



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y

METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**EVALUACIÓN GEOLÓGICA – GEOTÉCNICA PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA QUELLOCOCHA SOCLLA**

“LAYO – CANAS – CUSCO”

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. NILBER SÁNCHEZ GARZÓN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO - PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA QUELLOCOCHA SOCLLA "LAYO - CANAS

AUTOR

NILBER SÁNCHEZ GARZÓN

RECUENTO DE PALABRAS

20401 Words

RECUENTO DE CARACTERES

106458 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

151 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

18.8MB

FECHA DE ENTREGA

May 24, 2023 7:51 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 24, 2023 7:53 PM GMT-5

● **14% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado

V.B°

[Handwritten signature]



[Handwritten signature]

Dra. Sofía Lourdes Benavente Fernández
Directora de la Unidad de Investigación
EPIG

Resumen



DEDICATORIA

A mis queridos padres (+), quiero expresarles mi profundo agradecimiento por brindarme su apoyo incondicional, especialmente durante los momentos difíciles que he atravesado en mi vida. Su apoyo ha sido fundamental para superar obstáculos y seguir adelante en este arduo camino.

A mis queridos hermanos; por ese aliento y apoyo incondicional día a día hasta llegar a este momento.

A mi pareja y mis hijos; por ser ese motor que me impulsa a seguir adelante y ser la razón satisfactoria que tengo para continuar superándome.

A mis queridos sobrinos, por brindarme muchos momentos lindos y encaminarlos a un futuro profesional.

A mis docentes de la UNA Puno de la carrera profesional de ing. Geológica; por brindarme sus sabias enseñanzas.

A todas las personas que me apoyaron directa e indirectamente en mi formación profesional.

Nilber Sánchez Garzón



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Dios, Jehová, por otorgarme esta vida y por guiarme por el camino correcto.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi amada madre, mi querido padre y mis adorados hermanos por sus sabios consejos, su aliento constante y por nunca perder la fe en mí, incluso en los momentos más difíciles durante mi formación profesional.

También deseo agradecer a la Universidad Nacional Del Altiplano – Puno, mi alma mater y mentora en mi proceso de desarrollo personal y profesional.

No puedo dejar de mencionar al Dr. Leonel Palomino Ascencio, quien aceptó ser mi guía y tutor en este trabajo de investigación.

Asimismo, agradezco a los profesores de la escuela profesional de ingeniería geológica UNA-PUNO por compartir sus conocimientos, consejos y experiencias, lo cual ha sido fundamental para desenvolverme en mi vida profesional.

Por último, quiero expresar mi gratitud a todas las personas que han tenido influencia en mí y que me han apoyado durante este arduo camino de preparación profesional.



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN.....14

ABSTRACT15

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 17

1.1.1 Identificación del problema..... 18

1.1.2 Valoración del problema 18

1.1.3 Formulación del problema 18

1.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO 19

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO. 21

1.3. HIPÓTESIS 22

1.4. OBJETIVOS..... 22

1.1.4 Objetivos generales. 22

1.1.5 Objetivos específicos. 22

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS 23

2.1.1 Análisis granulométrico de suelos por tamizado 24



2.1.2	Límites de consistencia	26
2.1.3	Sistema de clasificación unificada de suelos (SUCS).....	28
2.1.4	Proctor modificado	33
2.1.5	Ensayo de corte directo	34
2.1.6	Teoría de terzaghi.....	34
2.2	FENÓMENOS DE FILTRACIÓN EN CIMENTACIONES EN PRESAS	37
2.2.1	Flujo de filtraciones en suelos.....	37
2.2.2	Velocidad de descarga y filtración real	38
2.2.3	Número de Reynolds	39
2.2.4	Ley de Darcy	39
2.3	PERMEABILIDAD	40
2.3.1	Determinación en laboratorio de la permeabilidad	41
2.3.2	Metodo para medir la permeabilidad del suelo	43
2.4	Líneas de corriente y líneas equipotenciales.....	45
2.5	RED DE FLUJO.....	46
2.6	CARACTERISTICAS DE LA PRESA DE TIERRA.....	48
2.6.1	Demanda	49
2.6.2	Volumen útil de almacenamiento.....	50
2.7	TIPOS DE CIMENTACIONES	50
2.7.1	Cimentaciones en arcillas expansivas	50
2.7.2	Cimentaciones en suelos colapsables.....	50
2.7.3	Cimentaciones en rellenos.....	51
2.7.4	Cimentaciones en rocas.....	51
2.8	CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO	51
2.9	PRESAS	52
2.9.1	Clasificación de presas	53



2.10	GEODINAMICA EXTERNA.....	59
2.10.1	Grado de meteorización.....	59
2.10.2	Procesos de meteorización.....	60
2.11	MARCO CONCEPTUAL.....	60
2.11.1	Carga admisible.....	60
2.11.2	Cohesión.....	60
2.11.3	Angulo de fricción interna.....	61
2.11.4	Presión admisible del terreno.....	61
2.11.5	Coefficiente de seguridad.....	61
2.12	El suelo como material de construcción.....	62
2.12.1	Origen y formación de un suelo.....	63
2.12.2	Factores que influyen en el comportamiento del suelo.....	63
2.13	ESTABILIDAD DE TALUDES.....	65
2.13.1	Factor de seguridad.....	66
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y METODOS		
3.1	TIPO DE INVESTIGACION.....	68
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	68
3.3	DEFINICIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.....	68
3.4	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	69
3.5	INSTRUMENTOS Y RECOLECCIÓN DE DATOS.....	69
3.5.1	Fuentes de información.....	69
3.5.2	Materiales.....	69
3.5.3	Equipos.....	70
3.5.4	Trabajos de campo.....	70
3.5.5	Trabajos de laboratorio.....	70



3.5.6	Trabajo de gabinete.	70
-------	---------------------------	----

CAPÍTULO IV

ASPECTOS GENERALES DE LOCALIZACIÓN

4.1	UBICACIÓN POLITICA.....	72
4.2	UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	72
4.3	ACCESIBILIDAD.	73
4.4	TEMPERATURA.	73
4.5	HUMEDAD RELATIVA.	74
4.6	HORAS SOL.	74
4.7	VELOCIDAD DEL VIENTO (INTENSIDAD)	74
4.8	GEOLÓGIA REGIONAL.....	74
4.9	GEOTÉCNIA DE LA PRESA	77
4.10	INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS EJECUTADAS.....	78

CAPÍTULO V

EXPOSICIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1	CONDICIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN DE LA PRESA	81
5.1.1	Condiciones geológicas.....	81
5.1.2	Condiciones geotécnicas del terreno de fundación	83
5.2	PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN DEL EJE DE PRESA	85
5.3	PROPIEDADES GEO MECÁNICAS DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO	97
VI.	CONCLUSIONES	104
VII.	RECOMENDACIONES.....	106
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107



ANEXOS.....110

Área: Ingeniería y Tecnología

Tema: Geología, Minas y Metalurgia

Fecha de sustentación: 25 de mayo del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Curva granulométrica	26
Figura 2.	Plasticidad de (A Casagrande).....	27
Figura 3.	Carta de plasticidad	32
Figura 4.	Clasificación de suelos USCS	32
Figura 5.	Clasificación de suelos sistema AASHTO	33
Figura 6.	Modelo de falla segun terzaghi.....	35
Figura 7.	Diagrama de lineas de corriente y lineas equipotenciales	45
Figura 8.	Red de flujo (TORRES N. A, 2010).....	47
Figura 9.	Resistencia cortante de un talud	66
Figura 10.	Ubicación política del proyecto	72
Figura 11.	Ubicación del proyecto	72
Figura 12.	Accesibilidad A La Zona De Estudios	73
Figura 13	Columna estratigráfica regional del Cusco.....	75
Figura 14.	Mapa geologico	75
Figura 15.	Columna estratigráfica de la región del Cusco.....	76
Figura 16.	Fotografía donde se construyó la presa Quelloccocho	78
Figura 17.	Mapa Geológico local.....	82
Figura 18.	Fotografía del área de estudios	82
Figura 19.	Perfil geológico del eje de presa.....	83
Figura 20.	Factores de capacidad de carga	84
Figura 21.	Perfil estratigráfico de la calicata n° 01.....	87
Figura 22.	fotografía de la calicata n° 01	88
Figura 23.	Perfil estratigráfico de la calicata n° 02.....	90



Figura 24.	Fotografía de la calicata n° 02	91
Figura 25.	Perfil estratigráfico de la calicata n° 03	94
Figura 26.	Fotografía de la calicata n° 03	95
Figura 27.	Perfil estratigráfico de la calicata n° 04	99
Figura 28.	Fotografía de la calicata n° 04	100
Figura 29.	perfil estratigráfico de la calicata n° 05	101
Figura 30.	Fotografía de la calicata n° 5	103
Figura 31.	Plano topográfico y ubicación de canteras	103



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ensayos de mecánica de suelos	23
Tabla 2.	Series de mallas	25
Tabla 3.	Clasificación de suelos	31
Tabla 4.	Valores típicos para la permeabilidad de suelos.....	40
Tabla 5.	Definición de variables e indicadores.....	68
Tabla 6.	Localización del proyecto.....	72
Tabla 7.	Ubicación de calicatas	84
Tabla 8.	factores de capacidad de carga	85
Tabla 9.	Resultados de ensayos de la calicata n° 01	87
Tabla 10.	Calculo de capacidad portante del estribo derecho.....	88
Tabla 11.	Resultados de los ensayos de la calicata n° 02	91
Tabla 12.	Calculo de la capacidad portante del medio de la presa	92
Tabla 13.	Resultados de ensayos de la calicata n° 03	94
Tabla 14.	Calculo de la capacidad portante del estribo izquierdo.	95
Tabla 15.	Características de los estribos derecho, izquierdo y medio	96
Tabla 16.	Resumen de resultados del cálculo de la capacidad portante.	97
Tabla 17.	Ubicaciones de calicatas proyectadas para cantera.....	98
Tabla 18.	Resultados de la calicata n° 04	99
Tabla 19.	Resultados de ensayos de la calicata n° 05	102



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

A.A.S.H.T.O.	: American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.
A.S.T.M.	: American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
°C	: Grados centígrados.
cm.	: Centímetros.
Fm.	: Formación.
GC	: Grava Arcillosa.
GM	: Grava Limosa.
GPS	: Sistema de posicionamiento global.
Gr.	: Grupo.
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
I.P.	: Índice de plasticidad.
K	: Coeficiente de permeabilidad.
Km.	: Kilómetros.
L.L.	: Límite líquido.
L.P.	: Límite plástico.
m.	: Metros.
mm.	: Milímetros.



- m.s.n.m.** : Metros sobre el nivel del mar.
- MTC.** : Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.
- Pulg.** : Pulgadas.
- S.U.C.S.** : Sistema unificado de clasificación de suelos.
- U.T.M.** : Universal Transverse Mercator. (Sistema de coordenadas universal).
- WGS'84.** : World Geodetic System 84(Sistema Geodésico Mundial 1984).
- Δh .** : Altura del agua sobre el nivel inicial.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se denomina “**Evaluación Geológica – Geotécnico Para la Construcción de la Presa Quellococha Soclla «Layo – Canas – Cusco»**” que se encuentra localizado en la comunidad campesina de Limbani Alto, distrito de Layo - Provincia de Canas, departamento de Cusco; en donde se construyó la presa de tierra denominada “Presa Quellococha Soclla”, el objetivo de este trabajo es evaluar las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno, para la construcción de la represa de tierra Quellococha Soclla, que se emplaza en las coordenadas (Norte 8386383, Este 282117, Cota 4390.82 m.s.n.m.) como punto central del eje, la evaluación se realizó para una presa de altura de 9.00 m. desde la base de la represa, hasta el coronamiento, y una capacidad de alrededor de 264,000.00m³ de agua, Geológicamente el área de interés abarca desde el cenozoico como la Fm. Acurquina, (Kis-ar), hasta el cuaternario con lo Dep. Aluviales (Qh-al), geomorfológicamente presenta relieves de valles interandinos y montañas altas, para obtener los resultados mecánicos del suelo se realizaron un total de 5 calicatas las cuales nos sirvieron para identificar los estratos existentes en el terreno de fundación y se extrajeron muestras alteradas e inalteradas para realizar los ensayos en laboratorio. se realizaron ensayos in situ como el SPT, que nos ayudó a determinar los parámetros de capacidad portante del terreno de fundación. De acuerdo a los ensayos que se realizó en campo y laboratorio los resultados que nos dieron fueron los siguientes: Clasificación SUCS GM, Densidad Del Suelo Natural 1.86 g/cm³, Porcentaje de Humedad 11.1 %, LL 23, LP 20.35, IP 2.65, Peso unitario, 1.130 g/cm³ (11.0815kn/m³), Peso específico 1.91 gr/cm³ (18.73137 KN/M³), MDS 2.002 g/cm³, OCH8.6 %, Ángulo de fricción 36.00, Cohesión 0.01 kg/cm² (0.091 kpa), Permeabilidad 9.79E-04, D10 0.00531, D60, 0.773. Con estos datos que se obtuvieron de los ensayos de laboratorio y ensayos de campo se realizó el análisis de capacidad portante del suelo y la carga ultima, la estabilidad del talud y permeabilidad de la represa, dichos factores son muy importante para el buen funcionamiento de la represa. Por lo tanto de concluye que los parámetros calculados de la capacidad portante del terreno de fundación donde se construirá son aptas y es segura, para lo cual observamos que no existe suficiente información para realizar un seguimiento a los parámetros óptimos que se debería tomar como referencia en la construcción de la presa y recomendando que se deberá de tomar los parámetros estudiados para la construcción de presas futuras.

Palabras Claves: Eje de presa, Espejo de agua, Estribo, Talud, Terreno de fundación.



ABSTRACT

The present research work is entitled "Geological-Geotechnical Evaluation for the Construction of Quellococha Soclla Dam 'Layo - Canas - Cusco'" located in the rural community of Limbani Alto, Layo District - Canas Province, Cusco Department. The earthen dam called "Quellococha Soclla Dam" was constructed with the objective of evaluating the geological and geotechnical conditions of the site for the construction of the dam. It is located at coordinates (North 8386383, East 282117, Elevation 4390.82 meters above sea level) as the central point of the axis. The evaluation was carried out for a dam height of 9.00 meters from the base to the crest, with a capacity of approximately 264,000.00 cubic meters of water. Geologically, the area of interest ranges from the Cenozoic era with the Acurquina Formation (Kis-ar) to the Quaternary era with Alluvial Deposits (Qh-al). Geomorphologically, the area exhibits inter-Andean valleys and high mountains. In order to obtain the soil's mechanical properties, a total of 5 test pits were excavated to identify the existing strata in the foundation soil. Altered and undisturbed samples were extracted for laboratory testing. In-situ tests such as Standard Penetration Test (SPT) were performed to determine the bearing capacity parameters of the foundation soil. Based on the field and laboratory tests, the following results were obtained: SUCS classification GM, Natural Soil Density 1.86 g/cm³, Moisture Content 11.1%, Liquid Limit (LL) 23, Plastic Limit (LP) 20.35, Plasticity Index (IP) 2.65, Unit Weight 1.130 g/cm³ (11.0815 kN/m³), Specific Gravity 1.91 g/cm³ (18.73137 kN/m³), Modified Proctor Density (MDS) 2.002 g/cm³, Organic Content (OCH) 8.6%, Friction Angle 36.00, Cohesion 0.01 kg/cm² (0.091 kPa), Permeability 9.79E-04, D10 0.00531, D60 0.773. With these data obtained from laboratory and field tests, the analysis of bearing capacity, ultimate load, slope stability, and permeability of the dam was performed. These factors are crucial for the proper functioning of the dam. It is concluded that the calculated parameters of the bearing capacity of the foundation soil are suitable and safe for the construction. However, it is observed that there is insufficient information to monitor the optimal parameters that should be taken as a reference in dam construction. It is recommended to consider the studied parameters for future dam constructions.

Keywords: Dam axis, Water reservoir, Abutment, Slope, Foundation soil.



CAPITULO I

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación tiene como título "Construcción De La Presa De Tierra En La Comunidad Campesina De Limbani Alto - distrito de Layo – Canas - Cusco." El área de estudio corresponde a la cuenca del río Vilcanota, ubicada en la Comunidad Campesina de Limbani Alto, en el distrito de Layo, provincia de Canas, departamento de Cusco.

La presa Quellocha creara un embalse de 203,555.70 metros cúbicos de agua, retenidos durante las épocas de lluvias altas, para luego entregarlos conforme a la demanda de agua para el riego de los terrenos de cultivo en temporadas de estriaje. Aguas arriba se forma una pequeña cuenca, al cual afluyen aguas de una quebrada.

El ambiente geológico corresponde a formaciones que van desde el cenozoico; como los depósitos glaciofluviales y morrenicos, hasta formaciones del cenozoico como el grupo puno y, mesozoico como la formación acurquina nuñi.

La presa es una estructura de material suelto de tipo homogéneo, con dren de chimenea vertical, de planta recta con aproximadamente 133m. de largo en la zona de coronamiento y una altura máxima sobre la base de la presa de en la zona de cierre de 10m. el ancho de coronamiento de es de 5m en su nivel nominal es 4399msnm. La geometría de la presa queda definida por un talud de aguas arriba 1v:2.5 h y el talud de aguas abajo 1v:2 h. el nivel máximo de operación normal ha sido establecido en 4397.50msnm con un volumen de 203,555.70.

El cuerpo de la presa está conformado por material SM-SC. Compactados a una densidad de 95% de su máxima densidad seca, en material a usarse proviene de una



cantera que se encuentra ubicado a 150 m a lado derecho de la presa, fuera del vaso de embalse.

Las presas de tierra presentan varias ventajas con respecto a las presas de concreto o mampostería, entre ellas que se pueden utilizar suelos que se pueden obtener de la misma zona ya sea naturales o mezclándolos con otro tipo de suelos de mejores características para mejorar sus propiedades. Además, este tipo de presas se pueden construir sobre suelos con capacidades de soporte bajas ya que las cargas que se transmiten a la fundación se distribuyen sobre un área mayor que en cualquier otro tipo de presa ((NUÑEZ, 2006)).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Perú y el mundo existen un sinnúmero de proyectos para almacenamiento de agua como: reservorios, diques y represas, que en muchas veces sufren problemas subestructuras, tales como asentamiento, sifonamiento y deslizamientos de sus taludes en el caso de las represas.

La zona donde se construyó la presa quellococha Soclla. se encuentra sobre terrenos inestables y húmedos con pocos estudios de exploración geotécnicas que nos puedan dar alguna información acerca de la caracterización geotécnica del terreno de fundación.

Es esencial realizar trabajos de exploración como las aperturas de calicatas para la obtención de muestras alteradas e inalteradas, ensayos SPT, etc., con la finalidad de obtener los perfiles estratigráficos, capacidad portante del suelo y otras propiedades geomecánicas, que nos permitirán establecer las técnicas matemáticas que se requiera utilizar para determinar la profundidad de la cimentación y la inclinación de sus taludes.

Realizamos este tipo de trabajos de exploración geológica y geotécnicos para



poder definir las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno de fundación y el material a préstamo, para así determinar los criterios técnicos para el mejoramiento del terreno donde se realizará la cimentación de la presa.

1.1.1 Identificación del problema

La construcción de la pequeña presa para almacenamiento de agua, se encuentran emplazadas en zonas donde existe una cuenca, cauce de riachuelos y una laguna existente, por lo tanto, el terreno de fundación donde se ubicará los cimientos de la represa probablemente se encuentre con alta humedad y baja consistencia, esto perjudicaría el buen funcionamiento de la presa.

1.1.2 Valoración del problema

Este estudio se enfocará en la evaluación de las propiedades geológicas y geotécnicas de los cimientos ya que es importante comprender las propiedades físicas y mecánicas de los diversos tipos de materiales existentes, lo que nos ayudara a evaluar el estado de los materiales existentes en cada capa del terreno.

La falta de una buena caracterización del terreno implicaría que pueda ocurrir algunos problemas en la etapa de construcción y el funcionamiento adecuado de la represa, como: asentamiento, filtración por el cimiento de presa, filtración por el cuerpo de la represa y por ende el deslizamiento de sus taludes, tal como ha ocurrido con otras presas. }

1.1.3 Formulación del problema

¿Cuáles serán las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno de fundación de la presa quellococha soclla “Layo – Canas – Cusco?

¿Qué propiedades geo-mecánicas tendrá el terreno de fundación?



¿Qué propiedades geo mecánicas tendrá el material de préstamo que se usara en la construcción de la presa Quellococha

1.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Actualmente se han realizado diferentes obras de represamiento de agua en toda la región andina sur, y algunos que se encuentran aún en proyecto, como muestra de ello mencionamos algunos que fueron ejecutados en las cercanías a la represa Quellococha Soclla.

- (MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUEHUE, 2016).

“Construcción de presa para agua en la comunidad de chaupibanda”, Se construye una presa de 12m de hasta la altura de coronación, y una luz de 80m. con una capacidad de agua albergada de hasta 84,545 m³, de acuerdo a la caracterización de la zona de estudios se tiene que la clasificación, **sucs**: sm, **aashto**: a-2-4(0).**hn**: 7.9, **ll**: 28.90, **lp**: 23.35, **ip**: 5.5, **mds**: 1.993, **och**: 12.35”.

- (MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUEHUE, 2016).

“Proyecto creación de la represa pachapaki ubicado en el anexo anansaya, comunidad ccollana”, La presa tiene una altura de 10m. desde la base de la represa hasta la corona, y una luz de 60m, esta represa alberga un volumen de hasta 40.000 m³ de agua. De acuerdo a los estudios realizados en el terreno de fundación y el material de préstamo se tiene que el tipo de material que se usó en la construcción de la presa según la clasificación **sucs** es sc – sm.”

- (PER-IMA, 2016).

“Proyecto Presa Matarampama Quillayoc Sangrara, distrito de Sangrara, provincia de Acomayo, departamento de Cusco”, La presa tiene una altura de 8.16m.



desde la base del vaso hasta la altura de la corona, el agua que se albergará en su máximo nivel será 503,018,00m³. Los taludes del cuerpo de presa son: aguas arriba 2.5V: 1H y aguas hacia debajo 1V: 2H. de acuerdo a los estudios realizados en el terreno de fundación y el material a préstamo se tiene que el tipo de suelos según la clasificación **SUCS: SM, Densidad Natural 2.00gr/cm³, HN: 5.89 %, Densidad Seca Natural, 1.89 gr/cm³, ll: 7.35%, lp 6.54, ip: 0.81, pe: 2.55. mds: 1.863, och: 15.20.**”

- (INGEMMET BOLETIN N°62, 2019)

“En el estudio de recursos de rocas y minerales industriales para la inclusión económica y social para el desarrollo en la región cusco”: Sector Meridionado. En el capítulo 3.6.1. rocas y minerales identificados en la provincia de Canas hace mención a las rocas que son económicamente rentables como los granitos y granodioritas de la Unidad la Raya, que se pueden usar como áridos, y también a las calizas de la formación Acurquina (**Kis-ar**)”.

- (JORGE ALVA HURTADO, 2011)

”En su libro diseño sísmico de presas de tierra y enrocado publicado en lima 2011. Donde presenta una serie de métodos para realizar el diseño sísmico de presas de tierra y enrocado. También dice que cualquier presa bien construida puede soportar sismos moderados, aceleraciones máximas de 0.2g, sin ningún daño”.

- (HURTADO, 1994)“

Notas sobre la estabilidad de taludes”. en los capítulos 3 y 5 habla sobre el procedimiento de investigación y diseño de taludes y la utilización del ábaco”.

- (DAS, 2013)



“Fundamentos De Ingeniería Geotécnica”, Explica sobre la consolidación de los suelos, donde dice que el incremento provocado por la construcción de cimentaciones u otras cargas, comprime los estratos de suelo.

- a) Deformaciones de las partículas del suelo,
- b) Reacomodo de las partículas del suelo
- c) Expulsión de agua o aire de los espacios vacíos”.

- (RODRIGUES, 2005)

“mecánica de suelos tomo I fundamentos de la mecánica de suelos”, en el capítulo habla sobre la determinación sobre el coeficiente de permeabilidad a partir de los datos de una prueba de consolidación y muestra una tabla de medición de coeficiente de permeabilidad.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

En el campo de la ingeniería geotécnica es un problema cotidiano encontrar problemas de asentamientos e inestabilidad de taludes en los proyectos de construcción de represas, ya sean estos de suelos o macizos rocosos. En muchas obras de nuestro país y región se construyen represas de tierra sin ningún estudio previo del comportamiento del terreno de fundación.

Este estudio se realizó porque no se encuentra estudios previos de mecánica de suelos en la zona proyectada para la construcción de la presa Quelloccochoa Soclla que nos pudiera dar información acerca del terreno de fundación, Por tal motivo, se realizó la caracterización geotécnica del terreno de fundación para conocer las propiedades mecánicas y físicas del terreno de fundación, con los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y campo se procedió a evaluar la capacidad portante del terreno y el análisis de estabilidad del talud, de la represa. este proyecto será de gran aporte científico,



que servirá de base para los próximos trabajos que se realicen con similares características, esta información podrá ser utilizada por los profesionales que están inmersos en las obras de construcción de represas de tierra.

1.3. HIPÓTESIS

Evaluando las condiciones geológicas y geotécnicas de la zona de estudios para la construcción de la presa, los materiales a usarse en la construcción de la represa, son favorables para su construcción.

1.4. OBJETIVOS

1.1.4 Objetivos generales.

Determinar las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno de fundación de la presa Quellococha soclla “layo – Canas – Cusco

1.1.5 Objetivos específicos.

- Identificar condiciones geológicas y geotécnicas del terreno de fundación de la presa quellococha soclla.
- Determinar propiedades geo-mecánicas del terreno de fundación de la presa Quellococha Soclla.
- Determinar propiedades geo mecánicas del material de préstamo para la construcción de la presa Quellococha Soclla.



CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS

En el contexto de las pruebas de laboratorio, surge la interrogante de cómo podemos asumir que las muestras que estamos ensayando son representativas de la totalidad del suelo.

En el reconocimiento geotécnico de un terreno destinado a la ubicación de estructuras hidráulicas, se llevan a cabo diversos ensayos de laboratorio con el propósito de alcanzar los objetivos mencionados. Entre los ensayos más comunes se encuentran los ensayos de identificación.

Tabla 1.

Ensayos de mecánica de suelos

ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS		
Guía de muestreo de suelos y rocas	MTC E101-2000	
Análisis Granulométrico por tamizado	ASTM-D-422	MTC E107-2000
Limite Liquido	ASTM-D-423	MTC E110- 2000
Limite Plástico	ASTM-D-424	MTC E111-2000
Contenido de Humedad	ASTM-D-2216	MTC E108-2000
Ensayos de Proctor modificado	ASTM-D-1557	MTC E115-2000
Clasificación ASSTHO Y SUCS	ASTM-D-2487	

Fuente (Manual de Ensayos y Materiales Edición Mayo 2016)

Los ensayos de identificación tienen como finalidad la caracterización del suelo y su comportamiento en términos generales. Estos ensayos permiten obtener información acerca de las propiedades y características del suelo, brindando una visión más completa de



su comportamiento.

2.1.1 Análisis granulométrico de suelos por tamizado

De acuerdo con la norma (ASTM-D-422 MTC E107-200), este ensayo tiene como objetivo determinar los diferentes tamaños de partículas presentes en un suelo y obtener el porcentaje de estas partículas que pasan a través de los tamices utilizados en el ensayo hasta alcanzar el tamaño de 0.08 mm (tamiz N° 200 ASTM).

La norma establece la cantidad mínima de muestra requerida para realizar este ensayo, la cual debe ser representativa en función del tamaño máximo de partícula del suelo, oscilando entre 0.5 y 5 kg.

Este ensayo permite obtener la curva granulométrica del material ensayado. Para ello, se realiza un proceso en el cual se pasa la muestra previamente dividida por una serie de tamices con aberturas de malla que varían desde 100 hasta 0.08 mm.

Después de realizar la correspondiente agitación, ya sea de forma manual o automática, se pesa la cantidad de material retenido en cada tamiz, calculando así el porcentaje correspondiente. Por último, se traza la curva acumulada de lo que pasa a través de cada tamiz considerado, obteniendo así la curva granulométrica.

Para las partículas que pasan por el tamiz de luz 0.08 mm, lo que se suele denominar “finos” o “pasa”, no tiene sentido usar tamices con luces inferiores debido a que hace falta mucho tiempo para separar las partículas y a las dificultades de fabricación y mantenimiento de tamices tan finos. (TERZAGHI. K. Y PECK, 1975).



