	1.87	0.34	12.34	4.77	3.53	2.47	0.82
2.10	0.05	1.87	0.39	12.34	4.77	3.53	2.68	0.89
2.40	0.05	1.87	0.45	12.34	4.77	3.53	2.90	0.97
2.70	0.05	1.87	0.51	12.34	4.77	3.53	3.11	1.04
3.00	0.05	1.87	0.56	12.34	4.77	3.53	3.32	1.11



CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

PROFUNDIDAD (m)

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (kg/cm²)



UNSAAC									
GMS		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA							
0									
Proyecto:		ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO							
Ubicación:		COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA							
Solicita:		Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola							
Fecha:		ABRIL del 2019							
CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN MEYERHOF									
$q_{cu} = c * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + 0.5 * B * \gamma * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$									
Ángulo de Inclinación de la Carga con respecto a la Vertical:		0° 00' 00"		B= 1.50 m		F.S. = 3			
				L= 1.50 m					
D _f (m)	F _{cs}	F _{qs}	F _{ys}	F _{cd}	F _{qd}	F _{yd}	F _{ci}	F _{qi}	F _{yi}
0.30	1.39	1.31	0.60	1.08	1.06	1.00	1.00	1.00	1.00
0.60	1.39	1.31	0.60	1.16	1.12	1.00	1.00	1.00	1.00
0.90	1.39	1.31	0.60	1.24	1.18	1.00	1.00	1.00	1.00
1.20	1.39	1.31	0.60	1.32	1.24	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	1.39	1.31	0.60	1.40	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00
1.80	1.39	1.31	0.60	1.35	1.27	1.00	1.00	1.00	1.00
2.10	1.39	1.31	0.60	1.38	1.29	1.00	1.00	1.00	1.00
2.40	1.39	1.31	0.60	1.40	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00
2.70	1.39	1.31	0.60	1.43	1.33	1.00	1.00	1.00	1.00
3.00	1.39	1.31	0.60	1.44	1.34	1.00	1.00	1.00	1.00
D _f (m)	D _f /B	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	0.20	0.05	1.75	0.05	12.34	4.77	3.53	1.46	0.49
0.60	0.40	0.05	1.75	0.09	12.34	4.77	3.53	1.83	0.61
0.90	0.60	0.05	1.75	0.14	12.34	4.77	3.53	2.23	0.74
1.20	0.80	0.05	1.75	0.19	12.34	4.77	3.53	2.66	0.89
1.50	1.00	0.05	1.87	0.25	12.34	4.77	3.53	3.27	1.09
1.80	1.20	0.05	1.87	0.30	12.34	4.77	3.53	3.51	1.17
2.10	1.40	0.05	1.87	0.35	12.34	4.77	3.53	3.93	1.31
2.40	1.60	0.05	1.87	0.40	12.34	4.77	3.53	4.35	1.45
2.70	1.80	0.05	1.87	0.45	12.34	4.77	3.53	4.77	1.59
3.00	2.00	0.05	1.87	0.50	12.34	4.77	3.53	5.19	1.73

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Profundidad (m)	Capacidad de Carga Admisible (kg/cm ²)
0.0	0.0
0.3	0.49
0.6	0.61
0.9	0.74
1.2	0.89
1.5	1.09
1.8	1.17
2.1	1.31
2.4	1.45
2.7	1.59
3.0	1.73