Tabla 2.

Series de mallas

TAMICES SERIE AMERICANA	
NUMERO DE MALLAS ABERTURAL (Pulg.)	ABERTURA (mm)
3"	76.200
2½"	63.500
2"	50.800
1½"	38.100
1"	25.400
¾"	19.050
½"	12.700
3/8 "	9.525
1/4"	6.350
Nº4	4.750
Nº6	3.360
Nº8	2.360
Nº10	2.000
Nº16	1.180
Nº20	0.850
Nº30	0.600
Nº40	0.425
Nº50	0.300
Nº80	0.180
Nº100	0.150
Nº200	0.075
-200	ASTM D 1140

Fuente (Manual De Ensayos Y Materiales Edición Mayo 2016)

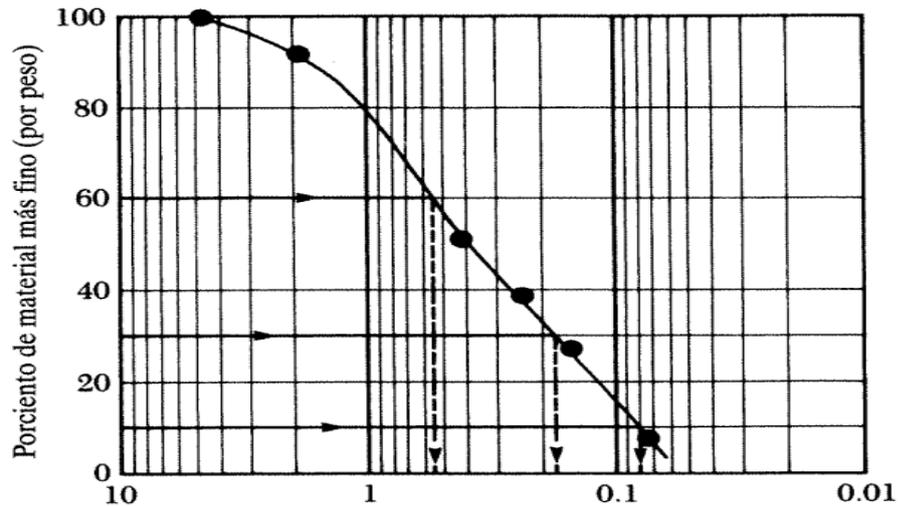


Figura 1. Curva granulométrica

Fuente: Principios de ingeniería de cemento (Braja M. Das)

2.1.2 Límites de consistencia

Los dos ensayos de laboratorio mencionados son la "determinación del límite líquido de un suelo mediante el método del aparato de Casagrande (ASTM-D-423 MTC E110-2000)" y la "determinación del límite plástico de un suelo (ASTM-D-424 MTC E111-2000)". A través de estos dos ensayos, se obtienen las propiedades plásticas del suelo, lo que permite conocer los límites líquidos, límite plástico e índice de plasticidad. Estos ensayos se solicitan al laboratorio como un solo conjunto bajo el nombre de "límites de consistencia". Se lleva a cabo la realización de ambos ensayos según lo propuesto por (TERZAGHI. K. Y PECK, 1975).

a) Límite líquido.

En el momento en que se añade suficiente agua al suelo fino, éste puede llegar a ser casi un líquido, es decir, puede fluir con facilidad bajo la influencia de una pequeña fuerza de cizallamiento. Cuando se deja que esa agua llegue a evaporarse completamente, el suelo comienza a presentar una resistencia al cizallamiento y se comportará como una sustancia flexible. El límite líquido es la

cantidad de agua representado como porcentaje del peso del suelo seco en esta fase (BOWLES J.E, (1981)

b) Limite plástico

En el momento que se deja que el agua se evapore después de llegar al punto máximo el límite líquido mediante el amasado manual del suelo, éste se volverá más frágil y dejará de actuar como una sustancia flexible. El límite de plasticidad es el porcentaje de agua que le corresponde. El índice de plasticidad es el resultado que se obtiene de la diferencia de los límites líquido y plástico. Se utiliza el símbolo LP para describirlo. Arthur Casagrande desarrolló la tabla de plasticidad relacionando el límite líquido entre el índice de plasticidad correspondiente de un amplio grupo de los suelos finos, en la Figura N° 2 . La “línea A” determina el límite de los suelos limosos y los suelos arcillosos (BOWLES J.E, (1981)

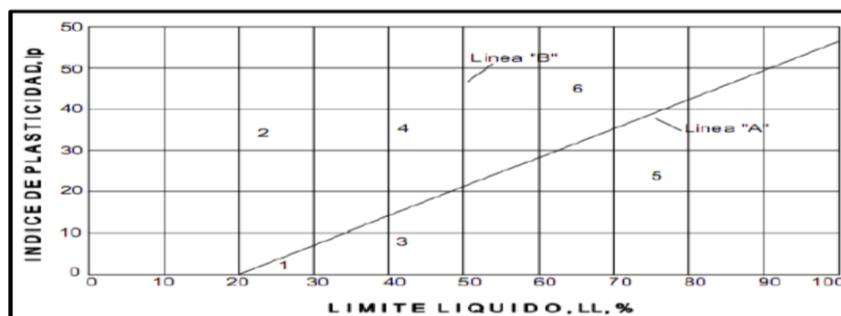


Figura 2. Plasticidad de (A Casagrande)

Fuente: (A Casagrande)

Se describe a continuación:

- (1) : Limos inorgánicos con bajo nivel de capacidad de compresión.
- (2) : Arcillas inorgánicas de bajo nivel de flexibilidad
- (3) : Limos inorgánicos y orgánicos con una compresibilidad intermedia.
- (4) : Arcillas inorgánicas de plasticidad mediana.



- (5) : Limos inorgánicos de flexibilidad baja y arcillas de tipo orgánico
- (6) : Arcillas inorgánicas con una gran flexibilidad.

c) **Índice de plasticidad**

El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo,

$$IP = LL - LP$$

Donde IP

- 0 – 1 No plástico
- 1 – 5 Ligeramente plástico
- 5 – 10 Baja plasticidad
- 10 – 20 Mediana plasticidad
- 20 – 35 Alta plasticidad
- > 35 Muy alta plasticidad

Mientras sea mayor el IP, también será mayor la compresibilidad del suelo (BRAJA M. D, 1999)

2.1.3 Sistema de clasificación unificada de suelos (SUCS)

La clasificación de suelos utilizada en los trabajos geotécnicos se basa en la granulometría del material y en su plasticidad. Esta clasificación es fundamental para agrupar los diferentes tipos de suelos. Para llevar a cabo la clasificación de un suelo según esta metodología, es necesario realizar los ensayos de Análisis Granulométrico y Límites de Consistencia. Estos ensayos proporcionan la información necesaria para determinar el tipo de suelo que se está evaluando y clasificarlo correctamente.

La primera división que se realiza es la siguiente.



- Los suelos de grano grueso se caracterizan por tener menos del 50% en peso que pasa a través del tamiz 200 (0.074 mm).
- Por otro lado, los suelos de grano fino se definen cuando más del 50% en peso pasa a través del tamiz 200.
- Los suelos de estructura orgánica se distinguen por su olor, color negruzco y textura esponjosa. Estos suelos son altamente compresibles (Pt).
- Dentro de los suelos de grano grueso, se pueden clasificar en:
 - Gravas (G): cuando menos del 50% en peso pasa a través del tamiz N° 4 (5 mm).
 - Arenas (S): cuando más del 50% en peso pasa a través del tamiz N° 4.

Asimismo, las gravas y las arenas pueden ser subdivididas en distintas clases en función de su contenido de finos. Cuando el porcentaje en peso que pasa por el tamiz 200 es menor al 5%, se consideran gravas o arenas limpias, y se designan con la letra "W" o "P" después de la clasificación "G" o "S". La letra "W" indica que están bien graduadas, mientras que la letra "P" indica que no lo están. Para diferenciar entre las clasificaciones GW, SW, GP y SP, se deben calcular los siguientes índices.

$$cu = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad cc = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}}$$

Si el coeficiente de uniformidad (Cu) es mayor a 4 y el coeficiente de curvatura (Cc) está entre 1 y 3, se clasificará como GW o SW. Si alguna de estas dos condiciones no se cumple, se clasificará como GP o SP.



Cuando el porcentaje en peso que pasa por el tamiz 200 es mayor al 12%, se considera que las gravas o arenas contienen finos y se les asigna la letra "M" o "C" después de la clasificación "G" o "S", según la plasticidad de estos finos. Si la muestra se encuentra por encima de la línea A en el gráfico de Casagrande o si su índice de plasticidad es mayor a 7, se clasificará como GC o SC. Si cae por debajo de la línea A o si su índice de plasticidad es menor a 4, se clasificará como GM o SM.

Cuando el porcentaje en peso que pasa por el tamiz 200 está entre 5 y 12, se requerirá un doble símbolo sin posibilidad de definir entre uno u otro para su clasificación.

Para clasificar los suelos de grano fino, se utilizan los resultados de los Límites de Consistencia (Límite Líquido e Índice de Plasticidad) y se representan en el diagrama de plasticidades de Casagrande. En dicho diagrama, la muestra se representa como un punto dentro de una de las zonas identificadas por dos letras, siendo la primera letra indicativa del tipo de material:

- M: corresponde a limos inorgánicos
- C: corresponde a arcillas inorgánicas.
- O: corresponde a limos o arcillas de gran contenido orgánico

La segunda letra hace referencia a su plasticidad de la siguiente manera:

- L: indica baja plasticidad cuando el límite líquido de la muestra es inferior a 50
- H: indica la alta plasticidad, cuando el límite líquido de la muestra es superior a 50



Observando la carta de plasticidades de Casagrande, se puede observar una zona de indefinición entre los valores de índice de plasticidad 4 y 7, en los cuales se deja la nomenclatura doble CL- ML; sin posibilidad de resolución (TERZAGHI. K. Y PECK, 1975)

Tabla 3.

Clasificación de suelos

CLASIFICACION DE SUELOS	
SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRE DE GRUPO
GW	Gravas bien Graduadas
GP	Gravas mal graduadas
GM	Gravas limosas
GC	Gravas arcillosas
GW-GM	Gravas bien graduadas con limos
GW-GC	Gravas bien graduadas con arcillas
GP-GM	Gravas mal graduadas con limos
GP-GC	Gravas mal graduadas con arcillas
SW	Arenas bien Graduadas
SP	Arenas mal Graduadas
SM	Arenas limosas
SC	Arenas arcillosas
SW-SM	Arenas bien graduadas con limos
SW-SC	Arenas bien graduadas con arcillas
SP-SM	Arenas mal graduadas con limos
SP-SC	Arenas mal graduadas con arcillas
CL	Arcillas de baja plasticidad
ML	Limos de baja plasticidad
OL	Limos / Arcillas orgánicas
CH	Arcillas de alta plasticidad
MH	Limos de alta plasticidad
OH	Limos / Arcillas orgánicas
PT	Turba

LIMITES DE ATTERBERG Carta de Plasticidad

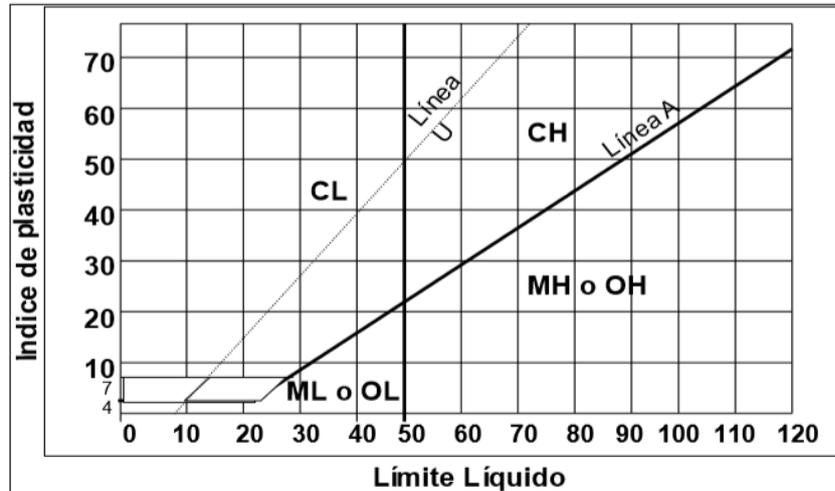


Figura 3. Carta de plasticidad

Fuente: (Libro Fundamentos De La Ingeniería Geotécnica Braja M. Das)

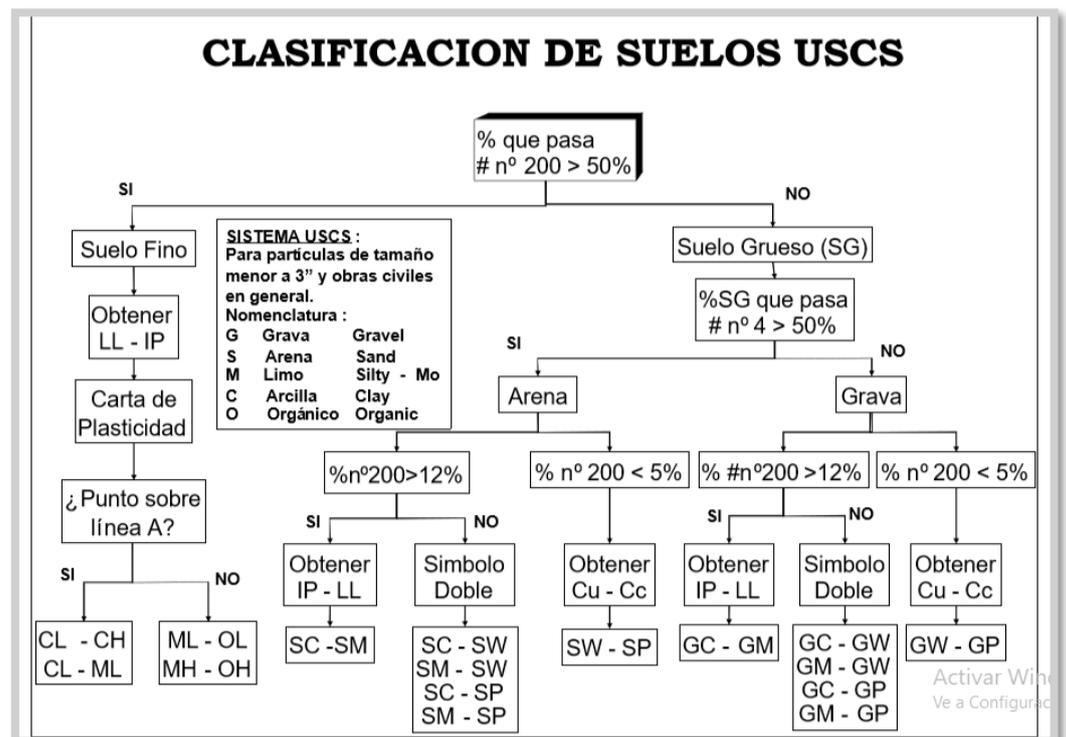


Figura 4. Clasificación de suelos USCS

Fuente (Manual de Carreteras 2013)

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

sistema AASHTO

Clasif. General	Materiales Granulares (35% o menos pasa la malla nº 200)				Limos y Arcillas (35% pasa malla nº 200)						
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Subgrupos	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5/A - 7 - 6
% que pasa tamiz :											
Nº 10	50 máx										
Nº 40	30 máx	50 máx	51 mín								
Nº 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	
Caract. Bajo Nº 40											
LL				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
IP	6 máx	6 máx	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
IG	0	0	0	0	0	4 máx	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos arcillosos	
Terreno fundación	Excelente		Excelente	Excelente a bueno				Regular a malo			

El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 5 es menor o igual a (LL - 30)
El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 6 es mayor a (LL - 30)

Figura 5. Clasificación de suelos sistema AASHTO

Fuente (Manual De Carreteras 2013)

2.1.4 Proctor modificado

Actualmente existen muchos métodos para reproducir al menos teóricamente en laboratorio las condiciones dadas de compactación en terreno. Históricamente el primer método respecto a la técnica que se utiliza actualmente como Prueba Proctor Estándar. El más empleado actualmente es la denominada prueba Proctor Modificado en el que se aplica mayor energía de compactación que el Estándar siendo el que está más de acuerdo con las solicitaciones que las modernas estructuras imponen al suelo. También para algunas condiciones se utiliza el que se conoce como Proctor de 15 golpes (TERZAGHI. K. Y PECK, 1975).

Con este procedimiento de compactación Proctor estudió la influencia que ejercía en el proceso el contenido inicial de agua de suelo. Observó que a contenidos de humedad crecientes a partir de valores bajos se obtenían más altos pesos específicos secos y por lo tanto mejores compactaciones de suelo, pero que esa tendencia no se mantenía indefinidamente, sino que al pasar la humedad de un cierto valor los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones en la muestra; es decir que existe una humedad inicial



denominada humedad óptima que produce el máximo (TERZAGHI. K. Y PECK, 1975).

peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación y por consiguiente la mejor compactación del suelo. (TERZAGHI. K. Y PECK, 1975)

2.1.5 Ensayo de corte directo

La finalidad de los ensayos de corte, es determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga

Para conocer una de estas resistencias en laboratorio se usa el aparato de corte directo, siendo el más típico una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades. Dentro de ella se coloca la muestra de suelo y se aplica una carga vertical de confinamiento y luego una carga horizontal creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra; los ensayos de corte directo en laboratorio se pueden clasificar en tres tipos según exista drenaje y/o consolidación de la muestra, por lo tanto, los valores de “ c ” y “ ϕ ” dependen esencialmente de la velocidad del ensayo y de la permeabilidad del suelo (BRAJA M. D, 1999).

2.1.6 Teoría de terzaghi

Terzaghi (1943), fue el primero en presentar una teoría para evaluar la capacidad de carga de cimentaciones superficiales, la cual dice que una cimentación es superficial si la profundidad D_f de la cimentación es menor o igual al ancho de la misma.

En la forma presentada por Terzaghi, la solución de capacidad de carga puede aplicarse estrictamente solo a los casos en que el manto freático es profundo; las tensiones totales son iguales a todas las tensiones efectivas y los parámetros de tensión de corte deben expresarse en términos de tensión efectiva. (Liset Quesada, 2017)

Terzaghi desprecia la resistencia al corte del suelo situado sobre la profundidad de cimentación D_f al que se considera como una sobrecarga actuando sobre la cimentación (TERZAGHI. K. Y PECK, 1975):

$$q = \gamma * D_f$$

q = Carga
 γ = Peso específico del suelo
 D_f = Profundidad del desplante

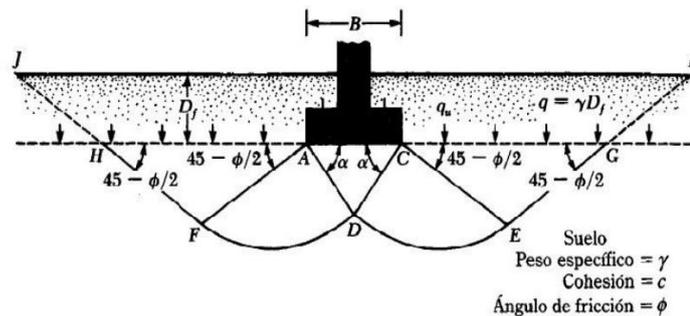


Figura 6. Modelo de falla según Terzaghi
 fuente (Libro Fundamentos De La Ingeniería Geotécnica (Braja M. Das)

La zona bajo la cimentación puede separarse en tres partes como se muestra en la Figura

1. La zona triangular ACD (estado activo) inmediatamente debajo de la cimentación.
2. Las zonas de corte radiales ADF y CDE, con las curvas DE y DF como arcos de una espiral logarítmica.

3. Dos zonas pasivas de Rankine triangulares AFH y CEG. Usando el análisis de equilibrio Terzaghi expresó la capacidad de carga última de la siguiente forma:

$$q_{br} = C N_c + \gamma D N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma$$

Q_{br} = Máxima capacidad de carga, kN/m²

C = Cohesión efectiva, kPa

Γ = Peso específico, kN/m³

D = Profundidad del cimiento, m

B = Ancho del cimiento, m

N_c , N_q , N_γ : Factores de capacidad debido a la cohesión (c), a la sobrecarga (q) y al peso del suelo (γ), y se obtienen en función del ángulo de fricción interna (ϕ);

Las ecuaciones de capacidad de carga de Terzaghi se modificaron para tomar en cuenta los efectos de la forma de la cimentación (B/L), profundidad de empotramiento (D_f), e inclinación de la carga;

A partir de las consideraciones de Terzaghi, otros autores e instituciones prestigiosas (Brinch - Hansen 1961,1970; Sokoloski 1960; SNIP 1984; ANSI 1980; Eurocódigo 1997), han coincidido en la estructura de la expresión, observándose algunas variaciones en cuanto a los valores de los factores de capacidad (N_c , N_q , N_γ) a partir de considerar distintos modelos de falla; Los factores N_c , N_q , N_γ están en función del ángulo de fricción interna ϕ . Para el caso particular de N_γ , el intervalo de valores es muy amplio dependiendo de los autores, las condiciones de los suelos analizados, y de las regulaciones establecidas en cada país (TERZAGHI. K. Y PECK, 1975).

En la actualidad existen tres tendencias para el análisis de N_γ . La tendencia clásica, representada por Brinch Hansen y Meyerhof, cuyos valores son



los más bajos y conservadores de todos; otro grupo de valores propuestos por autores más jóvenes, y que en la mayoría de los casos se encuentran incluidos y respaldados por Normas y Códigos de reconocido prestigio internacional, cuyos valores recomendados de $N\gamma$ son superiores a los 9 clásicos, y existe un tercer grupo de autores que recientemente se salen un poco fuera de la media de los valores de $N\gamma$ propuestos como posibles por los autores anteriores llegando a obtener cifras mayores considerablemente, y que no han sido admitidos por normativa alguna y quizás por el propio hecho de ser demasiado osados en sus cálculos. Todos estos autores, sin excepción, han obtenido un resultado común, y es el aumentar el valor de $N\gamma$ respecto a los valores clásicos. (Quevedo G. & Gonzales-Cueto, 2000)

2.2 FENÓMENOS DE FILTRACIÓN EN CIMENTACIONES EN PRESAS

2.2.1 Flujo de filtraciones en suelos

Los suelos Los suelos tienen vacíos interconectados a través de los cuales el agua puede fluir de puntos de alta energía a puntos de baja energía. El estudio del flujo de agua a través de un suelo o roca como medio poroso es importante en la mecánica de suelos y rocas, siendo necesario para estimar la cantidad de infiltración subterránea bajo varias condiciones hidráulicas, para investigar problemas que implican el bombeo de agua para construcciones subterráneas y para el análisis de estabilidad de las presas de tierra y de estructuras de retención sometidas a fuerzas de infiltración, (ARELLANO, 2015)

La presencia de agua en el suelo tiene un impacto significativo en su comportamiento, ya que afecta la forma de las partículas y las fuerzas transmitidas a través de ellas. El flujo de agua en el macizo rocoso puede ocurrir tanto a través de la roca intacta o matriz, como a través de las discontinuidades presentes. En el



primer caso, el flujo de agua a través de la roca intacta puede ser de poca relevancia en rocas como las ígneas, calizas intactas, algunos tipos de yeso, etc., debido a su baja permeabilidad. Sin embargo, en rocas sedimentarias como las areniscas, la permeabilidad primaria intergranular puede llegar a ser significativa (ARELLANO, 2015)

2.2.2 Velocidad de descarga y filtración real

a) Velocidad de Descarga.

Es la cantidad de agua que fluye por unidad de tiempo a través de una sección transversal total unitaria de suelo perpendicular a la dirección del flujo. Esta se deduce directamente de la ecuación de Darcy, (JUAREZ B.E, 1996)

$$V=Ki$$

b) Velocidad de Filtración (v1).

En esta velocidad se toma en cuenta la existencia de una fase solida impermeable y es la velocidad media de avance del agua en la dirección del flujo, (JUAREZ B. E, 1995)

$$v1 = (1 + e) / e * V$$

e = relación de vacíos

V = velocidad de descarga – ecuación de Darcy

c) Velocidad Media Real (v2).

El agua recorre la longitud L al atravesar el suelo, sino una línea sinuosa o irregular de longitud Lm. Entonces si V2 es la velocidad media real. (JUAREZ B.E, 1996)

$$v2 = v1 * Lm/L$$



2.2.3 Número de Reynolds

Los diferentes regímenes de flujo y la asignación de valores numéricos de cada uno fueron reportados por primera vez por Osborne Reynolds en 1883. Reynolds observó que el tipo de flujo adquirido por un líquido que fluye dentro de una tubería depende de la velocidad del líquido, el diámetro de la tubería y de algunas propiedades físicas del fluido. Así, el número de Reynolds es un número adimensional que relaciona las propiedades físicas del fluido, su velocidad y la geometría del ducto por el que fluye y está dado por:

$$\mathbf{Re} = \mathbf{D} * \mathbf{v} * \mathbf{\rho} / \mathbf{\mu}$$

Re	:	Numero de Reynolds
D	:	Diámetro del ducto
v	:	velocidad promedio del liquido
ρ	:	Densidad del liquido
μ	:	Viscosidad del liquid

El número de Reynolds aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande). Si el número de Reynolds es menor de 2100 el flujo será laminar y si es mayor de 3000 el flujo será turbulento. El mecanismo y muchas de las razones por las cuales un flujo es laminar o turbulento es todavía hoy objeto de especulación. (GALOFRE A, 1980-)

2.2.4 Ley de Darcy

El flujo de agua puede ser de dos tipos: laminar y turbulento. El régimen de flujo se considera laminar cuando las trayectorias de las gotas de agua (las líneas de corriente) no interfieren unas con contra otras. En caso contrario, se trata de un flujo turbulento. Para el estudio de filtraciones en el terreno, salvo en algunos casos especiales de suelos de gran permeabilidad, flujo a través de

grandes fisuras, flujo en karst, etc., se suele considerar que el régimen es laminar.

(GONZALES DE VALLEJO, 2002)

En estas condiciones es aplicable la llamada ley de Darcy y se puede suponer que la velocidad de flujo es proporcional al gradiente hidráulico:

$$v = k * (\Delta h / L) = ki$$

Siendo k la permeabilidad del medio (expresada por el coeficiente de permeabilidad), y ki la velocidad media del agua a través de una sección macroscópica de suelo, es decir, la velocidad aparente a lo largo de las líneas de flujo teóricas, L es la longitud del tramo a ensayarse.

2.3 PERMEABILIDAD

La permeabilidad del suelo depende de varios factores: viscosidad del fluido, distribución del tamaño de los poros, distribución del tamaño de las partículas, proporción de vacíos, rugosidad de las partículas, materia mineral y saturación del suelo. La textura de la arcilla juega un papel importante en la permeabilidad y otros factores importantes afectan la permeabilidad del suelo. La permeabilidad de la arcilla.

Tabla 4.

Valores típicos para la permeabilidad de suelos

Tipo de Suelos	K(cm/s)
Gravas Limpias	100 – 1
Arenas Gruesas	1.0 – 0.01
Arenas Finas	0.01 – 0.001
Arcillas Limosas	0.001 – 0.00001
Arcillas	0.000001

El valor del coeficiente de permeabilidad k varía ampliamente para diferentes

suelos, En la tabla anterior se dan algunos valores típicos para suelos saturados, la permeabilidad de suelos no saturados es menor y crece rápidamente con el grado de saturación.

La permeabilidad también está relacionada con las propiedades del fluido que pasa a través del suelo por la siguiente ecuación.

$$k = \frac{\gamma_w}{n} \bar{k} \quad \text{donde:}$$

γ_w = peso específico del agua

n = viscosidad del agua

\bar{k} = permeabilidad absoluta

La permeabilidad absoluta, \bar{k} se expresa en unidades de longitud al cuadrado, es decir en cm²). (BRAJA M. DAS, 2001)

2.3.1 Determinación en laboratorio de la permeabilidad

Para determinar la permeabilidad hidráulica del suelo se utilizan dos pruebas de laboratorio: la prueba de carga constante y la prueba de carga variable, la primera se utiliza principalmente en suelos de grano grueso. Sin embargo, para suelos de grano fino, la tasa de flujo a través del suelo es muy baja, por lo que se prefieren las pruebas de carga variable. A continuación, se muestra una breve descripción de cada prueba.

a) Prueba de la carga constante

Un arreglo típico de la prueba de permeabilidad bajo carga constante se muestra en la figura 4.4. En este tipo de arreglo de laboratorio, el suministro de agua se ajusta de tal manera que la diferencia de carga entre la entrada y la salida permanece constante durante el periodo de prueba. Después que se ha establecido



una tasa constante de flujo, el agua es recolectada en una probeta graduada durante cierto tiempo. El volumen total de agua Q recolectada se expresa como.

$$Q = Avt = A(ki)t \quad (a) \text{ donde}$$

A = área de la sección transversal de la muestra de suelo

T = duración de la recolección del agua, Además, como:

$$i = \frac{h}{L} \quad (b) \text{ donde}$$

L = Longitud del espécimen, la ecuación (a) se sustituye en la ecuación

(b) y se obtiene.

$$Q = A \left(k \frac{h}{L} \right) t \quad (c)$$

$$k = \frac{QL}{Aht} \quad (d)$$

(BRAJA M. DAS, 2001)

b) Prueba de carga variable

Un arreglo típico de la prueba de permeabilidad bajo carga variable se muestra en la ecuación v a i . El agua de una bureta fluye a través del suelo. La diferencia inicial de carga, h_1 en el tiempo $t = t_2$ sea h_2

La tasa de flujo q del agua, a través de la muestra en cualquier tiempo t se expresa por.

$$q = k \frac{h}{L} A = -a \frac{dh}{dt} \quad (e)$$

a = área de la sección trasversal de la bureta.

A = área de la sección trasversal de la muestra del suelo.



Reordenando la ecuación (e), Se tiene:

$$dt \frac{aL}{Ak} \left(-\frac{dh}{h}\right) \quad (f)$$

Al integrar el lado izquierdo de la ecuación (f) con límites de tiempo entre 0 y t y el lado derecho con límites de diferencia de carga entre h_1 y h_2 , se obtiene

$$t = \frac{aL}{Ak} \log_e \frac{h_1}{h_2}$$

$$k = 2.303 \frac{aL}{Ak} \log_{10} \frac{h_1}{h_2}$$

(BRAJA M. DAS, 2001)

2.3.2 Metodo para medir la permeabilidad del suelo

El coeficiente de permeabilidad de un suelo es un dato cuya determinación correcta es de fundamental importancia para la formación del criterio del proyectista en algunos problemas de mecánica de suelos y, en muchos casos para la elaboración de sus cálculos.

Hay varios procedimientos para la determinación de la permeabilidad de los suelos: unos “directos”, así llamados por que se basan en pruebas cuyo objetivo fundamental es la medición de tal coeficiente; otros “indirectos”, proporcionados en forma secundaria, por pruebas y técnicas que primariamente persiguen otros fines. Estos métodos son los siguientes:

- | | | | |
|----|--|----|---|
| a) | Directos | b) | Indirectos |
| 1. | permeámetro de carga constante. | 1. | Calculo a partir de la curva granulométrica |
| 2. | Permeámetro de carga variable | 2. | Calculo a partir de la prueba de carga variable |
| 3. | Prueba directa de los suelos en el lugar | | |



3. Cálculo con la prueba

horizontal de capilaridad

En la tabla N° 08 debido a A. Casagrande y R. E. Fadum, aparecen las interrelaciones entre el coeficiente de permeabilidad, los tipos de suelos y los métodos de prueba aplicada en cada caso. El valor del coeficiente de permeabilidad se ha puesto en escala logarítmica, debido a que el intervalo completo de valores que se maneja en mecánica de suelos oscila entre 10^{+2} y 10^{-9} cm/seg.

A continuación, se describe el método a partir de la curva granulométrica

Método A Partir De La Curva Granulométrica. –

Desde hace tiempo se ha tratado de establecer correlaciones entre la granulometría de un material y su permeabilidad. Es obvio que existen razones para creer que pudieran establecerse tal correlación; en suelos arenosos gruesos, los poros entre las partículas minerales son relativamente grandes y por ello la permeabilidad resulta comparativamente alta; en suelos de menores tamaños, los poros y canalículos entre los granos son más pequeños, por lo cual estos materiales son de menor permeabilidad. Desgraciadamente, en la práctica estas correlaciones tienen un valor muy limitado, sobre todo debido al hecho de que otros factores, aparte del tamaño, ejercen notoria influencia en el valor del coeficiente en estudio; estos factores se han resistido, hasta hoy, a ser introducidos en una fórmula única, por lo que no hay ninguna que los tome cuenta de modo aceptable. Así pues, las expresiones que abajo se detallan deben verse como una manera muy tosca de evaluar la permeabilidad de un suelo y de ningún modo sustituyen a métodos más precisos, y desgraciadamente, más complicado y

costoso, en todos los casos en que un conocimiento correcto del valor de k sea necesario.

Prácticamente todos los métodos del tipo en estudio siguen la fórmula de (Allen Hazen 1892):

$$k = CD_{10}^2 \left(\frac{\text{cm}}{\text{seg}} \right)$$

En donde k es el coeficiente de permeabilidad expresado en (cm/seg) y D_{10} (cm)

2.4 Líneas de corriente y líneas equipotenciales

El empleo de la representación gráfica para el flujo que traspasa el suelo se lleva a cabo a través de lo que se denomina como red de flujo. De la red de flujo se puede obtener información relativa a los problemas planteados, (GÁLVEZ C., 1994)

El camino seguido por una partícula de agua en su recorrido de escurrimiento o filtración a lo largo de una masa de suelo saturado es llamado línea de corriente, un ejemplo de estas, son las líneas curvas, suaves y sólidas, que pasan por debajo de un muro de contención construido con una pantalla de estacas como el que se muestra en la figura N°7,

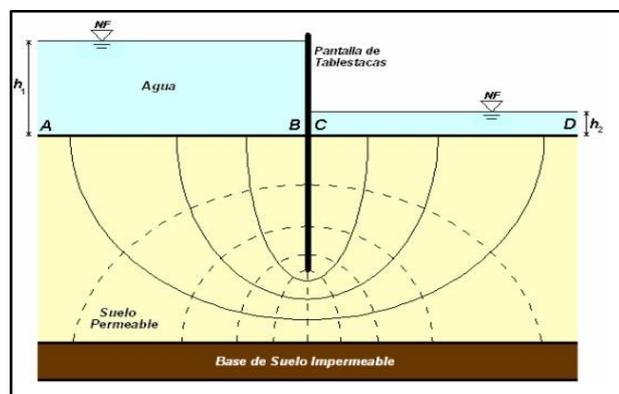


Figura 7. Diagrama de líneas de corriente y líneas equipotenciales



Fuente (Libro Fundamentos De La Ingeniería Geotécnica Braja M. Das)

Cada línea de flujo se origina en un punto ubicado en la línea AB, con una diferencia de carga de presión ($h = h_1 - h_2$) que se disipa debido a la fricción viscosa, y finaliza en la línea CD, donde la carga de presión es igual a h_2 . A lo largo de toda la línea, existe un punto donde el agua ha disipado una porción específica conocida como su potencial. Una línea que conecta todos estos puntos de igual carga se denomina línea equipotencial (representadas por líneas punteadas en la figura N° 7). En otras palabras, en todos los puntos de una misma línea equipotencial, el agua alcanza el mismo nivel piezométrico cuando se mide con un piezómetro. Estas líneas se asemejan a las curvas de nivel que representan igual energía, y las líneas de flujo las intersectan perpendicularmente, ya que el agua se desplaza desde niveles de mayor energía hacia niveles de menor energía, siguiendo los caminos de mayor gradiente de energía. Este fenómeno es similar a cómo el agua fluye cuesta abajo en una colina, siguiendo la pendiente máxima desde niveles más altos hacia niveles más bajos (TORRES N. A, 2010)

El conjunto de líneas de flujo y equipotenciales se conoce como red de flujo, y es una herramienta poderosa para resolver problemas de filtración de agua. Aunque existen innumerables líneas de flujo y equipotenciales, se seleccionan aquellas que brindan una representación más completa y una forma más conveniente de explicar el fenómeno. Esta selección se realiza para ofrecer una visión general del sistema y facilitar la comprensión de los procesos involucrados (TORRES N. A, 2010)

2.5 RED DE FLUJO

La red de flujo es la conjunción de las líneas de corriente y las líneas equipotenciales, y se utiliza para determinar el movimiento del agua subterránea. Estas líneas siguen reglas de trazado específicas. Sin embargo, es importante destacar que las dos familias de curvas son ortogonales únicamente en suelos isotrópicos. En el caso de

suelos anisótropos, es necesario aplicar transformaciones para tratarlos como si fueran isotrópicos y así poder utilizar las reglas establecidas (Torres N. A., 2010).

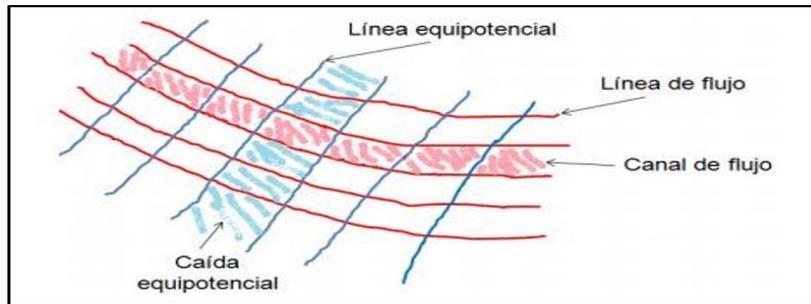


Figura 8. Red de flujo (TORRES N. A, 2010)

El caudal que fluye entre dos líneas consecutivas es el mismo por unidad de ancho, las líneas equipotenciales no pueden cortarse entre sí, dentro del medio fluido, tampoco las líneas de corriente pueden cortarse entre sí dentro del medio fluido. (BRAJA M. D, 1999)

Se trata entonces de definir en cada caso las condiciones de frontera específicas del problema a trazar, cumpliendo con estas, las dos familias de curvas ortogonales, obteniendo así una verdadera imagen gráfica del problema, que si ha sido realizada con cuidado podrá ser lo suficientemente buena para los fines ingenieriles. (BOWLE, 1995)

Para establecer las redes de flujo, se sigue el siguiente procedimiento:

Dibujar la geometría del problema a escala.

Dibujar las líneas de flujo y equipotenciales conocidas del contorno.

Trazar varias líneas de corriente perpendiculares a las líneas equipotenciales conocidas del contorno.

Dibujar las líneas equipotenciales necesarias para obtener cuadrados curvilíneos, asegurando la perpendicularidad entre las dos familias de curvas (Ilustración N° 10).

Distribuir uniformemente la pérdida de carga total entre las equipotenciales.



Identificar cada canal de flujo como el espacio comprendido entre dos líneas de corriente.

Asegurar que todos los canales de flujo transporten el mismo caudal, considerando el número de canales de flujo (N_f) y el número de caídas sucesivas de potencial (N_d).

Calcular la pérdida de carga (dh) entre equipotenciales dividiendo la pérdida total de carga (Δh) entre el número de caídas sucesivas de potencial (N_d):

$$dh = \Delta h / N_d.$$

Calcular el caudal que fluye en la red, utilizando la constante de permeabilidad (K):

$$q = K \Delta h / N_d.$$

Calcular el caudal total (Q) considerando que todos los canales transportan el mismo flujo:

$$Q = K \Delta h * N_f / N_d.$$

Determinar la presión intersticial en un punto conocido utilizando la equipotencial correspondiente y la altura piezométrica (h_p):

$$h_p = h_A - N_d * \Delta h / N_d = Z_p - u_p / \gamma_w.$$

Calcular la presión intersticial (u_p) despejándola en la fórmula:

$$u_p = \gamma_w (h_A - N_d * \Delta h / N_d - Z_p).$$

2.6 CARACTERISTICAS DE LA PRESA DE TIERRA

Una presa de embalse es una estructura construida en una corriente natural para almacenar una parte del caudal que transporta. Su diseño debe garantizar la resistencia



necesaria para soportar la presión del agua y evitar filtraciones a lo largo de la estructura y en las superficies de contacto con el terreno circundante. Además, la presa debe contar con elementos complementarios que permitan el paso controlado del agua que no se almacena y con estructuras de captación para distribuir el agua embalsada a los usuarios del sistema (RODRIGUEZ, 2012)

En la práctica se han desarrollado diferentes tipos de presas, y en cada caso particular se selecciona el tipo de presa que mejor se acomode a las condiciones locales, tales como altura de la presa, acondicionamiento y facilidades de acceso de la zona, cimentación que se requiere, costo y transporte de materiales y seguridad. En la actualidad, los tipos de presa más comúnmente utilizados son los de tierra.

En el diseño hidráulico de una presa de embalse, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

2.6.1 Demanda

Se refiere a la cantidad de agua necesaria para satisfacer las demandas del sistema en consideración. En situaciones donde el río o arroyo seleccionado como fuente de suministro puede proporcionar el caudal requerido en ciertos períodos, pero falla en otros, se realizan estudios hidrológicos adicionales de la fuente. El objetivo de estos estudios es determinar si la construcción de un embalse puede resolver este problema. Como resultado de estos estudios, se determina el volumen de almacenamiento necesario, el cual representa la cantidad de agua que debe ser almacenada para garantizar el suministro continuo de agua para satisfacer la demanda (ARELLANO, 2015)



2.6.2 Volumen útil de almacenamiento

El volumen útil del embalse representa la capacidad de almacenamiento disponible para abastecer a los usuarios del sistema. Este volumen se determina mediante el uso de modelos de simulación hidrológica, que toman en cuenta diversas variables como las características físicas del embalse, los caudales naturales que ingresan al embalse, las precipitaciones directas en el área del embalse, las pérdidas por evapotranspiración, infiltración y vertimientos, así como el suministro de agua a los usuarios. Cuando el volumen útil es inferior al volumen requerido, el embalse no puede satisfacer la demanda de manera continua, lo que resulta en fallos en el suministro y posibles racionamientos. Sin embargo, existen ciertos márgenes de tolerancia que permiten al sistema operar con racionamientos ocasionales (ARELLANO, 2015)

2.7 TIPOS DE CIMENTACIONES

2.7.1 Cimentaciones en arcillas expansivas

Se produce en suelos arcillosos debido a la reacción de determinados minerales de la arcilla al tener contacto con el agua. Estos minerales absorben agua y aumenta de volumen. Un ejemplo es la montmorillonita, que puede tener un aumento de volumen del 100 %. (BRAJA. M.D, 2006).

2.7.2 Cimentaciones en suelos colapsables

El colapso se refiere a la reducción de volumen experimentada por un suelo parcialmente saturado cuando se incrementa su contenido de humedad bajo una carga externa. Este fenómeno ocurre en suelos con una estructura que contiene huecos significativos. La estabilidad de esta estructura puede mantenerse bajo la influencia de una carga específica si las conexiones entre las partículas son lo suficientemente fuertes (en estado seco)(BRAJA. M.D, 2006)



En caso de que los enlaces se debiliten, por ejemplo, debido a la saturación del suelo, la estructura tiende a reorganizarse hacia una configuración más compacta. Esto conlleva una disminución del volumen, lo cual puede comprometer la integridad de la estructura que está apoyada sobre dicho suelo.

2.7.3 Cimentaciones en rellenos

La expansión de la construcción en áreas urbanas ha aumentado la necesidad de reconocer y abordar los rellenos presentes en el terreno. Esto plantea diversos desafíos para las cimentaciones en estas zonas, entre los cuales se destacan los siguientes problemas:

- La variabilidad en las características de los rellenos.
- Los desplazamientos significativos relacionados con cargas moderadas.
- La dificultad de predecir su respuesta.
- La inaplicabilidad de supuestos utilizados para otros tipos de suelos.

La compacidad de estos rellenos suele ser muy baja con índices de poros muy altos, siendo en general estructuras muy abiertas. (BRAJA. M.D, 2006)

2.7.4 Cimentaciones en rocas

Los cimientos en roca, incluyendo las cuarcitas, no presentan ningún problema de resistencia para presas de tierra pequeñas. Los peligros principales que hay que tener en cuenta, son los debidos a la erosión por filtración y la excesiva pérdida de agua a través de las juntas, fisuras, grietas, estratos permeables, y planos de fractura. (Deere 1964).

2.8 CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO

Cuando una cimentación es sometida a una carga gradual y centrada a lo largo del tiempo, se evidencia un incremento en el hundimiento de la cimentación en el suelo, el cual puede ser representado en un gráfico. En la etapa inicial, cuando las cargas sobre



la cimentación son bajas, el hundimiento aumenta de forma proporcional a la carga, mostrando un comportamiento elástico.

Si seguimos aumentando la carga la curva de asiento-carga se hace asintótica de tal manera que el terreno ya no admite más carga, pero el terreno sigue deformándose, se dice entonces que se ha alcanzado la presión de hundimiento, que en cada suelo depende de su resistencia al esfuerzo de corte, dimensiones de la cimentación, profundidad, etc. (VESIC. A, 1973).

2.9 PRESAS

En ingeniería, se utiliza el término "presa" o "represa" para referirse a una estructura construida artificialmente en un desfiladero o una cerrada sobre un río o una laguna. Esta estructura, fabricada principalmente con piedra, hormigón o materiales sueltos, tiene como objetivo principal almacenar el agua del cauce fluvial para su posterior uso en abastecimiento de agua potable, riego agrícola o generación de energía hidroeléctrica. Al elevar el nivel del agua, se permite su desviación hacia canales de riego, se controla el caudal en épocas de crecidas (previniendo inundaciones aguas abajo de la presa) y se aprovecha la energía cinética generada por la transformación de la energía potencial almacenada.

Una presa consta de diversos componentes esenciales, entre los cuales se encuentran:

- Embalse: es el volumen de agua almacenado detrás de la presa.
- Vaso: es la zona del valle que se inunda cuando el embalse está lleno.
- Cerrada o boquilla: es el punto específico del terreno donde se construye la presa.



- Pantalla o cortina: es la estructura principal de la presa, cuyas funciones principales son garantizar la estabilidad de toda la construcción frente a la presión hidrostática del agua y prevenir la filtración.
- Paramentos o taludes: son las superficies principales, una interna (aguas arriba) en contacto con el agua y otra externa (aguas abajo) que limitan el cuerpo de la presa.
- Coronación: es la parte superior de la presa que la delimita.
- Estribos o empotramientos: son los laterales del muro que se apoyan en la cerrada.
- Cimentación: es la parte de la estructura de la presa que transmite las cargas al terreno, incluyendo la presión hidrostática y el peso propio de la estructura.
- Aliviadero o vertedero hidráulico: es la estructura por la cual el agua rebosa cuando el embalse alcanza su capacidad máxima.
- Compuertas: son dispositivos mecánicos que regulan el caudal de agua a través de la presa.
- Desagüe de fondo: permite mantener un caudal mínimo aguas abajo de la presa y drenar el embalse si es necesario.
- Tomas: son estructuras hidráulicas más pequeñas que se utilizan para extraer agua de la presa para diversos usos específicos (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

2.9.1 Clasificación de presas

a) Según Su Función

- Para almacenamiento de agua.
- Para obtención de energía.
- Para derivar una corriente de agua.

b) Según los materiales que se emplean en su construcción



- Presas de tierra.

Un terraplén de una presa consiste en una estructura compactada que incluye un núcleo central impermeable. Es crucial considerar las filtraciones, que ocurren cuando el agua atraviesa los vacíos existentes en el suelo, ya que pueden causar el lavado del suelo, sifonamiento y erosión interna dentro de la presa.

- Presas de hormigón.

Son ampliamente utilizadas en países desarrollados debido a su capacidad para construir estructuras estables y duraderas. Este material ofrece un cálculo confiable en comparación con otros materiales. Por lo general, las presas de gravedad, arco y contrafuerte están construidas con este material.

Sin embargo, estas presas tienen componentes altamente permeables, por lo que es necesario agregar un elemento impermeabilizante. Además, debido a la falta de cohesión en sus materiales, estas estructuras resisten únicamente por gravedad y no pueden transmitir los empujes del agua al terreno. El elemento impermeabilizante puede ser arcilla, ubicada en el corazón del relleno, o una pantalla de hormigón, que se puede construir en el centro del relleno o aguas arriba. Es importante destacar que estas presas tienen el riesgo de colapsar y dañarse si son sobrepasadas por el agua durante una crecida (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

- Presas de enrocamiento.

Con una cara de hormigón: Este tipo de presas a veces se clasifica como presas de materiales sueltos, pero su método de construcción y su comportamiento estructural son diferentes. La retención del agua se logra mediante una cortina compuesta por fragmentos de roca de diferentes tamaños,



que sostienen una cara de hormigón en el lado del embalse, que actúa como elemento impermeable. La cara de hormigón está apoyada en la cimentación a través de un elemento de transición conocido como plinto, que proporciona soporte a las losas de hormigón (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

a) Según su estructura.

- Presa de arco.

Es aquella en la que su propia forma es la encargada de resistir el empuje del agua. Debido a que la presión se transfiere en forma muy concentrada hacia las laderas de la cerrada, se requiere que ésta sea de roca muy dura y resistente; constituyen las represas más innovadoras en cuanto al diseño y que menor cantidad de hormigón se necesita para su construcción. (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

- Presa de bóveda o de doble arco.

Cuando la presa tiene curvatura en el plano vertical y en el plano horizontal, también se denomina de bóveda; para lograr sus complejas formas se construyen con hormigón y requieren gran habilidad y experiencia de sus constructores que deben recurrir a sistemas constructivos poco comunes. (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

- Presa de arco – gravedad.

Combina característica de las presas de arco y las presas de gravedad y se considera una solución de compromiso entre los dos tipos. Tiene forma curva para dirigir la mayor parte del esfuerzo contra las paredes de un cañón o un valle que sirven de apoyo al arco de la presa. Además, el muro de contención tiene más



espesor en la base y el peso de la presa permite soportar parte del empuje del agua; este tipo de presa precisa menor volumen de relleno que una presa de gravedad (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

b) Según su aplicación.

- Presas filtrantes o diques de retención.

Son aquellos que tienen la función de retener sólidos desde material fino hasta rocas de gran tamaño transportadas por torrentes en áreas montañosas permitiendo sin embargo el paso del agua (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

- Presas de control de avenidas.

Son aquellas cuya finalidad es la de laminar el caudal de las avenidas torrenciales con el fin de que no se cause daño a los terrenos situados aguas abajo de la presa en casos de fuerte tormenta (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

- Presas de derivación.

El objetivo principal de estas es elevar la cota del agua para hacer factible su derivación controlando la sedimentación del cauce de forma que no se obstruyan las bocatomas de derivación; este tipo de presas son en general de poca altura ya que el almacenamiento del agua es un objetivo secundario (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

- Presas de almacenamiento.

El objetivo principal de estas es elevar la cota del agua para hacer factible su derivación controlando la sedimentación del cauce de forma que no se obstruyan las bocatomas de derivación; este tipo de presas son en general de poca



altura ya que el almacenamiento del agua es un objetivo secundario (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

- Presas de relaves o jales.

Son estructuras de retención de sólidos sueltos y líquidos de desecho producto de la explotación minera los cuales son almacenados en vasos para su decantación; por lo común son de menores dimensiones que las presas que retienen agua, pero en algunos casos corresponden a estructuras que contienen enormes volúmenes de estos materiales; al igual que las presas hidráulicas tienen cortina (normalmente del mismo tipo de material), vertedero y en vez de tener una obra de toma o bocatoma poseen un sistema para extraer los líquidos (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

c) Selección del tipo de presas de tierra.

En algunos casos excepcionales la selección del tipo de presa más adecuada técnica o económica para un emplazamiento dado, podrá hacerse a simple vista. Sin embargo, normalmente se requieren de tanteos técnico-económicos para poder tomar decisiones correctas con el criterio apropiado (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

La elección depende de la disponibilidad de mano de obra y maquinaria o de la facilidad de acceso al emplazamiento; estas consideraciones cobran particular importancia cuando el tiempo para el desarrollo de una presa es un factor restrictivo (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

El mejor tipo de presa para un determinado emplazamiento se elige teniendo en cuenta las características de cada tipo y relacionándolas tanto con las características geológicas del propio emplazamiento y adaptación a las



necesidades que la presa trata de servir, como a las limitaciones impuestas por razones económicas o de seguridad (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

La elección definitiva de un tipo de presa, se hace entonces luego de conocer todos estos factores; normalmente el factor que más influye es el costo, también existen otros factores más importantes que intervienen en la elección del tipo de presa que se va a ejecutar teniendo en cuenta la geomorfología, pero muy aparte de esto los más resaltantes e importantes que hay que tener en cuenta son (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978):

- Topografía.

La topografía determina en muchos la elección del tipo de presa. Un valle estrecho, serpenteado entre laderas rocosas es el indicado para presas de concreto armado; en cambio, una zona de terreno ondulado sugiere una presa de tierra, con aliviaderos independientes; en condiciones intermedias, influirá otras condiciones, pero se debe de tener en cuenta que el principio general sugiere adaptarse a las condiciones naturales (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

- Geología y condiciones de cimientos.

Las condiciones de la cimentación dependen de las características geológicas y del espesor de los estratos que han de soportar el peso de la presa, de su inclinación, permeabilidad y relación con los estratos subyacentes, fallas y fisuras existentes; los cimientos limitan la elección del tipo hasta cierto punto, pues esta limitación se modifica frecuentemente variando la altura de la presa propuesta (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

- Materiales disponibles.



De acuerdo a la cantidad y calidad de los suelos necesarios para la fabricación de la presa hacen un factor determinante en la elección del tipo de presa a usarse; los materiales de construcción de las presas que se pueden disponer junto a la misma pueden ser (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978):

- Tierra para terraplenes.
- Rocas para pedraplenes o revestimiento.
- Agregado para concretos.
- Agregado para filtros.

La eliminación o disminución en el transporte de los materiales de construcción en especial de los empleados para la construcción del cuerpo de presa, influirá considerablemente en el costo de la presa, lo cual influirá directamente en la elección del tipo de presa (RAY. K.L. & JOSEPH. B.F, 1978).

- Emplazamiento.

Se deberá elegir según la topografía y geología del terreno. En el caso de las presas, según el tipo se deberá elegir un lugar con el suelo de cimentación adecuado. Por ejemplo, en presas de tierra se deberá evitar suelos de fundación permeables. Se debe tratar que los materiales necesarios para la construcción se encuentren en las cercanías del emplazamiento de la obra. (LAMBE. T. W, 2002).

2.10 GEODINAMICA EXTERNA.

2.10.1 Grado de meteorización.

Los procesos de meteorización que actúan sobre el macizo rocoso afectan tanto a los bloques de la matriz rocosa como a los planos de discontinuidades existentes; como consecuencia de la meteorización mecánica o física de los macizos rocosos; al romperse los contactos entre granos o producirse la ruptura



de los minerales por la disolución o inyección de las aguas de la glaciación, que finalmente se convierten en hielo llegan a descomponerse y forman los planos de debilidad generándose la inestabilidad del macizo; las discontinuidades son caminos o conductos por donde fluyen los flujos de aguas meteóricas contribuyendo a incrementar la meteorización física y química. (TUMIALAN P., 1993).

2.10.2 Procesos de meteorización.

Los procesos de meteorización están controlados por las condiciones climáticas y sus variables: temperatura, humedad, precipitación, régimen de vientos, etc. que determinan el tipo y la intensidad de las transformaciones físicas y químicas que afectan a los materiales rocosos en superficie. (TUMIALAN P., 1993).

2.11 MARCO CONCEPTUAL.

2.11.1 Carga admisible.

Carga que induce la máxima fatiga admisible en una sección crítica de un miembro estructural. (VESIC. A, 1973).

2.11.2 Cohesión.

Es la atracción entre partículas, originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua; por lo tanto, la cohesión de un suelo variará si cambia su contenido de humedad; la cohesión se mide kg/cm^2 ; los suelos arcillosos tienen cohesión alta de $0,25 \text{ kg/cm}^2$ a 1.5 kg/cm^2 o más; los suelos limosos tienen muy poca y en las arenas la cohesión es prácticamente nula (TERZAGHI. K, 2002).



2.11.3 Angulo de fricción interna.

Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad; como los suelos granulares tienen superficies de las partículas y de su densidad, especialmente si con angulares presentan una buena trabazón tendrán fricciones internas altas; en cambio, los suelos finos las tendrán bajas puesto que no tienen partículas angulares ni uniformes; la fricción interna de un suelo está definida por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento a lo largo de un plano y la fuerza normal “P” aplicada a dicho plano; los valores de este ángulo llamado “ángulo de fricción interna” varía prácticamente de 0° para arcillas plásticas cuya consistencia este próxima a su límite líquido hasta 45° o más para gravas y arenas secas compactas y de partículas angulares; generalmente el ángulo “f” para arenas es alrededor de 30° (TERZAGHI. K, 2002).