UNSAAC										
GMS		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA								
Proyecto:		ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO								
Ubicación:		COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA								
Solicita:		Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola								
Fecha:		ABRIL del 2019								
CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN VESIC										
$q_{cu} = c * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} * F_{cc} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} * F_{qc} + 0.5 * B * \gamma * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i} * F_{\gamma c}$										
Ángulo de Inclinación de la Carga con respecto a la Vertical:		0° 00' 00"			B= 1.50 m			F.S. = 3		
					L= 1.50 m					
D _f (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	1.39	1.31	0.60	1.08	1.06	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.60	1.39	1.31	0.60	1.16	1.12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.90	1.39	1.31	0.60	1.24	1.18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.20	1.39	1.31	0.60	1.32	1.24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	1.39	1.31	0.60	1.40	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.80	1.39	1.31	0.60	1.35	1.27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.10	1.39	1.31	0.60	1.38	1.29	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.40	1.39	1.31	0.60	1.40	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.70	1.39	1.31	0.60	1.43	1.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.00	1.39	1.31	0.60	1.44	1.34	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
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	0.05	1.75	0.05	12.34	4.77	3.53	1.46	0.49		
0.60	0.05	1.75	0.09	12.34	4.77	3.53	1.83	0.61		
0.90	0.05	1.75	0.14	12.34	4.77	3.53	2.23	0.74		
1.20	0.05	1.75	0.19	12.34	4.77	3.53	2.66	0.89		
1.50	0.05	1.87	0.25	12.34	4.77	3.53	3.27	1.09		
1.80	0.05	1.87	0.30	12.34	4.77	3.53	3.51	1.17		
2.10	0.05	1.87	0.35	12.34	4.77	3.53	3.93	1.31		
2.40	0.05	1.87	0.40	12.34	4.77	3.53	4.35	1.45		
2.70	0.05	1.87	0.45	12.34	4.77	3.53	4.77	1.59		
3.00	0.05	1.87	0.50	12.34	4.77	3.53	5.19	1.73		

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Profundidad (m)	Capacidad de Carga Admisible (kg/cm ²)
0.0	0.0
0.3	0.5
0.6	0.6
0.9	0.7
1.2	0.8
1.5	0.9
1.8	1.0
2.1	1.1
2.4	1.2
2.7	1.3
3.0	1.4
3.3	1.5



UNSAAC												
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA										
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO											
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA											
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola											
Fecha:	ABRIL del 2019											
ASENTAMIENTO INMEDIATO												
ASENTAMIENTO EN EL CENTRO DE LA ZAPATA						B= 1.50 m						
						L= 1.50 m						
$S = 2 * q_a * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$												
ASENTAMIENTO EN LAS ESQUINAS DE LA ZAPATA												
$S = q_a * B * \frac{1 - \mu^2}{E} * N$						El valor mas crítico es el Asentamiento en el Centro						
D _f (m)	q _a (kg/cm ²)				μ	E (kg/cm ²)	N					
	Skempton	Terzaghi	Meyerhof	Vesic								
0.30	-	0.46	0.49	0.49	0.33	55.00	0.56					
0.60	-	0.52	0.61	0.61	0.33	60.00	0.56					
0.90	-	0.59	0.74	0.74	0.33	60.00	0.56					
1.20	-	0.65	0.89	0.89	0.33	65.00	0.56					
1.50	-	0.75	1.09	1.09	0.33	67.00	0.56					
1.80	-	0.82	1.17	1.17	0.33	68.00	0.56					
2.10	-	0.89	1.31	1.31	0.33	68.00	0.56					
2.40	-	0.97	1.45	1.45	0.33	75.00	0.56					
2.70	-	1.04	1.59	1.59	0.33	75.00	0.56					
3.00	-	1.11	1.73	1.73	0.33	78.00	0.56					
D _f (m)	ASENTAMIENTOS EN EL CENTRO DE LA ZAPATA (cm)											
	Skempton		Terzaghi		Meyerhof		Vesic					
	Calculado	Corregido	Calculado	Corregido	Calculado	Corregido	Calculado	Corregido				
0.30	-	-	1.25	1.25	1.33	1.33	1.33	1.33				
0.60	-	-	1.31	1.31	1.53	1.53	1.53	1.53				
0.90	-	-	1.47	1.47	1.86	1.86	1.86	1.86				
1.20	-	-	1.51	1.51	2.05	2.05	2.05	2.05				
1.50	-	-	1.69	1.69	2.45	2.45	2.45	2.45				
1.80	-	-	1.82	1.82	2.59	2.50	2.59	2.50				
2.10	-	-	1.98	1.98	2.90	2.50	2.90	2.50				
2.40	-	-	1.93	1.93	2.90	2.50	2.90	2.50				
2.70	-	-	2.07	2.07	3.18	2.50	3.18	2.50				
3.00	-	-	2.13	2.13	3.33	2.50	3.33	2.50				
S _{max} (cm)	ASENTAMIENTOS MÁXIMOS CALCULADOS											
	Skempton		Terzaghi		Meyerhof		Vesic					
	-		2.13		3.33		3.33					
<table border="1"> <tr> <td>S_{max} =</td> <td>3.33 cm</td> <td>≤</td> <td>2.50 cm</td> <td>MAL</td> </tr> </table>								S _{max} =	3.33 cm	≤	2.50 cm	MAL
S _{max} =	3.33 cm	≤	2.50 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 _{max} (cm)	ASENTAMIENTOS MÁXIMOS CORREGIDOS											
	Skempton		Terzaghi		Meyerhof		Vesic					
	-		2.13		2.50		2.50					
<table border="1"> <tr> <td>S_{max} =</td> <td>2.50 cm</td> <td>≤</td> <td>2.50 cm</td> <td>Ok!</td> </tr> </table>								S _{max} =	2.50 cm	≤	2.50 cm	Ok!
S _{max} =	2.50 cm	≤	2.50 cm	Ok!								