2.11.4 Presión admisible del terreno.

La presión máxima admisible por un terreno de cimentación que proporciona la seguridad necesaria para evitar la ruptura de la masa del terreno o el movimiento de los cimientos; esta presión se obtiene aplicando un coeficiente de seguridad impuesto por las normas de edificación a la carga de rotura del terreno (VESIC. A, 1973).

2.11.5 Coeficiente de seguridad.

El coeficiente de seguridad (también conocido como factor de seguridad) es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido; por este motivo es un número mayor que uno que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos; en este sentido, en ingeniería, arquitectura y otras



ciencias aplicadas, es común y en algunos casos imprescindible que los cálculos de dimensionados de elementos o componentes de maquinaria, estructuras constructivas, instalaciones o dispositivos en general incluyen un coeficiente de seguridad que garantice que bajo desviaciones aleatorias de los requerimientos previstos exista un margen extra de prestaciones por encima de las mínimas estrictamente necesarias (BISHOP, 1955).

Los coeficientes de seguridad se aplican en todos los campos de la ingeniería tanto eléctrica como mecánica o civil, etc. (BISHOP, 1955).

2.12 El suelo como material de construcción.

Tradicionalmente, el suelo ha sido definido como un “agregado de partículas minerales, a lo sumo parcialmente cementadas”. Si nos adentramos en el campo de la ciencia y de la técnica esta definición se difumina, adoptando una significación distinta dependiendo de la disciplina que lo estudie. Así, para un ingeniero geotécnico, el suelo es un material natural que, a diferencia de la roca, presenta una marcada modificación de sus propiedades en presencia de agua; para el constructor, no es más que todo aquel material que puede ser excavado sin emplear explosivos. En cualquier caso, el suelo es el soporte último de todas las obras de infraestructura, por lo que es necesario estudiar su comportamiento ante la perturbación que supone cualquier asentamiento antrópico, en nuestro caso una carretera. La Geotecnia –más concretamente la Mecánica de Suelos- viene a demostrarnos que el terreno se comporta como una estructura más, con unas características físicas propias –densidad, porosidad, módulo de balasto, talud natural, cohesión o ángulo de rozamiento interno- que le confieren ciertas propiedades resistentes ante diversas sollicitaciones –compresión, cizalla- reflejadas en magnitudes como la tensión admisible o los asientos máximo y diferencial. En función de todas estas variables pueden establecerse clasificaciones útiles desde el punto de vista constructivo,



estableciendo una tipología de suelos que refleje prbilp= Luis Bañón Blázquez 15 2 las características genéricas de cada grupo y su idoneidad como soporte para los diferentes tipos de construcciones civiles. El objetivo de este capítulo no es otro que conocer más a fondo las propiedades más importantes del suelo de cara a su aplicación directa en la construcción de infraestructuras viarias, así como los procedimientos de ensayo empleados para determinarlas y las clasificaciones más usuales en Ingeniería de Carreteras. (LUIS BAÑÓN BLAZQUES).

2.12.1 Origen y formación de un suelo.

Los suelos provienen de la alteración –tanto física como química- de las rocas más superficiales de la corteza terrestre. Este proceso, llamado meteorización, favorece el transporte de los materiales alterados que se depositarán posteriormente formando alterita, a partir de la cual y mediante diversos procesos se consolidará el suelo propiamente dicho. Aunque posteriormente se establecerán diversas clasificaciones específicas, pueden diferenciarse en una primera aproximación, diversos tipos de suelo en función de la naturaleza de la roca madre y del tamaño de las partículas que lo componen (LUIS BAÑÓN BLAZQUES).

2.12.2 Factores que influyen en el comportamiento del suelo.

Existen tres factores que influyen en el comportamiento de un suelo:

a) Naturaleza y Comportamiento Mineralógica.

Los silicatos son los minerales más abundantes y forman los minerales de las arcillas. Estas tienen una estructura laminar y en capas y presentan un déficit de carga negativa negativa en su superficie que es compensado por cationes positivos absorbidos que compensan el déficit creando una doble capa difusa.



Entre un mineral de arcilla y otro existe una fuerza de repulsión, aunque también puede ser de atracción (fuerzas de Van Der Waals). Se pueden producir unión borde-cara.

Algunos minerales de arcilla por su estructura laminar pueden absorber mucha cantidad de agua y tienen un poder de retención de la misma. Esta agua produce un incremento de volumen en el mineral que disminuye drásticamente cuando se seca (retracción). Se trata por tanto de suelos expansivos muy perjudiciales para la construcción porque los incrementos de volumen no se producen de manera uniforme es decir se originan empujes relativos de una zona a otra y los procesos de retracción producen importantes asentamientos. De cualquier modo, no todos los minerales de arcilla son igual de expansivos. Por otro lado, cabe mencionar los sulfatos que son muy solubles pudiendo ser disueltos y arrastrados por los flujos de agua subterránea perdiéndose material y aumentando consecuentemente la porosidad. A veces se llega a formar oquedades pudiendo producir el colapso de una estructura. Los minerales laminares tenemos Caolinita, Esméctita y Montmorillonita. (SOWERS. G. B., 1972).

b) Textura.

“Se trata de la distribución por tamaños de las partículas de un suelo. Siguiendo la clasificación propuesta por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), este se clasificará dependiendo de su textura en arcilla, limo, arena, grava y cantos rodados. La textura afecta al comportamiento del suelo porque al aumentar el tamaño de las partículas también aumenta la resistencia de este. La textura también influye en la conductibilidad hidráulica; los materiales finos tienen baja conductibilidad hidráulica. A la fracción de la arena, grava y cantos rodados se le suele denominar



fracción gruesa y a la fracción de limos y arcilla se le denomina como fracción fina”. (TERZAGHI. K, 2002).

c) Estructura.

“Es la disposición relativa de unas partículas respecto a otras. En los suelos granulares la estructura viene determinada por la forma de las partículas, mientras que en los suelos de textura fina depende del tipo de fuerzas que predomina, la estructura de los suelos depende de la mineralogía de donde proviene, la estructura de los suelos depende del origen del tipo de roca (ígneas, sedimentaria y metamórfica), cada suelo desintegrado por diversos agentes de la naturaleza tiene diferente estructura”. (TERZAGHI. K, 2002).

2.13 ESTABILIDAD DE TALUDES.

Una superficie de terreno expuesta situada a un ángulo con la horizontal se llama talud o pendiente no restringida, y puede ser natural o construido. “Si la superficie del terreno no es horizontal, una componente de la gravedad ocasionará que el suelo se mueva hacia abajo, como muestra siguiente figura, Si la componente de la gravedad es suficientemente grande ocurrirá la falla del talud; es decir, la masa de suelo en la zona *abcdea* se deslizará hacia abajo. La fuerza actuante vence a la fuerza resistente de la resistencia al corte del suelo a lo largo de la superficie de ruptura. En muchos casos los ingenieros civiles tienen que efectuar cálculos para verificar la seguridad de taludes naturales, taludes de excavaciones y de terraplenes compactados. Este proceso, llamado análisis de la estabilidad de taludes, implica determinar y comparar el esfuerzo cortante desarrollado a lo largo de la superficie más probable de falla con la resistencia cortante del suelo. El análisis de la estabilidad de un talud no es tarea fácil. La evaluación de variables tales como la estratificación del suelo y sus parámetros de resistencia cortante resulta una tarea formidable. La infiltración a través del talud y la selección de una

superficie de deslizamiento potencial se agregan a la complejidad del problema. Este capítulo explica los principios básicos implicados en el análisis de estabilidad”. (BRAJA. M.D, 2006).

2.13.1 Factor de seguridad

La tarea del ingeniero encargado de analizar la estabilidad de un talud es determinar el factor de seguridad. En general, el factor de seguridad se define como:

$$FS_S = \frac{T_f}{T_d} \quad (a)$$

FS_S = Factor de seguridad con respecto a la resistencia.

T_f = Resistencia cortante promedio del suelo.

T_d = Esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie de falla.

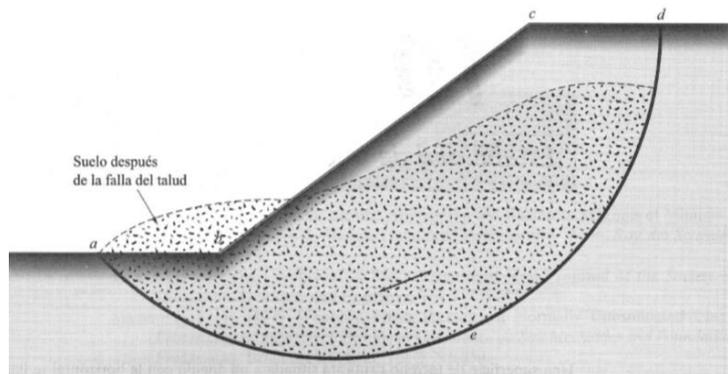


Figura 9. Resistencia cortante de un talud
fuente (libro fundamentos de la ingeniería geotécnica Braja M. Das)

La resistencia cortante de un suelo de dos componentes, la cohesión y la fricción, y se expresa como.

$$\mathcal{T}f = c + \sigma \tan \phi \quad (b)$$

c = cohesión.

ϕ = Angulo de fricción drenada.

σ = esfuerzo normal efectivo sobre la superficie potencial de falla.

de manera similar también podemos decir.

$$T_d = c_d + \sigma \tan \phi_d \quad (c)$$

Donde c_d y ϕ_d son, relativamente, la cohesión efectiva y el ángulo de fricción que se desarrolló a lo largo de la superficie potencial de falla, sustituyendo las ecuaciones (b) y (c) en la ecuación (a), obtenemos.

$$FS_s = \frac{c + \sigma \tan \phi}{c_d + \sigma \tan \phi_d} \quad (d)$$

Podemos ahora introducir algunos otros aspectos del factor de seguridad, es decir el factor de seguridad con respecto a la cohesión FS_c y el factor de seguridad con respecto a la fricción FS_ϕ y se define como sigue:

$$FS_c = \frac{c}{c_d} \quad (e)$$

$$FS_\phi = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d} \quad (f)$$

Cuando se comparan las ecuaciones (d), (e), (f) vemos que cuando FS_c se vuelve igual a FS_ϕ , ese es el factor de seguridad con respecto a la resistencia. O si:

$$\frac{c}{c_d} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d}$$

Podemos escribir

$$FS_s = FS_c = FS_\phi \quad (g)$$

Cuando FS_s es igual a 1, el talud esta en un estado de falla incipiente. Generalmente, un valor de 1.5 para el factor de seguridad con respecto a la resistencia es aceptable para el diseño un talud estable. (BRAJA M. DAS, 2001).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 TIPO DE INVESTIGACION

Es necesario explicar que el tipo de investigación que se realiza a continuación es de carácter descriptivo y explicativo, explicativo porque se explica el desarrollo de la investigación geológica y geotécnica, y descriptivo porque se describe el trabajo realizado en campo, laboratorio y gabinete. Recopilación y análisis y síntesis de la información existente.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

La investigación básicamente está orientada al reconocimiento del terreno, levantamiento topográfico y la apertura de calicatas para luego obtener muestras representativas del terreno de fundación para su posterior análisis en laboratorio de suelos y la determinación de sus propiedades físicas y químicas. Con los resultados obtenidos se realizará una interpretación geotécnica mediante métodos descriptivos y analíticos.

3.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.

La función de la variable es disgregar sus indicadores, con el fin de realizar mediciones con los medios más apropiados para el diseño de la represa Quellococha Soclla.

Tabla 5.
Definición de variables e indicadores

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE	INSTRUMENTOS	UNIDAD DE MEDIDA	
variable independiente	Caracterización geológica del terreno de fundación	Mapeo geológico e investigación geotécnica	Topografía	Software	m. km.	
			Clasificación de suelos	Laboratorio	Peso	
Aplicaciones geotécnicas para el terreno de fundación de la presa Quellococha	Determinación de propiedades físicas y mecánicas del terreno de fundación	Propiedades físicas del suelo	Contenido de humedad	Laboratorio	%	
			Límites de consistencia	Laboratorio	%	
			Propiedades mecánicas del suelo	Cohesión	Laboratorio	(kg/cm ²)
			Angulo de Fricción	Laboratorio	Ø	
			Permeabilidad	Laboratorio	%	
variable dependiente	Evaluación geotécnica para diseño de cimentación	Cálculos de los factores de capacidad portante para cimentación	Valoración numérica	Fórmulas	kg/cm ² , Tn.	



3.4 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se realizará mediante dos métodos que nos ayudaran ordenadamente a realizar nuestro trabajo de investigación.

- **Método cuantitativo,**

En este método aplicaremos un conjunto de estrategias para la obtención y procesamiento de información que emplean magnitudes numéricas y técnicas formales para llevar a cabo el análisis geotécnico para la construcción de la represa, siempre enmarcados en una relación de causa y efecto.

- **Método descriptivo,**

Mediante este método recurrimos a las cualidades Y/O características Geológicas del terreno, aplicándolos justamente para la interpretación y comportamiento del sub suelo.

3.5 INSTRUMENTOS Y RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1 Fuentes de información

Se realiza recolección bibliográfica con el objetivo de recopilar diferentes trabajos existentes relacionados a nuestro trabajo de investigación, recolección de planos, fotografías satelitales, base de datos etc.

3.5.2 Materiales

- Planos.
- Libreta de campo.
- Útiles de escritorio.
- Bolsas de muestreo.
- Winchas.
- GPS.



- Picota de geólogo.
- Picos y lampas.
- Brújulas.
- Cámara fotográfica.

3.5.3 Equipos

- Equipo para levantamiento topográfico.
- Laptop. Marca HP core i5.
- Software para realizar los diseños de presa.
- Software para dibujar los mapas geológicos.

3.5.4 Trabajos de campo

Para cumplir con el objetivo de esta investigación, se han efectuado las siguientes actividades:

- Recopilación y análisis y síntesis de la información existente.
- Reconocimiento de campo.
- Mapeo geológico del área de trabajo.
- Ejecución de calicatas donde se proyecta a construir la presa.
- Toma de muestras en las calicatas ejecutadas.
- Descripción de dato estratigráficos de las calicatas.

3.5.5 Trabajos de laboratorio

- Obtención de resultados de análisis granulométrico y límites de consistencia de los suelos muestreados.
- Obtención de la densidad natural y densidad húmeda de los suelos.
- Determinación del Proctor Modificado.
- Obtención de resultados de ensayos de Angulo de fricción y cohesión los suelos muestreados.

3.5.6 Trabajo de gabinete.

- Cálculo de resultados de análisis granulométrico y límites de consistencia.
- Cálculo de resultados del Proctor Modificado.



- Análisis e interpretación de resultados obtenidos mediante ensayos de laboratorio.
- Elaboración del perfil estratigráfico.
- Elaboración de planos y mapas del área de estudio.
- Redacción del informe final.

CAPITULO IV

ASPECTOS GENERALES DE LOCALIZACIÓN

4.1 UBICACIÓN POLITICA

El lugar de estudios se encuentra ubicado en el departamento de Cusco, provincia de Canas, distrito de Layo, en la comunidad de Limbani Alto.

Tabla 6.

Localización del proyecto

Comunidad	Distrito	Provincial	Departamento
Limbani Alto	Layo	Canas	Cusco

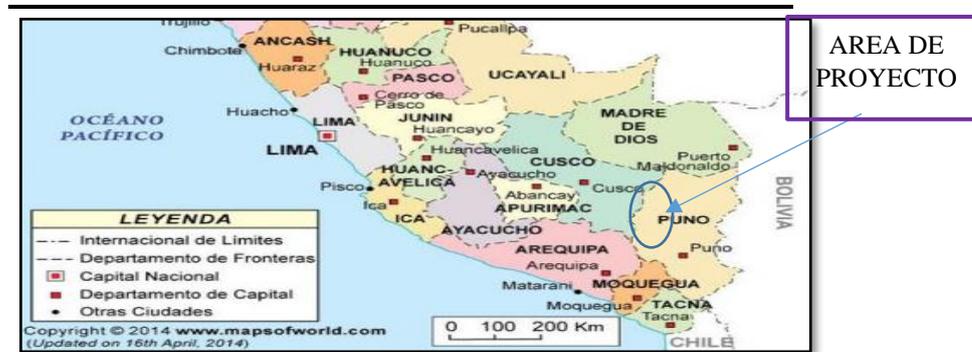


Figura 10. Ubicación política del proyecto

4.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA.

El lugar de estudio se encuentra emplazado entre la cordillera oriental y la occidental, del centro sur este del territorio peruano, entre las coordenadas UTM: E: 228511; N 8416543 S (como Lugar central del proyecto) a una Altitud promedio 4052



Figura 11. Ubicación del proyecto

4.3 ACCESIBILIDAD.

A la zona de estudio se puede acceder por 2 medios (vía terrestre y vía aérea)

a) Vía aérea.

Se usarían los aeropuertos de:

- Lima – Cusco
- Lima – Juliaca

Para luego acceder por carretera hacia la zona de estudios.

b) Vía terrestre.

Por carretera desde la ciudad de Lima, por la Carretera Panamericana Sur hacia Nazca- Puquio - Chalhuanca - Abancay - Cusco - Sicuani - Langui, todo este tramo por carretera asfaltada, luego la trocha Langui - Layo. y para la comunidad de Limbani Alto.

Otra de las vías terrestres es de; Lima – Arequipa – Espinar – Langui, todo este tramo un camino asfaltado, luego Langui - Layo y la comunidad de Limbani Alto, por un camino afirmado.

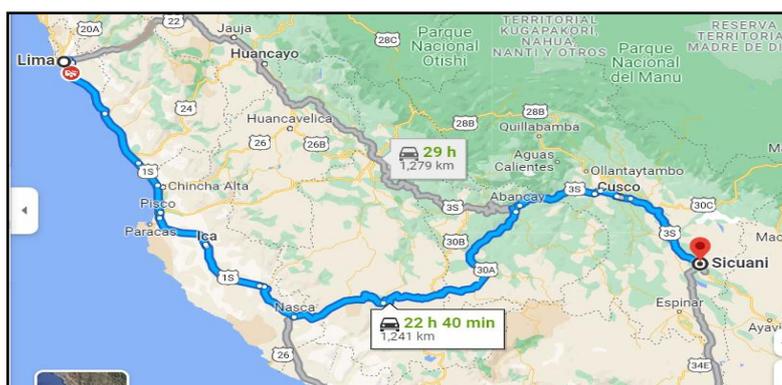


Figura 12. Accesibilidad A La Zona De Estudios

4.4 TEMPERATURA.

La temperatura anual para la zona de los cultivos oscila entre 6,5°C. 14°C. Con



Variaciones de 3,7°C a 8.9°C. de Julio a agosto. Asimismo, la temperatura mínima media anual para el área de cultivos es de 0.6°C, presentándose la estación de invierno entre mayo a julio, con presencia de heladas intensas.

4.5 HUMEDAD RELATIVA.

El valor promedio varía de 64 % en octubre a 74 % en febrero, dando el promedio anual es de 68.44 %. Los valores diarios de humedad suelen seguir ciclos de temperatura. Durante el día, la humedad es baja, y por la noche aumenta.

4.6 HORAS SOL.

En la zona de estudio donde las altitudes están por encima de los 3000 msnm, en las cuales se presentan lluvias intensas, la variación solar alcanzan valores entre 30 minutos y 6 horas diarias, el mes con más horas de sol corresponde a julio con 246,97 horas. y el mes con menos horas es febrero con 133.30 horas. Con estos parámetros se podría calcular la evaporación del espejo de agua.

4.7 VELOCIDAD DEL VIENTO (INTENSIDAD)

La intensidad del viento registrada en la estación base, a las 13 horas, tiene un valor máximo medio mensual de 6.4 m/s. El valor mínimo es de 3.8 m/s, donde los vientos predominan con una dirección de la velocidad de Sur – Oeste, estos ocurren a partir de las 13 hasta las 17 horas; soplando el resto de horas del día en forma constante un promedio diario de 3 m/s.

4.8 GEOLÓGIA REGIONAL

las secuencias geológicas de los estratos existentes en la región de cusco se muestran en la columna estratigráfica siguiente:

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA REGIONAL DE LA REGIÓN CUSCO

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS		ROCAS INTRUSIVAS
			Simbol	Nombre	
Cenozoica	Cuaternario	Holocena	Qh-al	Depósito aluvial	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #f08080; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></div> P-mgr Monzogranito <div style="background-color: #f080f0; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></div> P-lr-gr.gd La Raya - granito, granodiorita </div>
			Qh-cl	Depósito coluvial	
			Q-fl	Depósito fluvial	
			Q-gl	Depósito glacial	
			Q-qm-tr	Depósito químico - travertino	
			NQ-ca	Formación Calasaya	
	Neógeno	Pliocena	Np-b-fb	Grupo Barroso - toba	
			NQ-b-and	Grupo Barroso - andesita	
			NQ-b-da, and	Grupo Barroso - dacita, andesita	
			NQ-qg	Formación Quechua Grande	
	Paleógeno	Miocena	Nm-ma	Grupo Maure	
			PN-t	Grupo Tacaza	
			P-pu	Grupo Puno	
			P-m	Formación Muñani	
Mesozoica	Cretáceo	KsP-a	Formación Auzangate		
		Ks-vi	Formación Viquechico		
		Kis-a	Formación Arcurquina		
		Ki-mu	Formación Murco		
	Triásico	Inferior	Ki-hua	Formación Huancané	
			PET-m	Grupo Mitu	
	Paleozoica	Cisuraliana Pennsylvaniano	CpPEc-t,c	Grupo Tarma, Copacabana	
			SD-a	Formación Ananea	
			SD-cha	Formación Chagrapí	
			Os-c	Formación Calapuja	

Figura 13 Columna estratigráfica regional del Cusco

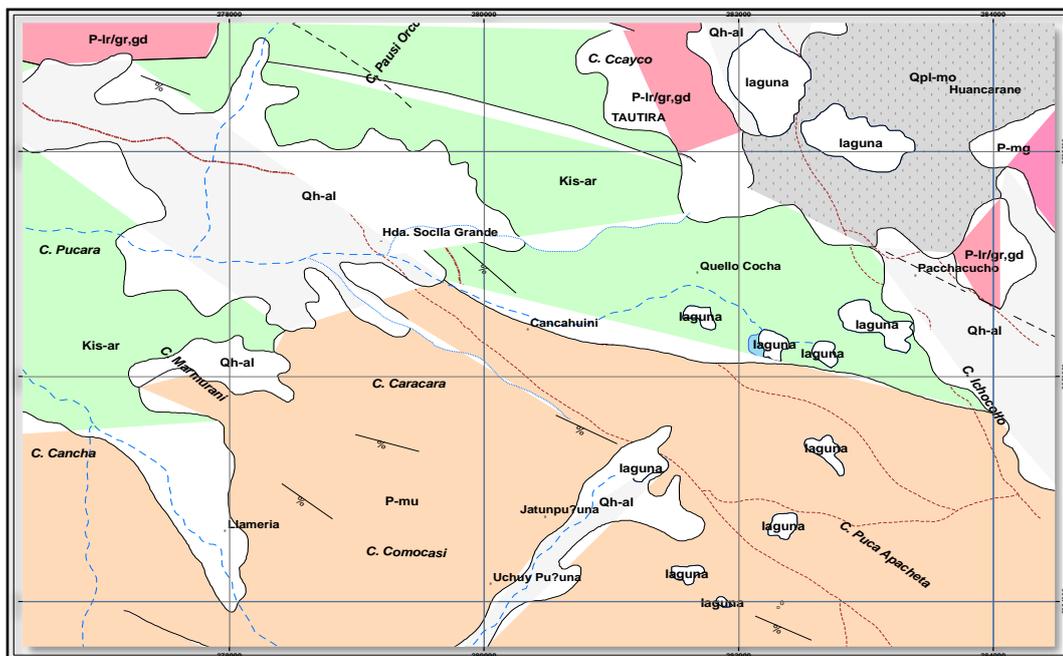


Figura 14. Mapa geológico
COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA	UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA	ROCAS INTRUSIVAS
Cenozoico	Cuaternario	Holocena	Dep. Aluviales	Qh-al gravas y arenas mal graduadas en matriz limosa, gruesas a finas con potencias variables 2 a 3 m	P-l/Gr.Gd Unidad La Raya
		Pleistocena	Dep. Morrenicos	Qpl - mo constituidos por bloques y gravas de origen metamórfico, volcánico y sedimentario de formas sub-angulosas a sub-redondeadas imbuidos en matriz limo-arenosa	
Mesozoico	Cretaceo	Superior	Fm . Muñani	P-mu compuesta por areniscas de grano fino, medio y grueso con intercalaciones de lutitas. Esta formación tiene un marcado color rojizo.	
		Inferior	Fm. Acurquina	Kis-ar está constituido por una intercalación de calizas, limolitas laminares y areniscas arcósicas en estratos tabulares de color ladrillo	

Figura 15. Columna estratigráfica de la región del Cusco

Fuente (INGEMMET BOLETIN N°62, 2019)

a) Depósito aluvial (Qh-al)

Estos depósitos se encuentran dentro del cenozoico, en el sistema cuaternario de la serie holocena las cuales se emplazan en algunas áreas pequeñas de los cauces del río aguas abajo de la laguna, y constituyendo pequeñas explanadas de gravas y arenas mal gradadas con matriz limosa, gruesas a finas con potencias variables 2 a 3 m (los cuales son graficados en el Plano Geológico y la columna estratigráfica designación: (Qr – al).

b) Depósitos morrenicos (Qpl - mo)

Pertenciente a la edad Cuaternaria – Pleistocena constituidos por bloques y gravas de origen metamórfico, volcánico y sedimentario, de formas sub-angulosas a sub-redondeadas imbuidos en matriz limo-arenosa. tal como se puede observar en las fotografías y. Ofreciendo además una geomorfología discordante y contrastante entre el piso sub-horizontal de la laguna y las paredes casi verticales de los cerros circundantes y delimitantes. (Ver fotografías adjuntas).

c) Formación muñani (p-mu)

Correspondientes al mesozoico, del sistema cretácico superior; está compuesta por areniscas de grano fino, medio y grueso con intercalaciones de lutitas, tiene un marcado color rojizo. Discordantemente sobre los anteriores terrenos en el área de estudio, se presentan derrames de tobas e ignimbritas que completan la columna



estratigráfica. En la zona de estudios lo podemos ubicar aflorando cruzando de este a oeste casi paralelo a la formación Acurquina. (kis-ar).

d) Formación acurquina (Kis-ar)

Pertenece al mesozoico, del sistema cretácico inferior, con aproximadamente 200 metros de potencia esta unidad está constituido por una intercalación de calizas, limolitas laminares y areniscas arcósicas en estratos tabulares de color ladrillo, de edad cretácico inferior ubicada en la era mesozoica. en la zona de estudios cubierto por depósitos aluviales y depósitos morrénicos, solo se puede apreciar aflorando en los alrededores de la laguna Quellococha.

e) Unidad la raya (P-L/Gr.Gd)

Pertenece al cenozoico, esta unidad constituida por cuerpos plutónicos en forma de Stock, apófisis que fueron considerados como (P-l/gr,gd) y está conformada por rocas de granitos y granodioritas, se encuentran hacia el norte y al sur de donde se encuentra ubicado el proyectos “represa de Quellococha.

4.9 GEOTÉCNIA DE LA PRESA

La gran variedad de suelos, rocas y diversidad de agentes naturales que condicionan el estado físico y mecánico entre otras propiedades, para efectuar la caracterización fue necesario tomar en cuenta a patrones como criterios, guía, debiendo dejar en claro que el uso de las tablas o patrones referenciales tiene como objetivo el de sistematizar los criterios mas no restringir otros criterios usados en ingeniería; en este sentido en los estribos derecho e izquierdo donde se realizaron pruebas simples de campo con el objetivo realizar la comparación con las Tablas de Clasificación y determinar las características geo mecánicas del área de estudios.

a) Estribo izquierdo de la presa.

Este estribo está conformado por una cobertura de suelo coluvial de composición gravosa limo-arcillosa y clastos de roca angulosa como una transición hacia el macizo rocoso que se encuentra en profundidad.

b) Estribo derecho de la presa.

A su vez también el estribo derecho está constituido por material residual. (arcilla).

c) Área entre estribos de la presa.

Conformado por acumulación de material residual y cobertura vegetal, también en superficie se observa fragmentos de rocas de diámetro menores a 3” y en la base está el macizo rocoso.

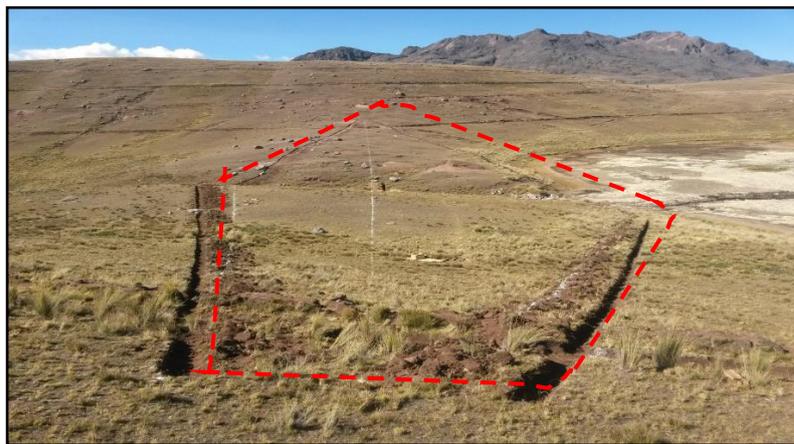


Figura 16. Fotografía donde se construyó la presa Quelloccocho

4.10 INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS EJECUTADAS

La investigación geotécnica para cimentación se realizó con excavaciones exploratorias (calicatas, trincheras), los ensayos de mecánica de suelos se orientaron a determinar los parámetros geotécnicos de los diferentes materiales de cimentación.

Teniendo en cuenta las características geológicas se procedió a ejecutar:

- Excavaciones exploratorias (calicatas suelos)
- Muestreo para ejecutar los ensayos de laboratorio (suelos)



En los Anexos se incluyeron los resultados de los ensayos de laboratorio y de campo realizados con las muestras representativas del área de proyecto.

a) Excavaciones exploratorias

Se ejecutaron un total de 3 excavaciones exploratorias (calicatas) en el eje del cuerpo de presa, los cuales alcanzaron diferentes profundidades; en algunos casos y cuando las condiciones del terreno lo permitían se complementaron con lecturas de los perfiles naturales acción que ha permitido verificar la estratigrafía del área.

También se ejecutaron 2 calicatas exploratorias para identificar las zonas donde se extraerá el material de préstamo para la conformación del cuerpo de presa y el núcleo.

Las excavaciones exploratorias se ubicaron en tramos puntuales dependiendo también de la geología del terreno de fundación del eje de la presa o en la ubicación de las principales estructuras hidráulicas, información que se ha utilizado para definir las características físicas mecánicas del subsuelo: secuencias estratigráficas, contactos geológicos, características físicas y mecánicas del suelo y tipos de suelos con sus correspondientes muestreos disturbados.

Durante la ejecución de las excavaciones se realizaron las siguientes actividades: Registro estratigráfico, clasificación visual según el SUCS, muestreo representativo para los ensayos de laboratorio (Mecánica de suelos). Los perfiles estratigráficos de las excavaciones de calicatas se adjuntan en el anexo respectivo.

b) Ensayos de mecánica de suelos

Los ensayos de mecánica de suelos para la cimentación se orientaron para definir sus principales propiedades físico, mecánicas y así poder visualizar la condición real del subsuelo donde se va a desarrollar la construcción del cuerpo de presa y



aliviadero. Se ejecutaron los siguientes ensayos siguiendo las normas del U.S. Bureau of Reclamación (USBR) y del American Society for Testing Materiales (ASTM):

- Granulometría (ASTM-D-1422).
- Humedad natural (ASTM-D-216).
- Limite líquido (ASTM-D-4318).
- Limite plástico (ASTM-D-4318).

Los resultados de los ensayos de mecánica de suelos se adjuntan en los anexos.

c) Estanqueidad de laderas del embalse

- Imposición de carga en las laderas y fondo del valle equivalente a la altura de agua en cada punto del embalse.
- Elevación del nivel freático en las laderas del embalse.
- Cambios en las condiciones hidrogeológicas de los materiales afectados.
- Oscilación de los niveles freáticos en las laderas del embalse según las condiciones de explotación del aprovechamiento.

Como consecuencia de estos efectos se produce cambios tensionales cuyas consecuencias pueden dar lugar a inestabilidades en las laderas del embalse.

Ante el riesgo de que se puedan producir estas situaciones de inestabilidad fue necesario investigar la existencia de deslizamientos o zonas inestables las cuales luego de la evaluación no se observaron deslizamientos, por lo tanto, no presentan riesgo de esta índole.

CAPITULO V

EXPOSICIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 CONDICIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN DE LA PRESA

5.1.1 Condiciones geológicas

En la geología del área se encuentra depósitos aluviales y morrénicos y las formaciones Muñani y Acurquina,

a) Geológico local

El área de estudio, donde se proyecta la construcción de la presa Q'ellococha, es una zona cubierta por materiales cuaternarios como: depósitos coluviales, y morrénicos, también se pueden observar áreas de bofedales cubiertos de vegetación, por debajo de estos depósitos cuaternarios se encuentra la formación Acurquina (Kis-ar), que pertenece al mesozoico, sistema cretácico inferior, con una potencia aproximada de 200 metros, presentando, intercalaciones de calizas y limolitas en estratos tabulares, aflorando a en algunos sectores aledaños a la presa Quellococha.

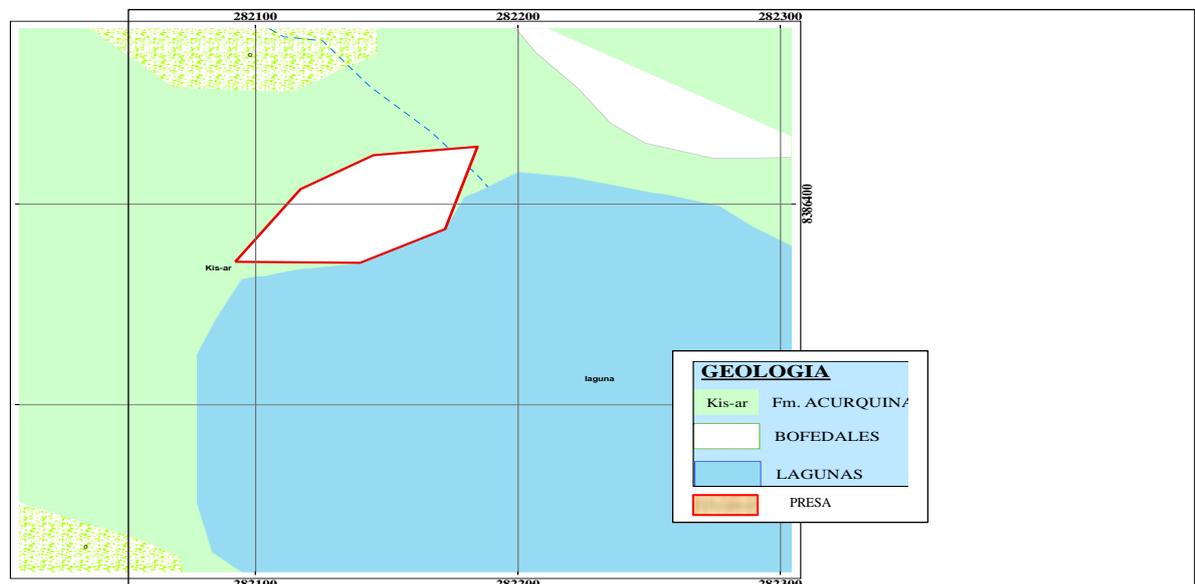


Figura 17. Mapa Geológico local

El mapa geológico local muestra que la presa se encuentra sobre la formación Acurquina (Kis-ar),

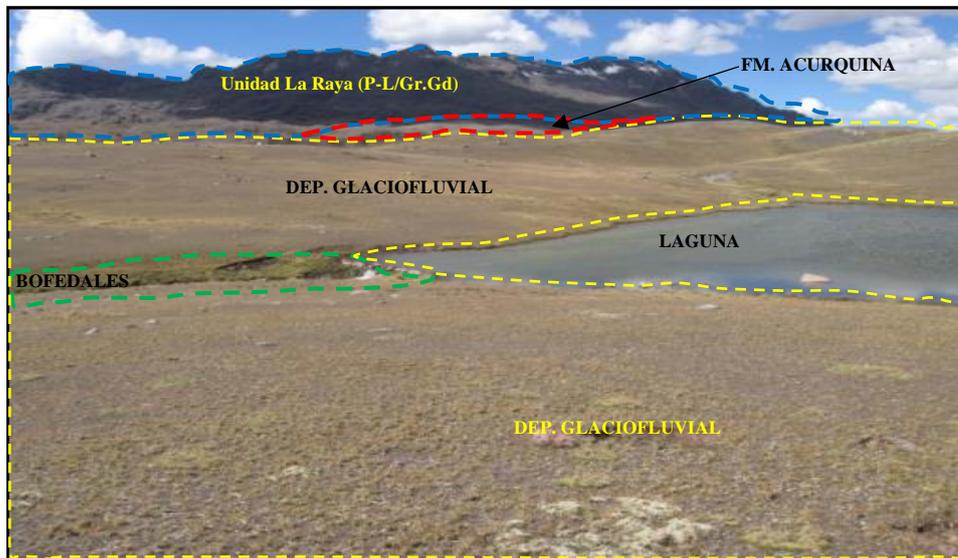


Figura 18. Fotografía del área de estudios

En la imagen fotográfica podemos observar la laguna Q'uellococha, depósitos glaciofluviales y hacia el fondo podemos ver un afloramiento de la Acurquina (Kis-ar),

PERFIL GEOLOGICO DEL EJE DE LA PRESA Q'ELLOCOCHA

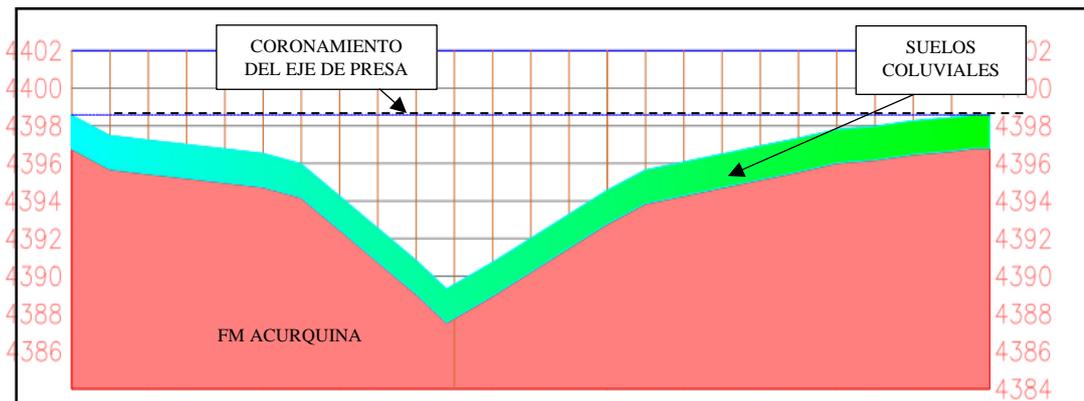


Figura 19. Perfil geológico del eje de presa

El perfil geológico del eje de la presa, nos muestra que la Formación Acurquina (Kis-ar), se encuentra cubierta por suelos coluviales.

De acuerdo a lo descrito sobre de la geología local de la zona del eje de la presa Q'uellococha, podemos llegar a la conclusión de que, el cuerpo de presa se encuentra emplazada sobre la formación acurquina. Que a su vez está cubierta por materiales del cuaternario con presencia de depósitos morrénicos y depósitos glaciares, y recomendándola realización de desbroce del material cuaternario para que se pueda realizar la construcción de la presa Q'uellococha.

5.1.2 Condiciones geotécnicas del terreno de fundación

Para determinar las condiciones geotecnia del eje de presa se recurre a apertura de calicatas y a ensayos de laboratorio. a continuación, se describe los resultados de la exposición correspondiente a este ítem.

Tabla 7.

Ubicación de calicatas

CODIGO	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM		COTA DE TERENO msnm	PROFUNDIDAD
		ESTE	NORTE		
C - 01	Eje de Presa	282150	8386423	4548	2.5
C - 02	Eje de Presa	282116	8386393	4542	4.5
C - 03	Eje de Presa	282081	8386370	4546	2.5

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE: CIMENTACIÓN DE PRESA

Para calcular la capacidad de carga admisible y la capacidad de carga última del suelo de cimentación, se toma en cuenta la fórmula propuesta por Karl Terzaghi:

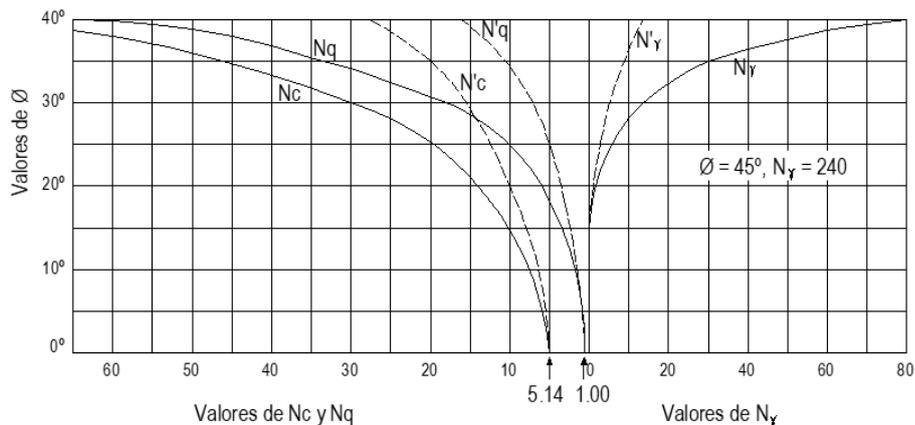


Figura 20. Factores de capacidad de carga

Fuente (Libro Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica Braja M. Das)

Tabla 8.

Factores de capacidad de carga

ϕ	Nc	Nq	Ny	Nq/Nc	Tan ϕ	ϕ	Nc	Nq	Ny	Nq/Nc	Tan ϕ
0	5.14	1.00	0.00	0.20	0.00	26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
1	5.38	1.09	0.07	0.20	0.02	27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03	28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05	29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07	30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09	31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11	32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12	33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
8	7.53	2.06	0.86	0.26	0.14	34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
9	7.92	2.25	1.03	0.28	0.16	35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18	36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19	37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
12	9.28	2.97	1.69	0.32	0.21	38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23	39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25	40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27	41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29	42	93.71	85.38	155.55	0.91	0.90
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31	43	105.11	99.02	186.54	0.94	0.93
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32	44	118.37	115.31	224.64	0.97	0.97
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34	45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36	46	152.1	158.51	330.35	1.04	1.04
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38	47	173.64	187.21	403.67	1.08	1.07
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40	48	199.26	22.31	496.01	1.12	1.11
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42	49	229.93	265.51	613.16	1.15	1.15
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45	50	266.89	319.07	719.89	1.20	1.20
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47						

Fuente (Libro Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica Braja M. Das)

5.2 PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN

DEL EJE DE PRESA

a) Perfil representativo del estribo derecho



Esta calicata se ubica en el estribo derecho de la presa, consta de 2 estratos bien definidos

Estrato 01 de (0.00 – 0.30m.)

Arenas limosas de baja plasticidad, CL según la clasificación SUCS, de coloración gris oscura en húmedo y gris claro en seco, con escaso contenido de gravas y piedras, regularmente compacto con presencia de material orgánico, que constituye la superficie visible del terreno, que se emplaza en toda la zona de estudio, presentando un color verdoso.

Estrato 02 de (0.30 – 2.50m.)

El segundo estrato tiene una potencia de 2.20m. con una humedad natural de 8.9% de coloración de tonalidad rojiza, está formado por gravas arenas y limos de baja plasticidad, GP-GM según la clasificación SUCS, el ϕ 33°09 y C 0.00, este estrato engloba bloques de rocas que van desde los 2” hasta 5”, como se observa en la figura 21.

Por lo descrito se encuentra en el flanco derecho de la quebrada percibiendo que las propiedades geotécnicas que presenta este flanco son de regular a buena para la construcción de una represa.

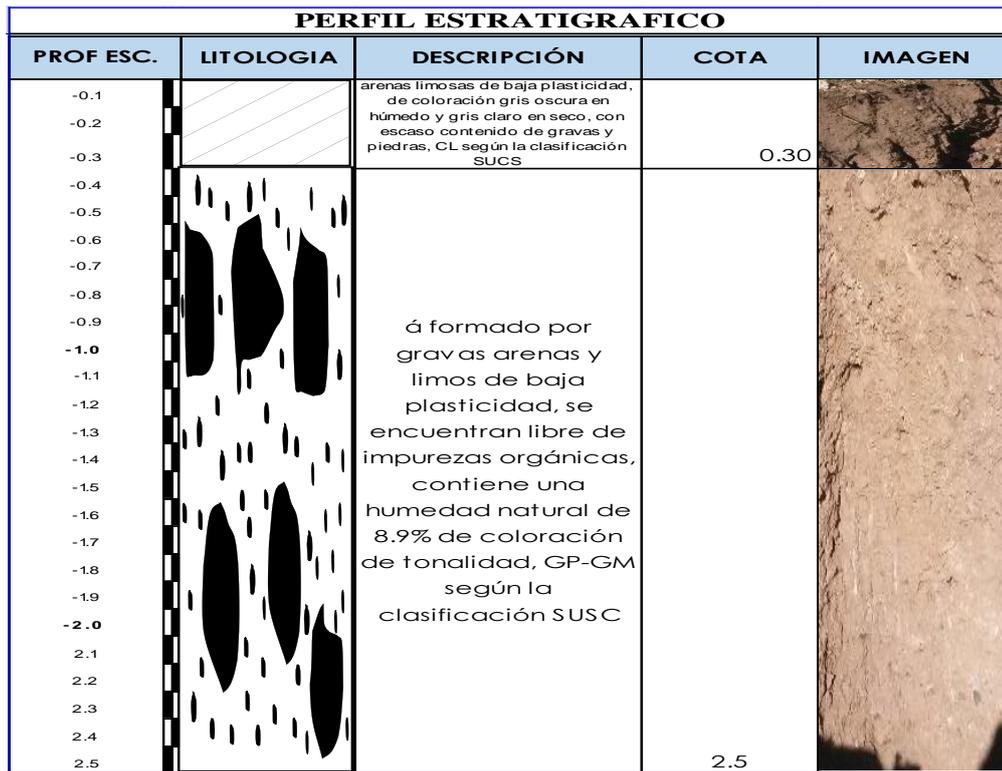


Figura 21. Perfil estratigráfico de la calicata n° 01.

Tabla 9.

Resultados de ensayos de la calicata n° 01

ENSAYO	RESULTADO
Clasificación SUCS	SC-SM
Densidad Del Suelo Natural	1.91 g/cm ³
Porcentaje de Humedad	9.10%
Límite líquido	25
Límite Plástico	19.97
Índice Plástico	5.03
Peso unitario	1.902 g/cm ³ (18.652kn/m ³)
Peso específico	1.90 gr/cm ³ (18.6333 KN/M ³)
Máxima Densidad Seca	1.986 gr/cm ³
Optimo cont. Humedad	8.90%
Ángulo de fricción	33.09
Cohesión	0.00 kg/cm ²
Permeabilidad	9.98E-04
D10	0.00305556
D60	0.56344828

Ver anexos (páginas del 99 al 108)

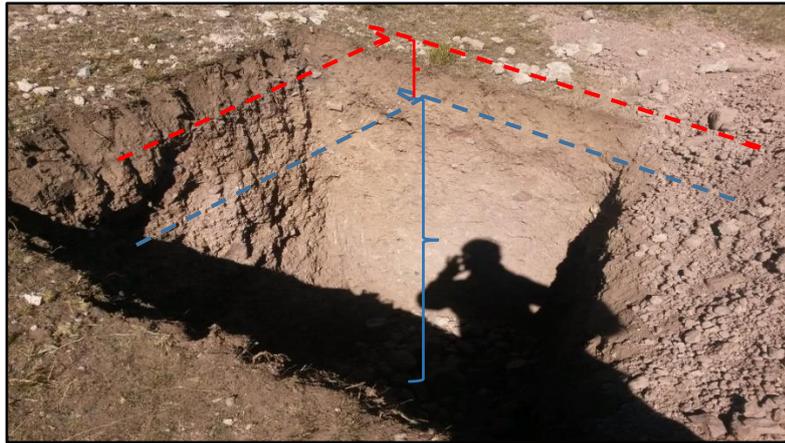


Figura 22. Fotografía de la calicata n° 01

Sección 1

Con el software FREEWARE que ha sido elaborado por Dott. Geol. F. CETARARO, es un programa de cómputo que calcula la capacidad portante del suelo, procedemos a realizar el cálculo de la capacidad portante del cimiento la presa Quelloccochoa soclla.

Tabla 10.

Cálculo de capacidad portante del estribo derecho

CAPACIDAD PORTANTE DE TERZAGHI					
	[KN/m2]		[KN]		[KN/m2]
$q_{ult} =$	4727.46	$q.=$	1276414.72	$Q_{amm} =$	1575.82
	[t/m2]		[t]		[t/m2]
$q_{ult} =$	482.06	$q.=$	130156.01	$Q_{amm} =$	
	[kg/m2]		[kg]		[kg/cm2]
$q_{ult} =$	48.21	$q.=$	130156009.25	$Q_{amm} =$	16.07

Fuente : (Elaboración Propia)

Introduciendo los resultados de laboratorio y de campo al software FREEWARE que ha sido elaborado por Dott. Geol. F. CETARARO, obtenemos los siguientes resultados, 16.07 kg/cm2 sin el factor de seguridad, que sería (3), aplicando el factor de seguridad, tenemos $q_d = 5.69$ kg/cm2.



calculamos el esfuerzo unitario del estibo derecho se tiene.

$$E = Y_s Z + Y_w Z$$

Donde:

γ : Máxima densidad húmeda (ensayo de compactación) $Y_s = 2.1$
gr/cm³

Z : profundidad (altura de la represa + altura de excavación) Z = 650
cm

E : esfuerzo unitario +Yw =
1gr/cm³

$$E = 2.041 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces tenemos que:

$$5.69 \text{ kg/cm}^2 > 2.041 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

Entonces tenemos que la capacidad de Portante del suelo de cimentación en el estribo derecho de la presa es mayor al esfuerzo unitario. por consiguiente, el suelo es apto para soportar el peso de la estructura de la presa.

$$q_d > E \text{ OK.}$$

b) Perfil representativo del valle de la presa

El perfil representativo del eje de la presa, contiene 3 capas bien definidas, uniformes que describirnos de la siguiente manera:

Estrato 01 de 0.00 – 0.40m.

Presenta una cobertura de terreno, de coloración oscura húmeda y gris claro en seco, con escaso contenido de gravas y piedras, compacto, con contenido

de material orgánico la cual constituye una superficie visible del terreno. OL según la clasificación SUSC.

Estrato 02 de 0.40 – 0.70

El material predominante es arenas limosas de coloración marrón oscuro regularmente saturado, con compactación moderado sin presencia de raíces, según la clasificación SUSC es un material SM.

Estrato 03 de 0.70 – 3.00

Grabas limosas y arcillas arenosas baja plasticidad (GM), según la clasificación SUSC. color marrón a oscuro en húmedo y blanquecino en seco, se presenta bien compacto, contiene gravas y piedras pequeñas que van desde los 2'' a 6'', y clasificadas como semipermeables a impermeables. Las características geotécnicas del perfil representativo son las siguientes:

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
PROF ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	IMAGEN
-0.1	[Diagrama de litología: líneas verticales para limo orgánico]	Limo Orgánico o Arcilla Limosa Orgánica de Plasticidad Baja o Media OL según SUSC	-0.4	[Imagen de muestra de limo orgánico]
-0.2				
-0.3	[Diagrama de litología: puntos para arenas limosas]	arenas limosas de baja plasticidad y moderado contenido de humedad. Según la clasificación SUSC. SM.	-0.7	[Imagen de muestra de arenas limosas]
-0.4				
-0.5	[Diagrama de litología: formas irregulares para grabas]	Grabas limosas y arcillas arenosas baja plasticidad (GM), según la clasificación SUSC. color marrón a oscuro en húmedo y blanquecino en seco, el estrato se presenta bien compacto, contiene gravas y piedras pequeñas que van desde los 2'' a 6''	-3.0	[Imagen de muestra de grabas]
-0.6				
-0.7				
-0.8				
-0.9				
-1.0				
-1.1				
-1.2				
-1.3				
-1.4				
-1.5				
-1.6				
-1.7				
-1.8				
-1.9				
-2.0				
2.1				
2.2				
2.3				
2.4				
2.5				
2.6				
2.7				
2.8				
2.9				
3				

Figura 23. Perfil estratigráfico de la calicata n° 02

Tabla 11.

Resultados de los ensayos de la calicata n° 02

ENSAYO	RESULTADO
Clasificación SUCS	GM
Densidad Del Suelo Natural	1.86 g/cm ³
Porcentaje de Humedad	11.10%
Límite líquido	23
Límite Plástico	20.35
Índice Plástico	2.65
Peso unitario	1.130 g/cm ³ (11.0815kn/m ³)
Peso específico	1.91 gr/cm ³ (18.73137 KN/M ³)
Máxima Densidad Seca	2.002 g/cm ³
Optimo cont. Humedad	8.60%
Ángulo de fricción	36
Cohesión	0.01 kg/cm ² (0.091 kpa)
Permeabilidad	9.79E-04
D10	0.00531
D60	0.773

Ver anexos (páginas del 109 al 118)

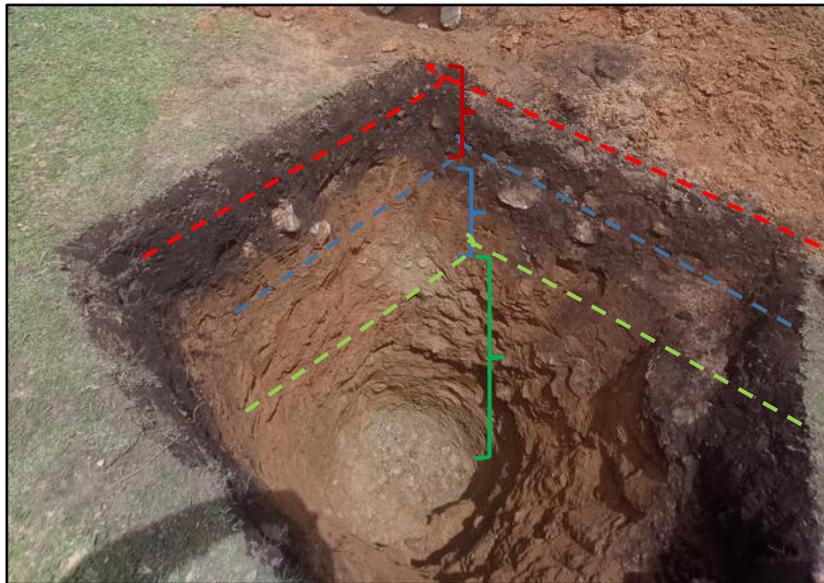


Figura 24. *Fotografía de la calicata n° 02*

Sección 2

Para la sección 2 también se realizamos los cálculos Con el software FREEWARE que ha sido elaborado por Dott. Geol. F. CETARARO, es un programa de cómputo que calcula la capacidad portante del suelo, procedemos a

realizar el cálculo de la capacidad portante del cimiento la presa Quelloccochoa Soclla. En la parte central.

Tabla 12.