UNSAAC								
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA						
		0						
Proyecto:		ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO						
Ubicación:		COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA						
Solicita:		Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola						
Fecha:		ABRIL del 2019						
<u>CORRECCIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO</u>								
CAPACIDAD ADMISIBLE PARA ASENTAMIENTO = 2.54 cm						B= 1.50 m		
						L= 1.50 m		
$q_a = \frac{S * E}{2 * B * (1 - \mu^2) * N}$						D _f = 2.00 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	-	0.46	0.49	0.49	-	0.46	0.49	0.49
0.60	-	0.52	0.61	0.61	-	0.52	0.61	0.61
0.90	-	0.59	0.74	0.74	-	0.59	0.74	0.74
1.20	-	0.65	0.89	0.89	-	0.65	0.89	0.89
1.50	-	0.75	1.09	1.09	-	0.75	1.09	1.09
1.80	-	0.82	1.17	1.17	-	0.82	1.13	1.13
2.10	-	0.89	1.31	1.31	-	0.89	1.13	1.13
2.40	-	0.97	1.45	1.45	-	0.97	1.25	1.25
2.70	-	1.04	1.59	1.59	-	1.04	1.25	1.25
3.00		1.11	1.73	1.73	-	1.11	1.30	1.30



UNSAAC						
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOGRAFIA					
	0					
Proyecto:	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HAYCULLI EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA, DISTRITO DE LIVITACA, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS – CUSCO					
Ubicación:	COMUNIDAD CAMPESINA DE QUEHUINCHA					
Solicita:	Bach. Ruben Dario Ponce Centeno - Bach. Ronald Ramirez Oyola					
Fecha:	ABRIL del 2019					
RESUMEN DE RESULTADOS						
	B=	1.50 m	L=	1.50 m	F.S. =	3
		q_a (kg/cm²)				q_a Mínima (kg/cm²)
		Skempton	Terzaghi	Meyerhof	Vesic	
D_f (m)	0.30	-	0.46	0.49	0.49	0.46
	0.60	-	0.52	0.61	0.61	0.52
	0.90	-	0.59	0.74	0.74	0.59
	1.20	-	0.65	0.89	0.89	0.65
	1.50	-	0.75	1.09	1.09	0.75
	1.80	-	0.82	1.13	1.13	0.82
	2.10	-	0.89	1.13	1.13	0.89
	2.40	-	0.97	1.25	1.25	0.97
	2.70	-	1.04	1.25	1.25	1.04
	3.00	-	1.11	1.30	1.30	1.11