Calculo de la capacidad portante del medio de la presa

CAPACIDAD PORTANTE DE TERZAGHI					
	[KN/m2]		[KN]		[KN/m2]
$q_{ult} =$	7569.75	$q =$	2043832.51	$Q_{amm} =$	2523.25
	[t/m2]		[t]		[t/m2]
$q_{ult} =$	771.89	$q =$	208409.60	$Q_{amm} =$	
	[kg/m2]		[kg]		[kg/cm2]
$q_{ult} =$	77.19	$q =$	208409601.26	$Q_{amm} =$	25.73

Introduciendo los resultados de laboratorio y de campo al software FREEWARE que ha sido elaborado por Dott. Geol. F. CETARARO, obtenemos el siguiente resultado, $q_d = 25.73 \text{ kg/cm}^2$ sin el factor de seguridad, que es (3), aplicándolo el factor de seguridad, tenemos $q_d' = 8.57 \text{ kg/cm}^2$.

calculamos el esfuerzo unitario del estibo derecho se tiene.

$$E = \gamma_s Z + \gamma_w Z$$

Donde:

γ : Máxima densidad húmeda (ensayo de compactación) $\gamma_s = 2.14 \text{ gr/cm}^3$

Z : profundidad (altura de la represa + altura de excavación) $Z = 10.50 \text{ cm}$

E : esfuerzo unitario $\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$

$$E = 3.297 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces tenemos que:



$$8.57 \text{ kg/cm}^2. > 3.297 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

Entonces en la zona central de la represa tenemos que la capacidad de carga del suelo de cimentación es mayor al esfuerzo unitario. por consiguiente, el suelo es apto para soportar el peso de la estructura de la presa en la zona central.

$$q_d > E \text{ OK.}$$

c) Perfil representativo de estribo izquierdo

Esta calicata se ubica en el estribo izquierdo de la presa, consta de 2 estratos, y su profundidad va desde 0.00 hasta 2.50m, Este flanco está constituido de la siguiente manera.

Estrato 1 de (0.00 – 0.40)

Este estrato está conformado por arenas limosas de baja plasticidad, SM según clasificación SUCS. de coloración gris oscura húmedo y gris claro seco, con poco contenido de gravas y piedras, regularmente compacto con contenido de material orgánico

Estrato 2 de 0.04 – 2.50

El segundo estrato tiene una potencia de 2.10 m. con una humedad natural de 9.2% de coloración rojiza, está formado por gravas arenas y limos de baja plasticidad, GP-GM según clasificación SUSC. se encuentran libre de impurezas orgánicas, el ϕ 35.14° y C 0.01 y su capacidad de carga es de 1.19 Kg/cm², este estrato engloba bloques de rocas que van desde los 2” hasta 5”.

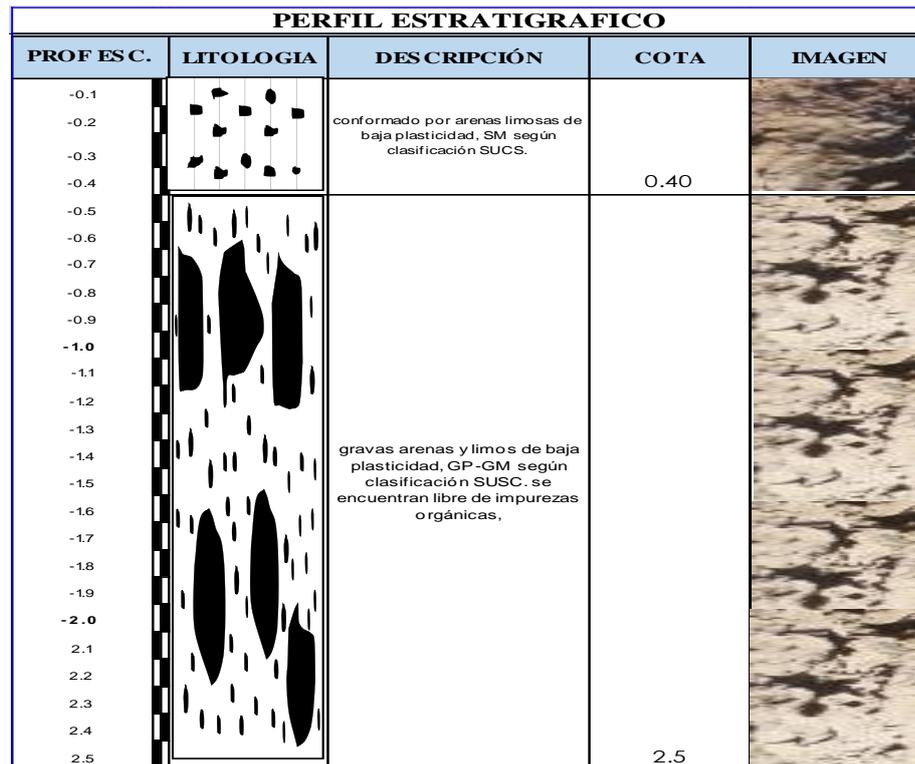


Figura 25. Perfil estratigráfico de la calicata n° 03

Tabla 13.

Resultados de ensayos de la calicata n° 03

ENSAYO	RESULTADO
Clasificación SUCS	SM
Densidad Del Suelo Nat.	1.85 g/cm ³
Porcentaje de Humedad	10.20%
Límite Líquido	23
Límite Plástico	19.81
Índice Plástico	3.19
Peso unitario	1.13 g/cm ³ (11.0815kn/m ³)
Peso específico	1.89 gr/cm ³ (18.53523)
Máxima Densidad Seca	1.990 g/cm ³
Optimo cont. Humedad	9.20%
Ángulo de fricción	35.14
Cohesión	0.01 kg/cm ² (0.091 kpa)
Permeabilidad	9.67E-04
D10	0.002602
D60	0.563448

Ver anexos (pagina 119 al 128)



Figura 26. Fotografía de la calicata n° 03

Sección 3

Para la sección, realizamos los cálculos Con el software FREEWARE que ha sido elaborado por Dott. Geol. F. CETARARO, es un programa de cómputo que calcula la capacidad portante del suelo, procedemos a realizar el cálculo de la capacidad portante del cimiento la presa Quellococha Soclla en la zona del estribo izquierdo.

Tabla 14. Cálculo de la capacidad portante del estribo izquierdo.

CAPACIDAD PORTANTE DE TERZAGHI					
	[KN/m ²]		[KN]		[KN/m ²]
$q_{ult} =$	6431.24	$q.=$	1736434.63	$Q_{amm} =$	2143.75
	[t/m ²]		[t]		[t/m ²]
$q_{ult} =$	655.79	$q.=$	177064.24	$Q_{amm} =$	
	[kg/m ²]		[kg]		[kg/cm ²]
$q_{ult} =$	65.58	$q.=$	177064239.35	$Q_{amm} =$	21.86

Introduciendo los resultados de laboratorio y de campo al software FREEWARE que ha sido elaborado por Dott. Geol. F. CETARARO, obtenemos el siguiente resultado, q_d 21.86 kg/cm² sin el factor de seguridad, que es (3), aplicándolo el factor de seguridad, tenemos $q_d' = 7.29$ kg/cm².

calculando el esfuerzo unitario del estribo derecho se tiene.

$$E = Y_s Z + Y_w Z$$



γ : Máxima densidad húmeda (ensayo de compactación)

$$Y_s = 2.14 \text{ gr/cm}^3$$

Z : profundidad (altura de la represa + altura de excavación) $Z = 7.00 \text{ cm}$

E : esfuerzo unitario $Y_w = 1 \text{ gr/cm}^3$

$$E = 2.198 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces tenemos que:

$$7.29 \text{ kg/cm}^2 > 2.198 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

Entonces en la zona del estribo izquierdo de la represa tenemos que la capacidad de carga del suelo de cimentación también es mayor al esfuerzo unitario. por consiguiente, el suelo es apto para soportar el peso de la estructura de la presa en el estribo izquierdo de la presa. $q_d > E \text{ OK.}$

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS CALICATAS

Tabla 15. Características de los estribos derecho, izquierdo y medio

Características	Sección 1 Estribo Derecho	Sección 2 Cruce de Quebrada	Sección 3 Estribo Izquierdo
Ancho de la cimentación (m)	9.00	46.00	9.00
Profundidad (m)	1.50	1.50	1.50
Angulo De Fricción Interna	33.09	36.00	35.14
Cohesión kg/cm^2	0.00	0.00	0.01
$\gamma \text{ gr/cm}^3$ sumergido	1.986	2.002	1.990
Nc	39.18	50.62	47.17
Nq	26.60	37.78	34.33
Ny	36.07	56.37	49.93
Capacidad de Carga kgr/cm^2	16.07	25.73	21.86

Fuente (Elaboración Propia)

Formula aplicada Karl Terzaghi:



$$qd = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA CAPACIDAD PORTANTE.

Tabla 16. Resumen de resultados del cálculo de la capacidad portante.

ESTRUCTURA	qd=CAPACIDAD PORTANTE	qd' = CAPACIDAD PORTANTE CON FACTOR DE SEGURIDAD (3)	E=ESFUERZO UNITARIO	
Estribo derecho	16.07 kg/cm ²	5.69 kg/cm ²	2.041	ok
Medio	25.73 kg/cm ²	8.58 kg/cm ²	3.297	ok
Estribo izquierdo	21.86 kg/cm ²	7.29 kg/cm ²	2.198	ok

De acuerdo a los cálculos realizados para la capacidad portante del terreno de fundación de la presa tenemos que, la capacidad de carga admisible en el área donde se construyó la presa es mayor que el esfuerzo unitario, por lo tanto, el terreno de fundación es lo suficientemente resistente para soportar el peso de la presa construida.

5.3 PROPIEDADES GEO MECÁNICAS DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO

Se realizan calicatas para la determinación del material a usarse en el cuerpo de presa y cortina de presa.



Tabla 17.

Ubicaciones de calicatas proyectadas para cantera

CODIGO	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM		COTA DE TERENO m.s.n.m.	PROFUNDIDAD
		ESTE	NORTE		
C - 04	Cantera wallatayry 01	281797	8386417	4555	2.5
C - 05	Cantera wallatayry 02	282501	8386394	4564	2.2

a) Cantera Wallatayry 01

La toma de muestras se realiza en el área de influencia de la cantera, que va desde los 0.0m hasta los 2.00m. de profundidad, de acuerdo a los resultados de los ensayos del material de esta calicata, mayormente se encuentra conformado por gravas limosas mal graduadas

Estrato 1 de 0.00 – 0.20m.

La zona de cantera donde se tomará el material de préstamo se encuentra a 150m. hacia el norte del eje de presa, se encuentra cubierto por 20 cm de limos orgánicos de baja plasticidad de coloración marrón, OL según la clasificación SUSC, en superficie está conformado por vegetación como Ichu (*Stipa Ichu*) y pastos que son típicos de las zonas alto andinas, el suelo está formado por raíces y restos de vegetación, se encuentra compacto y su humedad es baja.

Estrato 2 de 0.20 – 2.00m.

El segundo estrato que va hasta los 2.00m. de profundidad, está conformado por material grava mal graduada con limo y arcillas de baja plasticidad, según la clasificación SUCS este material corresponde a GP-GM, de coloración rojiza con humedad natural de 10.0%, libre de impurezas orgánicas, el ϕ 33°50 y C 0.01.

Por la descripción de las características de esta calicata podemos estimar que la futura cantera tiene las características apropiadas para la conformación del cuerpo de presa.

La cantera wallayry 01 cuenta con aproximadamente 65.000m³ de material, esta cantidad será suficiente como para poder construir la presa proyectada.

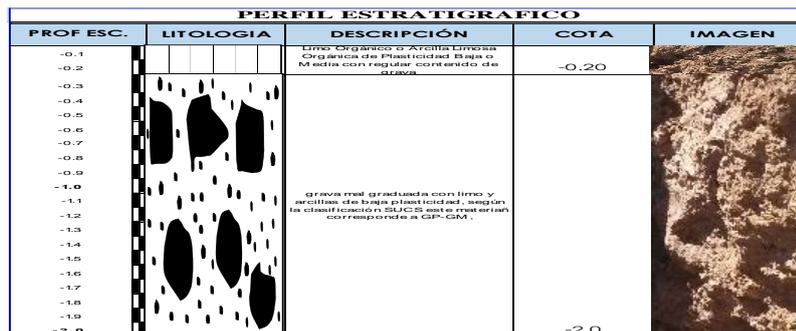


Figura 27. Perfil estratigráfico de la calicata n° 04

Tabla 18.

Resultados de la calicata n° 04

ENSAYO	RESULTADO
Clasificación SUCS	GP-GM
Densidad Del Suelo Natural	1.79 g/cm ³
Porcentaje de Humedad	10.00%
Límite líquido	23
Límite Plástico	17.65
Índice Plástico	5.35
Peso unitario	1.09 g/cm ³ (10.6892 kn/m ³)
Peso específico	1.94 gr/cm ³ (19.02558 kn/m ³)
Máxima Densidad Seca	1.962 g/cm ³
Optimo cont. Humedad	9.04%
Ángulo de fricción	33.5
Cohesión	0.01 kg/cm ² (0.0981kpa)
Permeabilidad	9.82E-04
D10	0.00496689
D60	0.77700617

Ver anexos (paginas del 129 al 135)

Según los ensayos realizados en la calicata wallatayry 01 podemos observar que el suelos esta constituido por gravas mal graduadas con limos de plasticidad baja y moderado contenido de humedad, su permeabilidad es regular, tambien podemos ver que la maxima densidad seca es 1.962 g/cm³, este valor

nos indica que es un suelo muy resistente, también el óptimo contenido de humedad es 9.04 %, este valor es muy importante puesto que es casi similar a la humedad del suelo natural, y problemas de saturación en el momento de compactación del terraplén, por todo lo descrito se podría decir que es un suelos es apto para poderlos usar en la construcción del cuerpo de la presa.

En la cantera wallatayry 01, con la ayuda de equipos topograficos pudimos determinar que se cuenta con un aproximado de 65.000m³ de material, esta cantidad es suficiente para la construcción del cuerpo de presa.

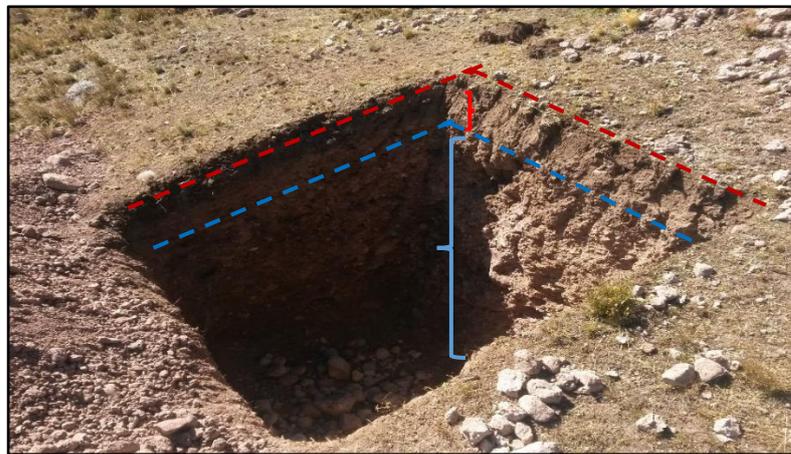


Figura 28. Fotografía de la calicata n° 04

b) Cantera Wallatayry 02

La calicata 5 se realiza en el sur-este, del vaso de la presa, va desde los 0.00m. hasta los 2.20m. de profundidad, esta calicata de acuerdo a los resultados de laboratorio presenta arcilla limosa de mediana plasticidad, dicho material nos servirá para la conformación del núcleo de presa. Dicho material tiene propiedades mecánicas especiales como, la permeabilidad, baja.

Tramo de 0.00 – 0.20

Este estrato por estar en la superficial del terreno, presenta una coloración marrón oscura con contenido de raíces, material orgánico OL, según la

clasificación SUSC, con contenido de humedad moderada. Encuentra con plantaciones de hiervas silvestres.

Tramo de 0.20 – 2.00m

Este estrato consta de una potencia de 1.80m. presentando una coloración rojiza, se caracteriza de arcillas de baja plasticidad SC. según la clasificación SUSC y con contenido de humedad baja.

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
PROF ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	IMAGEN
-0.1		Limo Orgánico o Arcilla Limosa Orgánica de Plasticidad Baja o Media OL según la clasificación SUSC este estrato es de coloración oscura	0.30	
-0.2				
-0.3				
-0.4				
-0.5				
-0.6				
-0.7				
-0.8				
-0.9				
-1.0				
-1.1				
-1.2				
-1.3				
-1.4				
-1.5				
-1.6				
-1.7				
-1.8				
-1.9				
-2.0				
2.1				
2.2				
2.3				
2.4				
2.5			2.0	

Figura 29. Perfil estratigráfico de la calicata n° 05



Tabla 19.
Resultados de ensayos de la calicata n° 05

ENSAYO	RESULTADO
Clasificación SUCS	SC
Densidad Del Suelo nat.	1.77 g/cm ³
Porcentaje de Humedad	10.90%
Límite líquido	27
Límite Plástico	20
Índice Plástico	7
Peso unitario	1.072 gr/cm ³ (10.5127kn/m ³)
Peso específico	1.84 gr/cm ³ (18.04488 kn/m ³)
Máxima Densidad Seca	1.934 gr/cm ³
Optimo cont. Humedad	12.10%
Ángulo de fricción	14.36
Cohesión	0.58 kg/cm ² (5.688 kpa)
Permeabilidad	9.49E-04
D10	0.00213068
D60	0.06786111

Ver anexos (paginas 136 al 142)

Según los ensayos realizados en la calicata wallatayry 02 podemos ver que el material de esta cantera, es arenas arcillosas con regular contenido de plasticidad, el angulo de fricción es baja, es un suelo de baja permeabilidad, Factores a tomar en cuenta puesto que es muy importante y que sirve para la construcción del núcleo de presa, la cual deberá ser impermeable al paso del agua, la humedad natural de este material es 10.90%, haciendo una comparación con óptimo contenido de humedad que es de 12.10%, podemos decir que se tendrá que incrementar agua al material para lograr una compactación óptima, su máxima densidad seca es de 1.934 gr/cm³, este valor nos indica que es un suelo resistente y aceptable para la conformación del núcleo de presa.

Con ayuda de equipos topográficos se pudo calcular la cantidad aproximada de material que contiene esta cantera y se pudo determinar que se cuenta con 30.000m³ de material, la cual es una cantidad suficiente para la conformación del núcleo de presa.

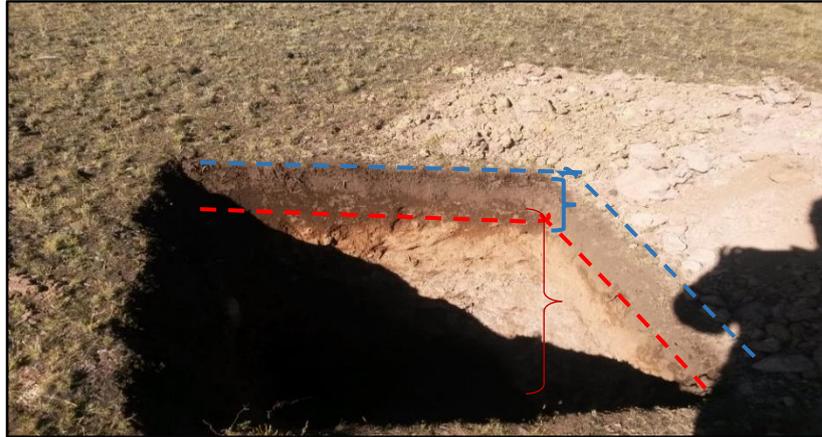


Figura 30. Fotografía de la calicata n° 5
PLANO DE UBICACIÓN DE CANTERAS

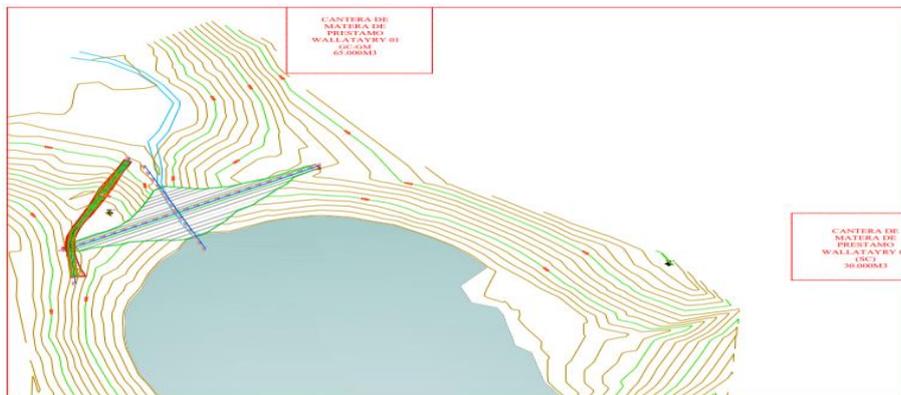


Figura 31. Plano topográfico y ubicación de canteras



VI. CONCLUSIONES

- En la zona de estudio se pudieron identificar formaciones geológicas que van desde el sistema cuaternario al cretáceo, como las formaciones acurquina, muñani y depósitos morrenicos y fluviales, la presa Quellococha se emplaza sobre la formación acurquina, que esta compuesta por areniscas de grano fino, medio y grueso con intercalaciones de lutitas, lo podemos observar aflorando hacia el este de la presa Quellococha.
- Por el cálculo realizado con el software FREEWARE, en el estribo derecho, la capacidad portante según terzaghi es de 16.07 kg/cm². aplicando el factor de seguridad (3) tenemos que $q_d = 5.69$ kg/cm², y el esfuerzo unitario es 2.041 kg/cm². En la zona del medio de la presa la capacidad portante es de 25.73 kg/cm². Aplicando el factor de seguridad (3) tenemos que $q_d = 8.57$ kg/cm², el esfuerzo unitario en esta zona es de 3.297 kg/cm². Para el estribo izquierdo se tiene una capacidad portante de 21.86 kg/cm², aplicando el factor de seguridad (3) tenemos que $q_d = 7.29$ kg/cm², y el esfuerzo unitario es de 2.198 kg/cm². Para los 3 casos donde se realizó los cálculos de capacidad de carga se tiene que la capacidad portante es mayor que el peso unitario, por lo tanto, el terreno de fundación sobre el cual se construyó la presa Quellococha Soclla, es favorable para soportar el peso de la estructura.
- El material de préstamo que se utilizó para la conformación del cuerpo de presa tiene las siguientes características mecánicas: Clasificación SUCS = GC-GM, Densidad Del Suelo Natural = 1.79 g/cm³, Porcentaje de Humedad, 10.00%, LL =23, LP = 17.65, ÍP = 5.35, MDS = 1.962 g/cm³, OCH = 9.04% Permeabilidad = 9.82E-04. El material de préstamo que se utilizó para la cortina de presa tiene las siguientes propiedades geo mecánicas: Clasificación SUCS = SC, Densidad



Del Suelo Natural = 1.77 g/cm^3 , $LL = 27$, $LP = 20$, $IP = 7$, $MDS = 1.934 \text{ g/cm}^3$,
 $OCH = 12.10\% \cdot 9.49E-04$, de acuerdo a estos datos podemos decir que el material
que se usó en la conformación del cuerpo de presa es y el nucleo de presa son
adecuados para la construcción de la presa.



VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar ensayos de sondeo eléctrico vertical (SEV. Geofísica), para determinar la profundidad a la cual se encuentra el nivel freático de las aguas subterráneas en el área del cuerpo de presa.
- Se recomienda realizar apertura de calicatas en los taludes del vaso de la presa para determinar sus condiciones geo mecánicas
- Realizar estudios de permeabilidad en taludes del vaso para determinar la permeabilidad del terreno.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A CASAGRANDE. (1948). fragmentos del libro: Clasificación de los suelos.
- Agua y Agro. (2015). Agua Y Agro.
- ARELLANO, M. J. (2015). Estudio Geotécnico para la Construcción de la Presa Tinkiccocha. Puno: tesis de ing. geologica.
- BISHOP. (1955). Coeficiente de Seguridad Vol. 2, 132-236 pp.
- BOWLE, J. (1995). Propiedades geofísicas de los suelos. Profesor de Ing. Civil: Bradley University.
- BOWLES J.E. ((1981). Manual de laboratorio de suelos. Mexico: LIBROS MCGRAW-HILL DE MEXICO S.A.
- BRAJA M. D. (1999). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 4ta Edición. California State University, Sacramento: Editorial International Thomson.
- BRAJA M. DAS. (2001). Fundamentos de La Ingeniería Geotécnica. California: University Sacramento Thomson Learning.
- BRAJA. M.D. (2006). Fundamentos De Ingeniería Geotécnica.
- CANCELA R. M.D. (1987-). Comportamiento geotécnico de presas de residuos bajo acciones estáticas y dinámicas. Madrid: Tesis Doctoral, Universidad de Madrid.
- DAS, B. M. (2013). Fundamentos De La Ingeniería Geotécnica. California: Thomson Learning.
- Educacion, M. D. (2021). Escala.
- FRANCOM. A. (1988). El Cimiento y la Seguridad de la Presa. Madrid.
- GALOFRE A. (1980-). Conceptos Geológicos Básicos de Aplicación en Hidrogeología segunda edición. Barcelona: Barcelona.
- GÁLVEZ C. (1994). Consideraciones sobre el efecto del agua en el diseño y. Madrid: Tesis del Máster de Ingeniería Geológica. Univ. Complutense de Madrid.
- GONZALES DE VALLEJO, L. I. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid: PEARSON EDUCACION.



- GONZALEZ D.V. (2002). Ingeniería Geológica.
- HURTADO, J. A. (1994). Notas Sobre La estabilidad De Taludes. Limusa.
- INGEMMET BOLETIN N°62. (2019). BOLETIN N°62 SERIE B Geologia Economica.
LIMA: INGEMMET.
- JORGE ALVA HURTADO, M. A. (2011). Diseño Sismico De Presas De Tierra y Enrocado. Lima: Limusa.
- JUAREZ B. E. (1995). Mecánica de suelos Tomo I. México, Distrito federa: Editorial Limusa.
- JUAREZ B.E. (1996). Mecánica de suelos Tomo II. México, Distrito Federal: Editorial Limusa.
- LAMBE. T. W. (2002). Mecánica de Suelos. Editorial Limusa Noriega.
- Liset Quesada, G. (2017). Determinación de la capacidad de carga en cimentaciones. tesis.
- LUIS BAÑON BLAZQUES, J. F. (s.f.). Manual De CARRETERAS .
- MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUEHUE. (2015). Construcción De Presa Para Agua En La Comunidad De Chaupibanda - Quehue-Canas-cusco. Quehue: Municipalidad De Quehue.
- MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUEHUE. (2016). Construcción De La Represa Pachapaqui , Collana Quehue. Quehue: Municipalidad Quehue.
- NUÑEZ, W. A. (2006). Analisis Tecnico Economico Comparativo Entre Dique Costruido en material Granular y Dique en Gabiones. ICOTEC.
- PER-IMA. (2016). Presa Matarampampa. IMA Cusco.
- PER-IMA CUSCO. (2016). Presa Matarampampa. IMA Cusco.
- Quevedo G. & Gonzales-Cueto, A. V. (2000). Diseño Geotécnico de Cimentaciones superficiales en. Cuba: Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Construcciones ed. Santa Clara, Villa.
- RAY. K.L. & JOSEPH. B.F. (1978). Engenharia de Recursos Hídricos. Editora da Universidade de Sao Paulo e Editora McGraw-Hill do Brasil, Ltda.



- RODRIGUES, J. B. (2005). Mecanica De Suelos Tomo I. Mexico: Limusa.
- RODRIGUEZ, B. F. (2012). Diseño de la obra de cierre y las obras complementarias en el embalse Pampas de Salasaca, Quito. Quito.
- Ruesta P Dias J. Y Alva. (1998).
- SOWERS. G. B. (1972). Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones. México: Limusa.
- TERZAGHI. K. (2002). Ingeniería y Geología Diccionario Esencial de las Ciencias,. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- TERZAGHI. K. Y PECK, R. B. (1975). La Mecanica De Suelos En La Ingenieria. Barcelona: Ateneo.
- TORRES N. A. (2010). Filtraciones – Geología y Geotecnia. Universidad Nacional del Rosario: Facultad de Ingeniería Civil.
- TUMIALAN P., C. G. (1993). Procesos de Meteorización.
- VESIC. A. (1973). Análisis de la Capacidad de Carga de Cimentaciones. JSMFD, ASCE, Vol. 99.



ANEXOS

a. ENSAYOS DE LABORATORIO DE LA CALICATA 01

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88							
DATOS DE LA MUESTRA							
CONCEPTO : CALICATA 01 ESTRIBO DER.				Nº DE CALICATA : 1			
TRAMO : CIMIENTO DE PRESA				LADO : -			
CANTERA : 0				PROFUNDIDAD : 2.5 mts			
UBICACIÓN : C - 00				HECHO POR : 0			
CALICATA : C - 00				FECHA : 1/08/2015			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC. A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
Peso de la Muestra							
5"	127.000						Peso Total de la Muestra (gr.): 10432
4"	101.600				100.0		Arena (gr.): 5979
3"	76.200				100.0		Grava (gr.): 4453
2 1/2"	60.350				100.0		Finos (gr.): 885.0
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		
Límites de Consistencia							
1"	25.400	512	4.9	4.9	95.1		Límite Líquido (%): 25
3/4"	19.000	641	6.1	11.1	88.9		Límite Plástico (%): 20
1/2"	12.500	1128	10.8	21.9	78.1		Índice Plástico (%): 5
3/8"	9.500	659	6.3	28.2	71.8		
Clasificación de Suelo							
Nº4	4.750	1513	14.5	42.7	57.3		Clasificación SUCS : SC-SM
Nº10	2.000	182.5	11.8	54.5	45.5		Clasificación AASHTO : A-1-a (0)
Nº20	0.840	113.0	7.3	61.8	38.2		
Nº40	0.425	147.3	9.5	71.4	28.6		
Nº50	0.300	107.5	7.0	78.3	21.7		
Nº100	0.150	115.5	7.5	85.8	14.2		
Nº200	0.075	15.1	1.0	86.8	13.2		
<Nº200	FONDO	83.4	5.4	92.2	7.8		

CURVA GRANULOMÉTRICA

Observaciones muestra de calicata eje de presa



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				
LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90				
DATOS DE LA MUESTRA				
CONCEPTO : CALICATA 01 ESTRIBO DER.		N° DE MUESTRA : M-01		
TRAMO : CIMIENTO DE PRESA		LADO : P/C		
CANTERA : 0		PROFUNDIDAD : 2.5 mts		
UBICACIÓN : C - 00		HECHO POR : 0		
CALICATA : C - 00		FECHA : 1/08/2015		
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA		T-10	T-11	T-12
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	59.34	57.63	59.34
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	55.42	53.53	54.83
PESO DEL AGUA	(gr)	3.92	4.10	4.51
PESO DE LA TARA	(gr)	39.28	37.52	37.85
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	16.14	16.01	16.98
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24.29	25.61	26.56
NÚMERO DE GOLPES		31	23	17
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
N° DE TARA		T-10	T-11	T-12
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	28.60	29.50	29.06
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	27.17	27.90	27.52
PESO DE LA TARA	(gr)	20.05	19.89	19.76
PESO DEL AGUA	(gr)	1.43	1.60	1.54
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	7.12	8.01	7.76
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	20.08	19.98	19.85
				20
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	25.00	MALLA N°40	
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	19.97		
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	5.03		



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS			
PESOS UNITARIOS DEL AGREGADO TOTAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29			
DATOS DE LA MUESTRA			
CONCEPTO : CALICATA 01 ESTRIBO DER.		Nº DE CALICATA : 1	
TRAMO : CIMIENTO DE PRESA		LADO : _	
CANTERA : :		PROFUNDIDAD : 2.5 mts	
UBICACIÓN : :		HECHO POR :	
CALICATA : C - 00		FECHA : 1/08/2015	
AGREGADO TOTAL		PESO UNITARIO SUELTO	
Nº DE ENSAYO	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE (gr.)	25121	25092	25215
PESO DE MOLDE (gr.)	7162	7162	7162
PESO NETO DE MATERIAL (gr.)	17959	17930	18053
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	9452	9452	9452
PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm ³)	1.900	1.897	1.910
PROMEDIO DE PESO UNITARIO (gr/cm³)	1.902		
OBSERV. : _____ _____			



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS																																															
PESO VOLUMETRICO																																															
DATOS DE LA MUESTRA																																															
SOLICITADO	LOCALIDAD WALLATAYRI																																														
CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA QUELLOCOCHA SOCLLA "LAYO – CANAS – CUSCO	CALICATA : C-02																																														
	PROF. : 2.50 m																																														
	FECHA 18/2015																																														
<u>PESO VOLUMETRICO DE SUELOS COHESIVOS</u>																																															
(NTP 339.139-199)																																															
Metodo Usado: Desplazamiento de Agua																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Muestra de Ensayo</th> <th style="width: 12.5%;">1</th> <th style="width: 12.5%;">2</th> <th style="width: 12.5%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo de Frasco Utilizado</td> <td>Probeta</td> <td>Probeta</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa humeda de la muestra (A) gr</td> <td>227.00</td> <td>226.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra con parafina (B) gr</td> <td>238.00</td> <td>237.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen de agua desplazada (C) cm³</td> <td>122.00</td> <td>123.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen de parafina (D=(B-A)/γpar) cm³</td> <td>12.94</td> <td>12.94</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen de suelo (E=C-D) cm³</td> <td>109.06</td> <td>110.06</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Densidad de masa del suelo (γ=B/E) gr/cm³</td> <td>2.08</td> <td>2.05</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Densidad de Masa del Suelo (γ) gr/cm³</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">2.07</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad del suelo (ω) %</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">8.13</td> </tr> <tr> <td>Densidad de masa del suelo seco (γd) gr/cm³</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">1.91</td> </tr> </tbody> </table>				Muestra de Ensayo	1	2		Tipo de Frasco Utilizado	Probeta	Probeta		Masa humeda de la muestra (A) gr	227.00	226.00		Masa de la muestra con parafina (B) gr	238.00	237.00		Volumen de agua desplazada (C) cm ³	122.00	123.00		Volumen de parafina (D=(B-A)/γpar) cm ³	12.94	12.94		Volumen de suelo (E=C-D) cm ³	109.06	110.06		Densidad de masa del suelo (γ=B/E) gr/cm ³	2.08	2.05		Densidad de Masa del Suelo (γ) gr/cm ³	2.07			Contenido de humedad del suelo (ω) %	8.13			Densidad de masa del suelo seco (γd) gr/cm ³	1.91		
Muestra de Ensayo	1	2																																													
Tipo de Frasco Utilizado	Probeta	Probeta																																													
Masa humeda de la muestra (A) gr	227.00	226.00																																													
Masa de la muestra con parafina (B) gr	238.00	237.00																																													
Volumen de agua desplazada (C) cm ³	122.00	123.00																																													
Volumen de parafina (D=(B-A)/γpar) cm ³	12.94	12.94																																													
Volumen de suelo (E=C-D) cm ³	109.06	110.06																																													
Densidad de masa del suelo (γ=B/E) gr/cm ³	2.08	2.05																																													
Densidad de Masa del Suelo (γ) gr/cm ³	2.07																																														
Contenido de humedad del suelo (ω) %	8.13																																														
Densidad de masa del suelo seco (γd) gr/cm ³	1.91																																														
<p>γparafina = 0.85gr/cm³ (Peso especifico de la parafina)</p>																																															



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
PROCTOR MODIFICADO						
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180						
DATOS DE LA MUESTRA						
CONCEPTO : CALICATA 01 ESTRIBO DER.			DE CALICATA : 1.00			
TRAMO : CIMIENTO DE PRESA			LADO : _			
CANTERA : 0			PROFUNDIDAD : 2.5 mts			
UBICACIÓN : 0			HECHO POR : 0.00			
CALICATA : C - 00			FECHA : 1/08/2015			
Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	10594	10758	10834	10762	
Peso molde + base	(gr)	6177	6177	6177	6177	
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	4417	4581	4657	4585	
Volumen del molde	(cm ³)	2142	2142	2142	2142	
Peso volumétrico húmedo	(gr/cm ³)	2.062	2.139	2.174	2.141	
Tara N°		T-07	T-08	T-09	T-10	
Peso del suelo húmedo + tara	(gr)	1040.9	1041.4	1151.0	1138.6	
Peso del suelo seco + tara	(gr)	1000.3	990.7	1079.0	1054.5	
Peso de Tara	(gr)	355.3	357.3	344.4	359.2	
Peso de agua	(gr)	40.6	50.7	72.0	84.1	
Peso del suelo seco	(gr)	645.0	633.4	734.6	695.3	
Contenido de agua	(%)	6.3	8.0	9.8	12.1	
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.940	1.980	1.980	1.910	
				Densidad máxima	(gr/cm ³)	1.986
				Humedad óptima	(%)	8.9

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm ³)
6.3	1.940
8.0	1.980
9.8	1.980
12.1	1.910

Observaciones Muestra de Cantera



- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1 - Cusco, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-021489, Claro: 984-727700

Proyecto: Construcción de la presa Quellococho - Soclla

Ubicación: Quellococho - Distrito Layo - Provincia Canas

Solicita: Gobierno Regional Cusco - IMA

Fecha: jueves, 24 de septiembre de 2015

Calicata: C-01

Profundidad: 2.50 m

CORTE DIRECTO

MTC E 123 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236

DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
Diámetro =	50.80 mm
Altura L_0 =	21.50 mm
Área =	20.27 cm ²
Volumen =	43.58 cm ³

DENSIDAD DE LA MUESTRA	
Peso =	89.00 gr
Peso Unitario húmedo =	2.04 gr/cm ³
Contenido de Humedad =	7.46%
Peso Unitario seco =	1.90 gr/cm ³

Velocidad de Deformación Horizontal = 0.50 mm/min

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD DE CORTE	LECTURA DE CARGA HORIZONTAL			DEFORMÍMETRO DE LONGITUD VERTICAL			FUERZA DE CORTE HORIZONTAL			ÁREA CORREGIDA A'	ESFUERZO CORTANTE τ		
	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03		M-01	M-02	M-03
mm	N			mm			kg			cm ²	kg/cm ²		
0.20	3.1	4.6	5.3	-0.004	-0.006	-0.003	0.32	0.47	0.54	20.17	0.02	0.02	0.03
0.40	6.5	9.7	10.9	-0.005	-0.008	-0.005	0.66	0.99	1.11	20.07	0.03	0.05	0.05
0.60	8.6	13.2	15.3	-0.006	-0.015	-0.010	0.88	1.35	1.56	19.96	0.04	0.07	0.08
0.80	10.5	16.6	19.6	-0.008	-0.021	-0.014	1.07	1.69	2.00	19.86	0.05	0.08	0.10
1.00	13.5	21.1	24.7	-0.009	-0.026	-0.023	1.38	2.15	2.52	19.76	0.07	0.11	0.12
1.50	19.1	30.5	36.2	-0.006	-0.032	-0.026	1.95	3.11	3.69	19.51	0.10	0.15	0.18
2.00	22.4	37.5	45.7	-0.001	-0.039	-0.027	2.28	3.82	4.66	19.25	0.11	0.19	0.23
2.50	24.6	43.3	54.2	0.003	-0.045	-0.028	2.51	4.42	5.53	19.00	0.12	0.22	0.27
3.00	26.9	49.2	62.8	0.005	-0.041	-0.029	2.74	5.02	6.40	18.75	0.14	0.25	0.32
3.50	28.1	54.0	70.4	0.006	-0.038	-0.031	2.87	5.51	7.18	18.49	0.14	0.27	0.35
4.00	27.9	56.3	76.1	0.008	-0.035	-0.037	2.85	5.74	7.76	18.24	0.14	0.28	0.38
4.50	27.2	57.4	80.8	0.013	-0.031	-0.044	2.77	5.85	8.24	17.99	0.14	0.29	0.41
5.00	26.5	58.6	85.6	0.016	-0.027	-0.035	2.70	5.98	8.73	17.73	0.13	0.29	0.43
5.50	26.3	58.4	89.5	0.020	-0.024	-0.031	2.68	5.96	9.13	17.48	0.13	0.29	0.45
6.00	25.9	57.2	91.3	0.024	-0.018	-0.024	2.64	5.83	9.31	17.23	0.13	0.29	0.46
6.50	25.0	56.7	92.2	0.028	-0.015	-0.021	2.55	5.78	9.40	16.98	0.13	0.29	0.46
7.00	24.1	55.6	93.2	0.032	-0.014	-0.012	2.46	5.67	9.50	16.72	0.12	0.28	0.47
7.50		54.9	92.8		-0.013	-0.006		5.60	9.46	16.47		0.28	0.47
8.00		53.7	92.1		-0.012	0.003		5.48	9.39	16.22		0.27	0.46
8.50		53.5	91.9		-0.006	0.012		5.46	9.37	15.97		0.27	0.46
9.00		52.8	91.7		-0.002	0.016		5.38	9.35	15.72		0.27	0.46
9.50		52.0	91.3		0.005	0.018		5.30	9.31	15.47		0.26	0.46
10.00		51.6	90.9		0.011	0.026		5.26	9.27	15.22		0.26	0.46
11.00			90.6			0.029			9.24	14.72			0.46
12.00			89.6			0.038			9.14	14.23			0.45
13.00			88.7			0.046			9.04	13.74			0.45
14.00			87.9			0.050			8.96	13.25			0.44

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1 - Cusco, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-021489, Claro: 984-727700

Proyecto: Construcción de la presa Quellococha - Soclla

Ubicación: Quellococha - Distrito Layo - Provincia Canas

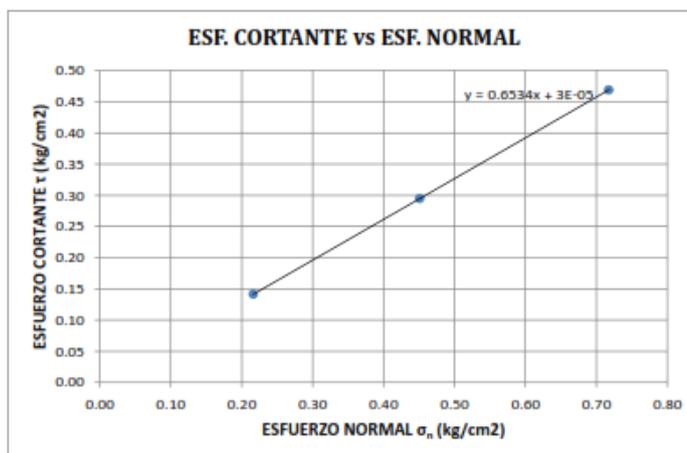
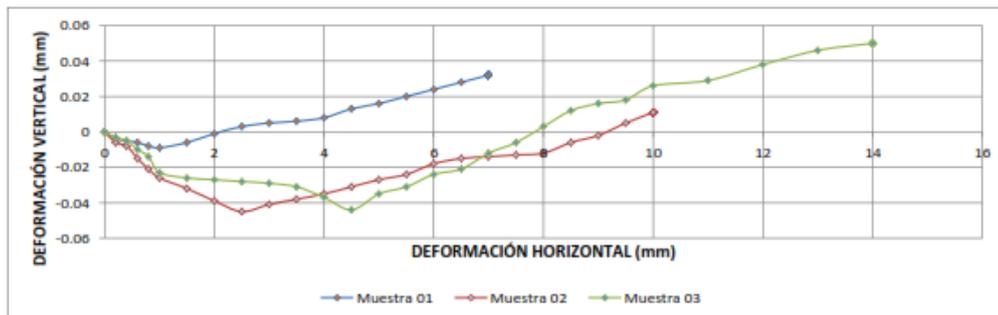
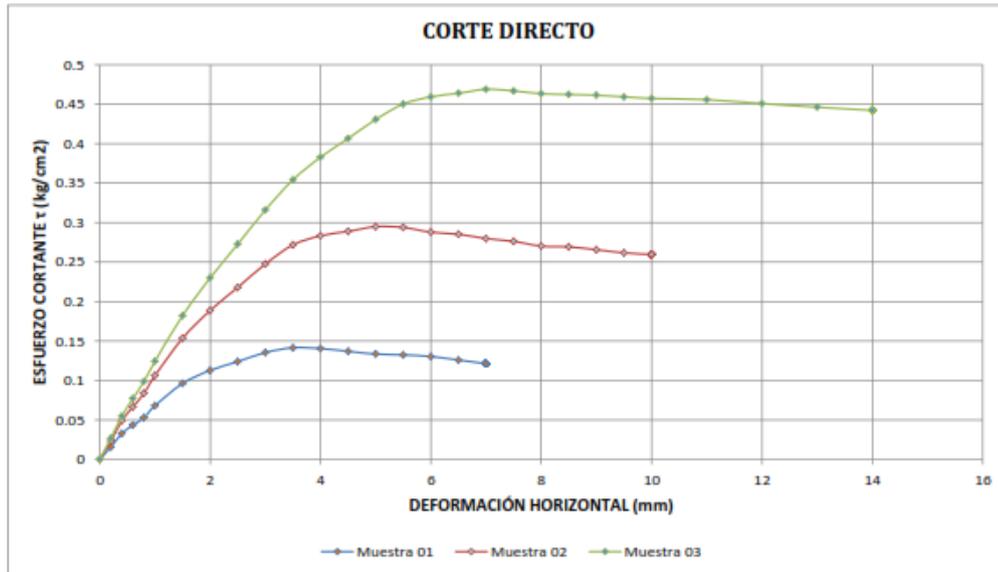
Solicita: Gobierno Regional Cusco - IMA

Fecha: jueves, 24 de septiembre de 2015

Calicata: C-01
Profundidad: 2.50 m

CORTE DIRECTO

MTC E 123 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236



Muestras	M-01	M-02	M-03
Carga Vertical (kg)	4.00	8.00	12.00
Área en Corte (cm ²)	18.49	17.73	16.72
σ_n (kg/cm ²)	0.22	0.45	0.72
τ (kg/cm ²)	0.14	0.29	0.47

Cohesión = 0.00 kg/cm²
Ángulo de fricción interna = 33° 09' 43"



b. ENSAYOS DE LABORATORIO DE LA CALICATA 02

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88							
DATOS DE LA MUESTRA							
CONCEPTO : CALICATA 2 EJE (VALLE)				CALICATA : 2			
TRAMO : CIMIENTO DE PRESA				LADO : P/C			
CANTERA : 0				PROFUNDIDAD : 2.5 mts			
UBICACIÓN : C - 00				HECHO POR : 0			
CALICATA : C - 00				FECHA : /08/2015			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC. A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000						Peso de la Muestra
4"	101.600				100.0		Peso Total de la Muestra (gr.) : 8645
3"	76.200				100.0		Arena (gr.) : 4616
2 1/2"	60.350				100.0		Grava (gr.) : 4029
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0		Finos (gr.) : 745.4
1 1/2"	38.100	1184	13.7	13.7	86.3		Límites de Consistencia
1"	25.400	510	5.9	19.6	80.4		Límite Líquido (%): 23
3/4"	19.000	338	3.9	23.5	76.5		Límite Plástico (%): 20
1/2"	12.500	244	2.8	26.3	73.7		Índice Plástico (%): 3
3/8"	9.500	843	9.8	36.1	63.9		Clasificación de Suelo
Nº4	4.750	910	10.5	46.6	53.4		Clasificación SUCS : GM
Nº10	2.000	123.0	8.8	55.4	44.6		Clasificación AASHTO : A-1-b (0)
Nº20	0.840	72.0	5.2	60.6	39.4		
Nº40	0.425	59.7	4.3	64.9	35.2		
Nº50	0.300	73.4	5.3	70.1	29.9		
Nº100	0.150	114.5	8.2	78.3	21.7		
Nº200	0.075	105.5	7.6	85.9	14.1		
<Nº200	FONDO	197.2	14.1	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA

Observaciones Muestra de Cantera



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				
LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90				
DATOS DE LA MUESTRA				
CONCEPTO : CALICATA 2 EJE (VALLE)		N° DE MUESTRA : M-01		
TRAMO : CIMIENTO DE PRESA		LADO : P/C		
CANTERA : 0		PROFUNDIDAD : 2.5 mts		
UBICACIÓN : C - 00		HECHO POR : 0		
CALICATA : C - 00		FECHA : /08/2015		
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA		T-22	T-23	T-24
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	63.15	59.73	60.72
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	59.07	55.70	56.49
PESO DEL AGUA	(gr)	4.08	4.03	4.23
PESO DE LA TARA	(gr)	40.64	38.35	39.05
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	18.43	17.35	17.44
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.14	23.23	24.25
NÚMERO DE GOLPES		31	23	16
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
N° DE TARA		T-15	T-16	T-17
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	28.35	28.51	29.29
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	26.92	27.22	27.76
PESO DE LA TARA	(gr)	19.80	20.90	20.32
PESO DEL AGUA	(gr)	1.43	1.29	1.53
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	7.12	6.32	7.44
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	20.08	20.41	20.56
				20
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	23.00	MALLA N°40	
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	20.35		
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	2.65		



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
PESOS UNITARIOS DEL AGREGADO TOTAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29			
DATOS DE LA MUESTRA			
CONCEPTO : CALICATA 2 EJE (VALLE)		NCALICATA : 2	
TRAMO : CIMIENTO DE PRESA		LADO : P/C	
CANTERA : :		PROFUNDIDAD : 2.5 mts	
UBICACIÓN : :		HECHO POR :	
CALICATA : C - 00		FECHA : /08/2015	
AGREGADO TOTAL		PESO UNITARIO SUELTO	
Nº DE ENSAYO	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE (gr.)	17843	17937	17748
PESO DE MOLDE (gr.)	7162	7162	7162
PESO NETO DE MATERIAL (gr.)	10681	10775	10586
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	9452	9452	9452
PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm ³)	1.130	1.140	1.120
PROMEDIO DE PESO UNITARIO (gr/cm³)	1.130		
OBSERV. : _____ _____			



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS			
PESO VOLUMETRICO			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITADO	LOCALIDAD WALLATAYRI		
CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA QUELLOCOCHA SOCLLA "LAYO – CANAS – CUSCO	CALICATA 3		
	PROF. : 2.50 m		
	FECHA 18/2015		
<u>PESO VOLUMETRICO DE SUELOS COHESIVOS</u>			
(NTP 339.139-199)			
Metodo Usado: Desplazamiento de Agua			
Muestra de Ensayo	1	2	
Tipo de Frasco Utilizado	Probeta	Probeta	
Masa humeda de la muestra (A) gr	220.00	221.00	
Masa de la muestra con parafina (B) gr	229.00	230.00	
Volumen de agua desplazada (C) cm ³	118.00	119.00	
Volumen de parafina (D=(B-A)/γpar) cm ³	10.59	10.59	
Volumen de suelo (E=C-D) cm ³	107.41	108.41	
Densidad de masa del suelo (γ=B/E) gr/cm ³	2.05	2.04	
Densidad de Masa del Suelo (γ) gr/cm ³			2.04
Contenido de humedad del suelo (ω) %			8.13
Densidad de masa del suelo seco (γd) gr/cm ³			1.89
<p>γparafina = 0.85gr/cm³ (Peso especifico de la parafina)</p>			



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
PROCTOR MODIFICADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180					
DATOS DE LA MUESTRA					
CONCEPTO :	CALICATA 2 EJE (VALLE)			CALICATA : 2.00	
TRAMO :	CIMIENTO DE PRESA			LADO : P/C	
CANTERA :	0			ROFUNDIDAD : 2.5 mts	
UBICACIÓN :	0			HECHO POR : 0.00	
CALICATA :	C - 00			FECHA : /08/2015	
Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)		10540	10759	10857	10850
Peso molde + base (gr)		6177	6177	6177	6177
Peso suelo húmedo compactado (gr)		4363	4582	4680	4673
Volumen del molde (cm³)		2142	2142	2142	2142
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)		2.037	2.139	2.185	2.182
Tara N°		T-30	T-31	T-32	T-33
Peso del suelo húmedo + tara (gr)		800.2	826.5	803.4	803.8
Peso del suelo seco + tara (gr)		767.5	780.4	747.6	736.4
Peso de Tara (gr)		1615	156.9	148.0	134.2
Peso de agua (gr)		32.7	46.1	55.8	67.4
Peso del suelo seco (gr)		606.0	623.5	599.6	602.2
Contenido de agua (%)		5.4	7.4	9.3	11.2
Peso volumétrico seco (gr/cm³)		1.933	1.992	1.999	1.962
				Densidad máxima (gr/cm³)	2.002
				Humedad óptima (%)	8.6

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm³)
5.4	1.933
7.4	1.992
8.6	2.002
9.3	1.999
11.2	1.962

Observaciones Muestra de Cantera



- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1 - Cusco, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-021489, Claro: 984-727700

Proyecto: Construcción de la presa Quellococha - Soclla

Ubicación: Quellococha - Distrito Layo - Provincia Canas

Solicita: Gobierno Regional Cusco - IMA

Fecha: jueves, 24 de septiembre de 2015

Calicata: C-02

Profundidad: 5.00 m

CORTE DIRECTO

MTC E 123 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236

DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
Diámetro =	50.80 mm
Altura L_0 =	21.50 mm
Área =	20.27 cm ²
Volumen =	43.58 cm ³

DENSIDAD DE LA MUESTRA	
Peso =	91.68 gr
Peso Unitario húmedo =	2.10 gr/cm ³
Contenido de Humedad =	86.00%
Peso Unitario seco =	1.13 gr/cm ³

Velocidad de Deformación Horizontal = 0.50 mm/min

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD DE CORTE	LECTURA DE CARGA HORIZONTAL			DEFORMÍMETRO DE LONGITUD VERTICAL			FUERZA DE CORTE HORIZONTAL			ÁREA CORREGIDA A'	ESFUERZO CORTANTE τ		
	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03		M-01	M-02	M-03
mm	N			mm			kg			cm ²	kg/cm ²		
0.20	3.6	5.3	5.9	-0.003	-0.004	-0.001	0.37	0.54	0.60	20.17	0.02	0.03	0.03
0.40	7.7	11.1	12.3	-0.005	-0.008	-0.002	0.79	1.13	1.25	20.07	0.04	0.06	0.06
0.60	10.2	15.1	17.3	-0.008	-0.013	-0.006	1.04	1.54	1.76	19.96	0.05	0.08	0.09
0.80	12.4	19.0	22.2	-0.010	-0.016	-0.012	1.26	1.94	2.26	19.86	0.06	0.10	0.11
1.00	15.9	24.2	28.0	-0.011	-0.017	-0.015	1.62	2.47	2.86	19.76	0.08	0.12	0.14
1.50	22.6	35.0	41.0	-0.009	-0.020	-0.021	2.30	3.57	4.18	19.51	0.11	0.18	0.21
2.00	26.5	43.0	51.7	-0.004	-0.025	-0.025	2.70	4.38	5.27	19.25	0.13	0.22	0.26
2.50	29.1	49.6	61.4	-0.001	-0.030	-0.034	2.97	5.06	6.26	19.00	0.15	0.25	0.31
3.00	31.8	56.4	71.1	0.000	-0.024	-0.038	3.24	5.75	7.25	18.75	0.16	0.28	0.36
3.50	33.2	61.8	79.8	0.003	-0.023	-0.039	3.39	6.30	8.14	18.49	0.17	0.31	0.40
4.00	33.0	64.5	86.2	0.004	-0.022	-0.043	3.37	6.58	8.79	18.24	0.17	0.32	0.43
4.50	31.9	65.7	91.5	0.009	-0.018	-0.047	3.25	6.70	9.33	17.99	0.16	0.33	0.46
5.00	30.6	67.1	97.0	0.012	-0.017	-0.043	3.12	6.84	9.89	17.73	0.15	0.34	0.49
5.50	30.3	66.9	101.4	0.013	-0.014	-0.039	3.09	6.82	10.34	17.48	0.15	0.34	0.51
6.00	29.8	66.3	103.5	0.017	-0.011	-0.035	3.04	6.76	10.55	17.23	0.15	0.33	0.52
6.50	28.7	65.5	104.5	0.022	-0.007	-0.034	2.93	6.68	10.66	16.98	0.14	0.33	0.53
7.00	28.2	65.0	105.6	0.027	-0.004	-0.031	2.88	6.63	10.77	16.72	0.14	0.33	0.53
7.50		63.6	104.7		-0.003	-0.030		6.49	10.68	16.47		0.32	0.53
8.00		62.6	104.1		-0.001	-0.027		6.38	10.62	16.22		0.31	0.52
8.50		61.8	103.5		0.000	-0.019		6.30	10.55	15.97		0.31	0.52
9.00		61.5	102.4		0.001	-0.014		6.27	10.44	15.72		0.31	0.52
9.50		61.0	102.2		0.004	-0.012		6.22	10.42	15.47		0.31	0.51
10.00		60.2	101.7		0.008	-0.007		6.14	10.37	15.22		0.30	0.51
11.00			101.3			-0.004			10.33	14.72			0.51
12.00			100.2			-0.003			10.22	14.23			0.50
13.00			100.0			-0.002			10.20	13.74			0.50
14.00			99.6			0.000			10.16	13.25			0.50

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1 - Cusco, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-021489, Claro: 984-727700

Proyecto: Construcción de la presa Quellococha - Soclla

Ubicación: Quellococha - Distrito Layo - Provincia Canas

Solicita: Gobierno Regional Cusco - IMA

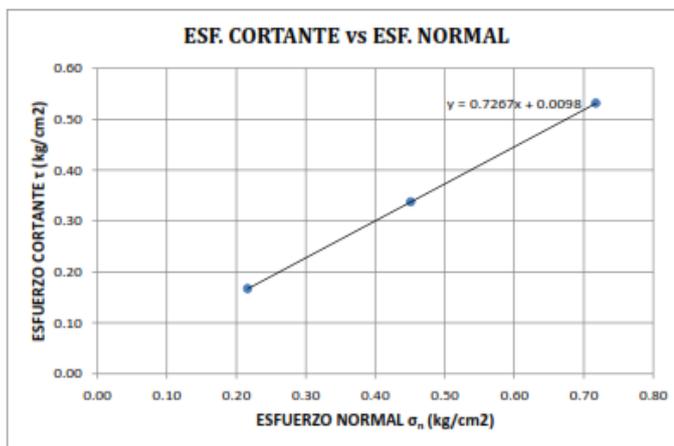
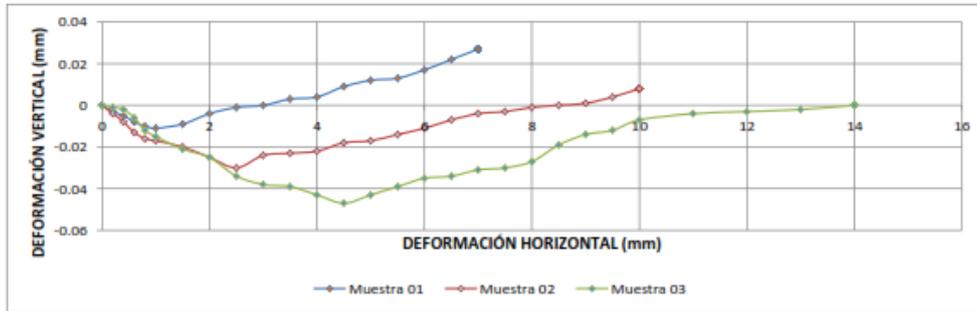
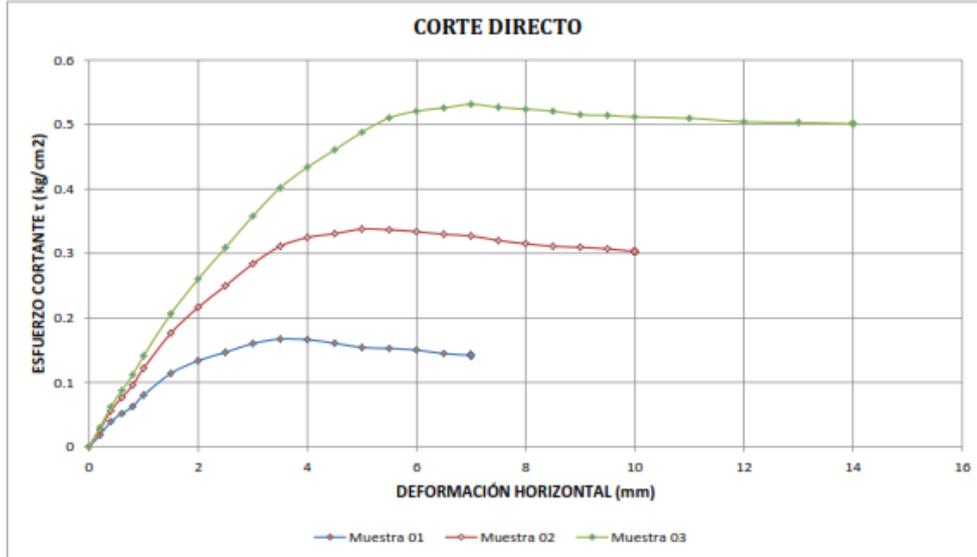
Fecha: jueves, 24 de septiembre de 2015

Calicata: C-02

Profundidad: 5.00 m

CORTE DIRECTO

MTC E 123 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236



Muestras	M-01	M-02	M-03
Carga Vertical (kg)	4.00	8.00	12.00
Área en Corte (cm^2)	18.49	17.73	16.72
σ_n (kg/cm^2)	0.22	0.45	0.72
τ (kg/cm^2)	0.17	0.34	0.53

Cohesión = 0.01 kg/cm^2
Ángulo de fricción interna = 36° 00' 23"



c. ENSAYOS DE LABORATORIO DE LA CALICATA 03

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88							
DATOS DE LA MUESTRA							
CONCEPTO : CALICATA 3 ESTRIBO IZQ.				Nº DE CALICATA : 3			
TRAMO : 0				LADO : P/C			
CANTERA : 0				PROFUNDIDAD : 2.50 mts			
UBICACIÓN : C - 00				HECHO POR : 0			
CALICATA : C - 00				FECHA : /08/2015			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC. A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
Peso de la Muestra							
5"	127.000						Peso Total de la Muestra (gr.): 12534
4"	101.600				100.0		Arena (gr.): 7184
3"	76.200				100.0		Grava (gr.): 5350
2 1/2"	60.350				100.0		Finos (gr.): 964.5
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		
Límites de Consistencia							
1"	25.400	236	1.9	1.9	98.1		Límite Líquido (%): 23
3/4"	19.000	380	3.0	4.9	95.1		Límite Plástico (%): 20
1/2"	12.500	770	6.1	11.1	88.9		Índice Plástico (%): 3
Clasificación de Suelo							
3/8"	9.500	2147	17.1	28.2	71.8		
Nº4	4.750	1817	14.5	42.7	57.3		Clasificación SUCS : SM
Nº10	2.000	198.9	11.8	54.5	45.5		Clasificación AASHTO : A-1-a (0)
Nº20	0.840	123.2	7.3	61.8	38.2		
Nº40	0.425	160.5	9.5	71.4	28.6		
Nº50	0.300	184.4	11.0	82.3	17.7		
Nº100	0.150	58.6	3.5	85.8	14.2		
Nº200	0.075	16.5	1.0	86.8	13.2		
<Nº200	FONDO	83.4	5.0	91.7	8.3		

CURVA GRANULOMÉTRICA

Observaciones: muestra de calicata eje de presa



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				
LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90				
DATOS DE LA MUESTRA				
CONCEPTO : CALICATA 3 ESTRIBO IZQ.		N° DE MUESTRA : M-01		
TRAMO : 0		LADO : P/C		
CANTERA : 0		PROFUNDIDAD : 2.50 mts		
UBICACIÓN : C - 00		HECHO POR : 0		
CALICATA : C - 00		FECHA : /08/2015		
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA		T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	60.51	60.56	61.97
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	56.68	56.43	57.59
PESO DEL AGUA	(gr)	3.83	4.13	4.38
PESO DE LA TARA	(gr)	39.45	38.88	39.75
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	17.23	17.55	17.84
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.23	23.53	24.55
NÚMERO DE GOLPES		32	25	16
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
N° DE TARA		T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	28.16	27.43	28.73
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	26.93	26.11	27.24
PESO DE LA TARA	(gr)	20.59	19.45	19.87
PESO DEL AGUA	(gr)	1.23	1.32	1.49
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	6.34	6.66	7.37
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.40	19.82	20.22
				20
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	23.00	MALLA N°40	
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	19.81		
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	3.19		



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				
PESOS UNITARIOS DEL AGREGADO TOTAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29				
DATOS DE LA MUESTRA				
CONCEPTO : CALICATA 3 ESTRIBO IZQ.		Nº DE CALICATA : 3		
TRAMO : :		PROFUNDIDAD : 2.50 mts		
CANTERA : :		FECHA : /08/2015		
UBICACIÓN : :				
CALICATA : C - 00				
AGREGADO TOTAL		PESO UNITARIO SUELTO		
Nº DE ENSAYO		1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE (gr.)		17843	17748	18032
PESO DE MOLDE (gr.)		7162	7162	7162
PESO NETO DE MATERIAL (gr.)		10681	10586	10870
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)		9452	9452	9452
PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm ³)		1.130	1.120	1.150
PROMEDIO DE PESO UNITARIO (gr/cm³)		1.133		
OBSERV. : _____ _____				



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS			
PESO VOLUMETRICO			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITADO	LOCALIDAD WALLATAYRI		
CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA QUELLOCOCHA SOCLLA "LAYO – CANAS – CUSCO	CALICATA 3		
	PROF. : 2.50 m		
	FECHA 18/2015		
<u>PESO VOLUMETRICO DE SUELOS COHESIVOS</u>			
(NTP 339.139-199)			
Metodo Usado: Desplazamiento de Agua			
Muestra de Ensayo	1	2	
Tipo de Frasco Utilizado	Probeta	Probeta	
Masa humeda de la muestra (A) gr	220.00	221.00	
Masa de la muestra con parafina (B) gr	229.00	230.00	
Volumen de agua desplazada (C) cm ³	118.00	119.00	
Volumen de parafina (D=(B-A)/γpar) cm ³	10.59	10.59	
Volumen de suelo (E=C-D) cm ³	107.41	108.41	
Densidad de masa del suelo (γ=B/E) gr/cm ³	2.05	2.04	
Densidad de Masa del Suelo (γ) gr/cm ³			2.04
Contenido de humedad del suelo (ω) %			8.13
Densidad de masa del suelo seco (γd) gr/cm ³			1.89
<p>γparafina = 0.85gr/cm³ (Peso especifico de la parafina)</p>			



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

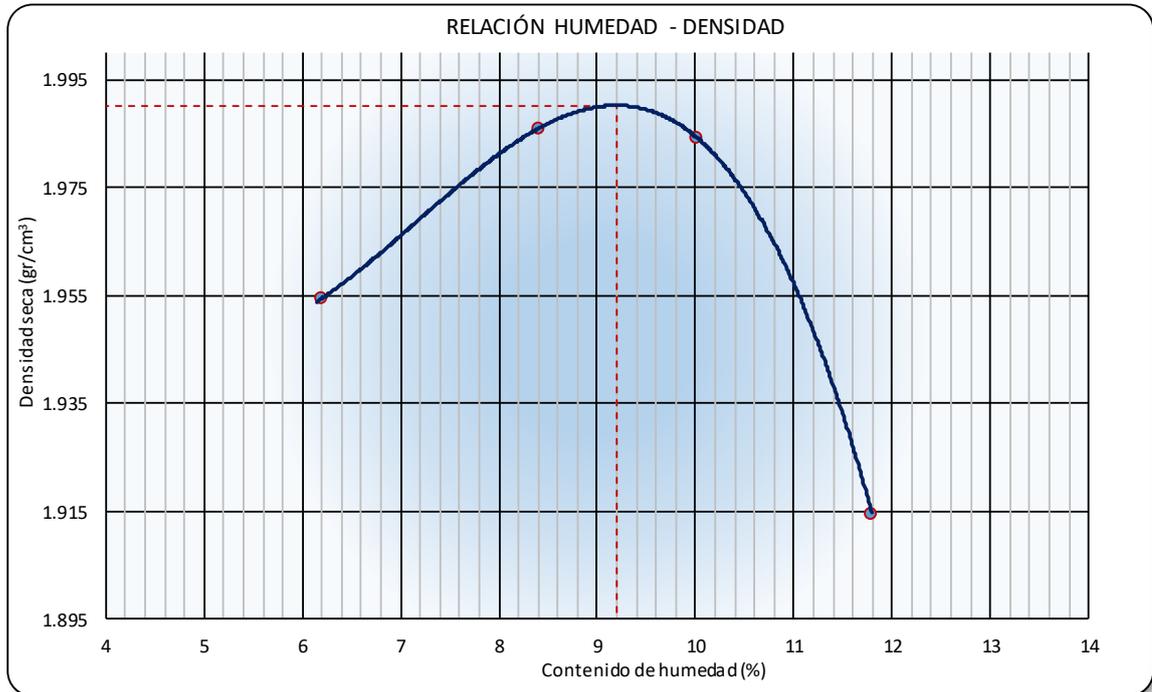
PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : CALICATA 3 ESTRIBO IZQ. DE CALICATA : 3.00
 TRAMO : 0 LADO : P/C
 CANTERA : 0 PROFUNDIDAD : 2.50 mts
 UBICACIÓN : 0 HECHO POR : 0.00
 CALICATA : C - 00 FECHA : /08/2015

Ensayo N°		1	2	3	4		
Número de Capas		5	5	5	5		
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56		
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	10623	10788	10853	10762		
Peso molde + base	(gr)	6177	6177	6177	6177		
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	4446	4611	4676	4585		
Volumen del molde	(cm ³)	2142	2142	2142	2142		
Peso volumétrico húmedo	(gr/cm ³)	2.076	2.153	2.183	2.141		
Tara N°		T-01	T-02	T-03	T-04		
Peso del suelo húmedo + tara	(gr)	1144.8	1045.0	1192.3	1112.2		
Peso del suelo seco + tara	(gr)	1098.6	989.2	1117.7	1032.5		
Peso de Tara	(gr)	353.1	324.6	372.1	356.8		
Peso de agua	(gr)	46.2	55.8	74.6	79.7		
Peso del suelo seco	(gr)	745.5	664.6	745.6	675.7		
Contenido de agua	(%)	6.2	8.4	10.0	11.8		
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.955	1.986	1.984	1.915		
					Densidad máxima	(gr/cm ³)	1.990
					Humedad óptima	(%)	9.2



Observaciones Muestra de Cantera



- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1 - Cusco, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-021489, Claro: 984-727700

Proyecto: Construcción de la presa Quellococha - Soclla

Ubicación: Quellococha - Distrito Layo - Provincia Canas

Solicita: Gobierno Regional Cusco - IMA

Fecha: jueves, 24 de septiembre de 2015

Calicata: C-03

Profundidad: 2.50 m

CORTE DIRECTO

MTC E 123 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236

DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
Diámetro =	50.80 mm
Altura L_0 =	21.50 mm
Área =	20.27 cm ²
Volumen =	43.58 cm ³

DENSIDAD DE LA MUESTRA	
Peso =	91.68 gr
Peso Unitario húmedo =	2.10 gr/cm ³
Contenido de Humedad =	86.00%
Peso Unitario seco =	1.13 gr/cm ³

Velocidad de Deformación Horizontal = 0.50 mm/min

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD DE CORTE	LECTURA DE CARGA HORIZONTAL			DEFORMÍMETRO DE LONGITUD VERTICAL			FUERZA DE CORTE HORIZONTAL			ÁREA CORREGIDA A'	ESFUERZO CORTANTE τ		
	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03		M-01	M-02	M-03
	mm	N		mm			kg				cm ²	kg/cm ²	
0.20	3.5	5.1	5.8	-0.003	-0.004	-0.001	0.36	0.52	0.59	20.17	0.02	0.03	0.03
0.40	7.5	10.8	12.0	-0.005	-0.008	-0.002	0.76	1.10	1.22	20.07	0.04	0.05	0.06
0.60	9.9	14.8	16.9	-0.008	-0.013	-0.006	1.01	1.51	1.72	19.96	0.05	0.07	0.09
0.80	12.1	18.5	21.6	-0.010	-0.016	-0.012	1.23	1.89	2.20	19.86	0.06	0.09	0.11
1.00	15.5	23.5	27.3	-0.011	-0.017	-0.015	1.58	2.40	2.78	19.76	0.08	0.12	0.14
1.50	22.0	34.1	39.9	-0.009	-0.020	-0.021	2.24	3.48	4.07	19.51	0.11	0.17	0.20
2.00	25.8	41.9	50.4	-0.004	-0.025	-0.025	2.63	4.27	5.14	19.25	0.13	0.21	0.25
2.50	28.4	48.3	59.7	-0.001	-0.030	-0.034	2.90	4.93	6.09	19.00	0.14	0.24	0.30
3.00	31.0	54.9	69.3	0.000	-0.024	-0.038	3.16	5.60	7.07	18.75	0.16	0.28	0.35
3.50	32.4	60.2	77.7	0.003	-0.023	-0.039	3.30	6.14	7.92	18.49	0.16	0.30	0.39
4.00	31.9	62.8	83.9	0.004	-0.022	-0.043	3.25	6.40	8.56	18.24	0.16	0.32	0.42
4.50	31.4	64.0	89.1	0.009	-0.018	-0.047	3.20	6.53	9.09	17.99	0.16	0.32	0.45
5.00	30.3	65.4	94.4	0.012	-0.017	-0.043	3.09	6.67	9.63	17.73	0.15	0.33	0.47
5.50	29.8	65.1	98.7	0.013	-0.014	-0.039	3.04	6.64	10.06	17.48	0.15	0.33	0.50
6.00	29.0	64.1	100.7	0.017	-0.011	-0.035	2.96	6.54	10.27	17.23	0.15	0.32	0.51
6.50	28.0	63.0	101.7	0.022	-0.007	-0.034	2.86	6.42	10.37	16.98	0.14	0.32	0.51
7.00	27.0	62.0	102.8	0.027	-0.004	-0.031	2.75	6.32	10.48	16.72	0.14	0.31	0.52
7.50		60.9	102.2		-0.003	-0.030		6.21	10.42	16.47		0.31	0.51
8.00		60.2	101.2		-0.001	-0.027		6.14	10.32	16.22		0.30	0.51
8.50		59.4	100.5		0.000	-0.019		6.06	10.25	15.97		0.30	0.51
9.00		58.9	100.3		0.001	-0.014		6.01	10.23	15.72		0.30	0.50
9.50		57.8	99.5		0.004	-0.012		5.89	10.15	15.47		0.29	0.50
10.00		57.0	98.4		0.008	-0.007		5.81	10.03	15.22		0.29	0.50
11.00			97.4			-0.004			9.93	14.72			0.49
12.00			96.7			-0.003			9.86	14.23			0.49
13.00			96.5			-0.002			9.84	13.74			0.49
14.00			95.5			0.000			9.74	13.25			0.48



- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

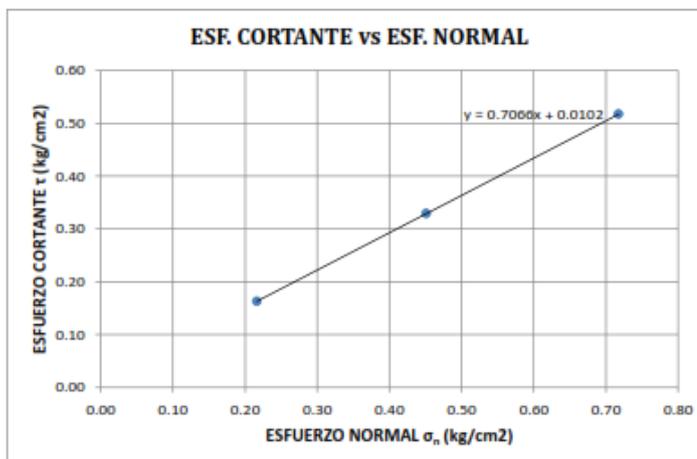
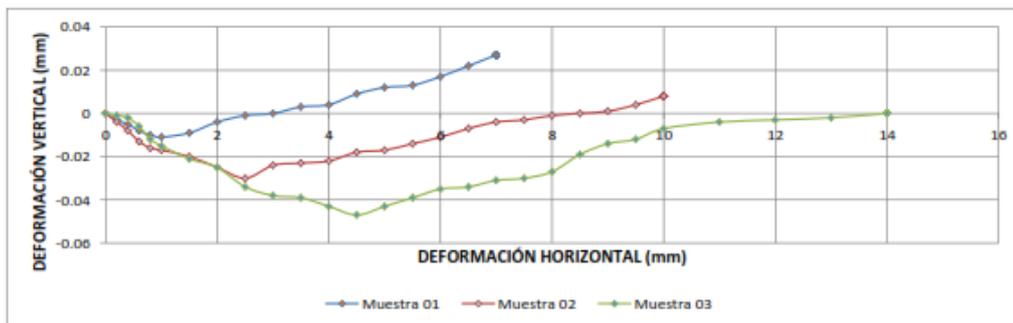
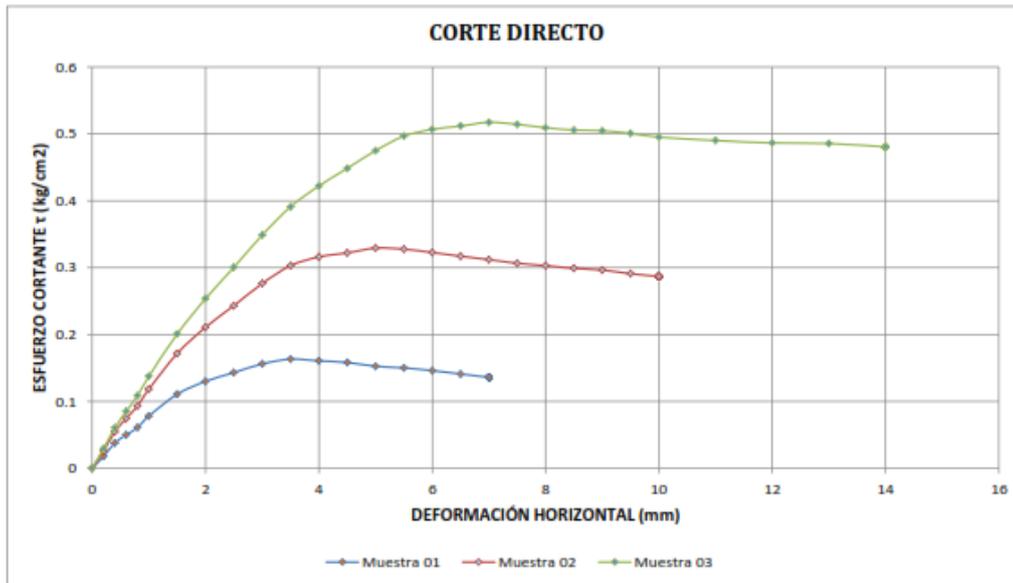
- Barrio Profesional C-1 - Cusco, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-021489, Claro: 984-727700

Proyecto: Construcción de la presa Quellococha - Soclla
Ubicación: Quellococha - Distrito Layo - Provincia Canas
Solicita: Gobierno Regional Cusco - IMA
Fecha: jueves, 24 de septiembre de 2015

Calicata: C-03
Profundidad: 2.50 m

CORTE DIRECTO

MTC E 123 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236



Muestras	M-01	M-02	M-03
Carga Vertical (kg)	4.00	8.00	12.00
Área en Corte (cm^2)	18.49	17.73	16.72
σ_n (kg/cm^2)	0.22	0.45	0.72
τ (kg/cm^2)	0.16	0.33	0.52

Cohesión = 0.01 kg/cm^2
Ángulo de fricción interna = 35° 14' 45"



d. **ENSAYOS DE LABORATORIO DE LA CALICATA 04**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88							
DATOS DE LA MUESTRA							
CONCEPTO : calicata 4 cantera				Nº DE CALICATA : 4			
TRAMO : 0				LADO : -			
CANTERA : CANERA 1				PROFUNDIDAD : 2.5 mts			
UBICACIÓN : C - 00				HECHO POR : 0			
CALICATA : C - 00				FECHA : /08/2015			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC. A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
Peso de la Muestra							
5"	127.000				100.0		Peso Total de la Muestra (gr.) : 9234
4"	101.600				100.0		Arena (gr.) : 4586
3"	76.200				100.0		Grava (gr.) : 4648
2 1/2"	60.350				99.2		Finos (gr.) : 876.6
2"	50.800	74	0.8	0.8	98.6		
1 1/2"	38.100	55	0.6	1.4	93.5		
1"	25.400	472	5.1	6.5	88.8		
3/4"	19.000	437	4.7	11.2	75.2		
1/2"	12.500	1249	13.5	24.8	65.9		
3/8"	9.500	860	9.3	34.1			
Límites de Consistencia							
Nº4	4.750	1501	16.3	50.3	49.7		Límite Líquido (%): 23
Nº10	2.000	143.0	8.1	58.4	41.6		Límite Plástico (%): 18
Nº20	0.840	155.3	8.8	67.2	32.8		Índice Plástico (%): 5
Clasificación de Suelo							
Nº40	0.425	78.7	4.5	71.7	28.3		Clasificación SUCS : GC-GM
Nº50	0.300	48.2	2.7	74.4	25.6		Clasificación AASHTO : A-1-b (0)
Nº100	0.150	108.2	6.1	80.6	19.4		
Nº200	0.075	76.3	4.3	84.9	15.1		
<Nº200	FONDO	266.9	15.1	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA

Observaciones Muestra de Cantera



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216				
DATOS DE LA MUESTRA				
CONCEPTO : calicata 4 cantera		Nº DE MUESTRA : M-01		
TRAMO : 0		LADO : -		
CANTERA : CANERA 1		PROFUNDIDAD : 2.0 mts		
UBICACIÓN : C - 00		HECHO POR : 0		
CALICATA : C - 00		FECHA : /08/2015		
ENSAYO N°	1	2		
N° DE TARA	T-04	T-04	T-06	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	2040.0	1812.1	2056.8	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1889.8	1679.8	1902.0	
PESO DE LA TARA (gr)	356.8	356.8	369.0	
PESO DEL AGUA (gr)	150.2	132.3	154.8	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1533.0	1323.0	1533.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.8	10.0	10.1	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	10.0			
Observaciones: Muestra de Cantera				



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				
LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90				
DATOS DE LA MUESTRA				
CONCEPTO : calicata 4 cantera		N° DE MUESTRA : M-01		
TRAMO : 0		LADO : -		
CANTERA : CANERA 1		PROFUNDIDAD : 2.5 mts		
UBICACIÓN : C - 00		HECHO POR : 0		
CALICATA : C - 00		FECHA : /08/2015		
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA		T-04	T-05	T-06
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	60.48	61.18	60.29
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	56.64	56.97	56.12
PESO DEL AGUA	(gr)	3.84	4.21	4.17
PESO DE LA TARA	(gr)	39.19	38.74	38.79
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	17.45	18.23	17.33
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.01	23.09	24.06
NÚMERO DE GOLPES		32	24	17
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
N° DE TARA		T-04	T-05	T-06
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	28.14	28.87	31.99
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	26.85	27.58	30.53
PESO DE LA TARA	(gr)	19.51	20.42	22.12
PESO DEL AGUA	(gr)	1.29	1.29	1.46
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	7.34	7.16	8.41
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	17.57	18.02	17.36
				18
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	23.00		
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	17.65		
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	5.35		
		MALLA N°40		



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
PESOS UNITARIOS DEL AGREGADO TOTAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29			
DATOS DE LA MUESTRA			
CONCEPTO : calicata 4 cantera		Nº DE CALICATA : 4	
TRAMO : :		LADO : -	
CANTERA : CANERA 1		PROFUNDIDAD : 2.5 mts	
UBICACIÓN : :		HECHO POR :	
CALICATA : C - 00		FECHA : /08/2015	
AGREGADO TOTAL		PESO UNITARIO SUELTO	
Nº DE ENSAYO	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE (gr.)	17484	17493	17474
PESO DE MOLDE (gr.)	7162	7162	7162
PESO NETO DE MATERIAL (gr.)	10322	10331	10312
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	9452	9452	9452
PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm ³)	1.092	1.093	1.091
PROMEDIO DE PESO UNITARIO (gr/cm³)	1.092		
OBSERV. : _____ _____			



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS			
PESO VOLUMETRICO			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITADO	LOCALIDAD WALLATAYRI		
CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA QUELLOCOCHA SOCLLA "LAYO – CANAS – CUSCO	CALICATA 4		
	PROF. : 2.50 m		
	FECHA 18/2015		
<u>PESO VOLUMETRICO DE SUELOS COHESIVOS</u>			
(NTP 339.139-199)			
Metodo Usado: Desplazamiento de Agua			
Muestra de Ensayo	1	2	
Tipo de Frasco Utilizado	Probeta	Probeta	
Masa humeda de la muestra (A) gr	225.00	226.00	
Masa de la muestra con parafina (B) gr	236.00	237.00	
Volumen de agua desplazada (C) cm3	121.00	120.00	
Volumen de parafina (D=(B-A)/γpar) cm3	12.94	12.94	
Volumen de suelo (E=C-D) cm3	108.06	107.06	
Densidad de masa del suelo (γ=B/E) gr/cm3	2.08	2.11	
Densidad de Masa del Suelo (γ) gr/cm3			2.10
Contenido de humedad del suelo (ω) %			8.13
Densidad de masa del suelo seco (γd) gr/cm3			1.94
<p>γparafina = 0.85gr/cm3 (Peso especifico de la parafina)</p>			



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

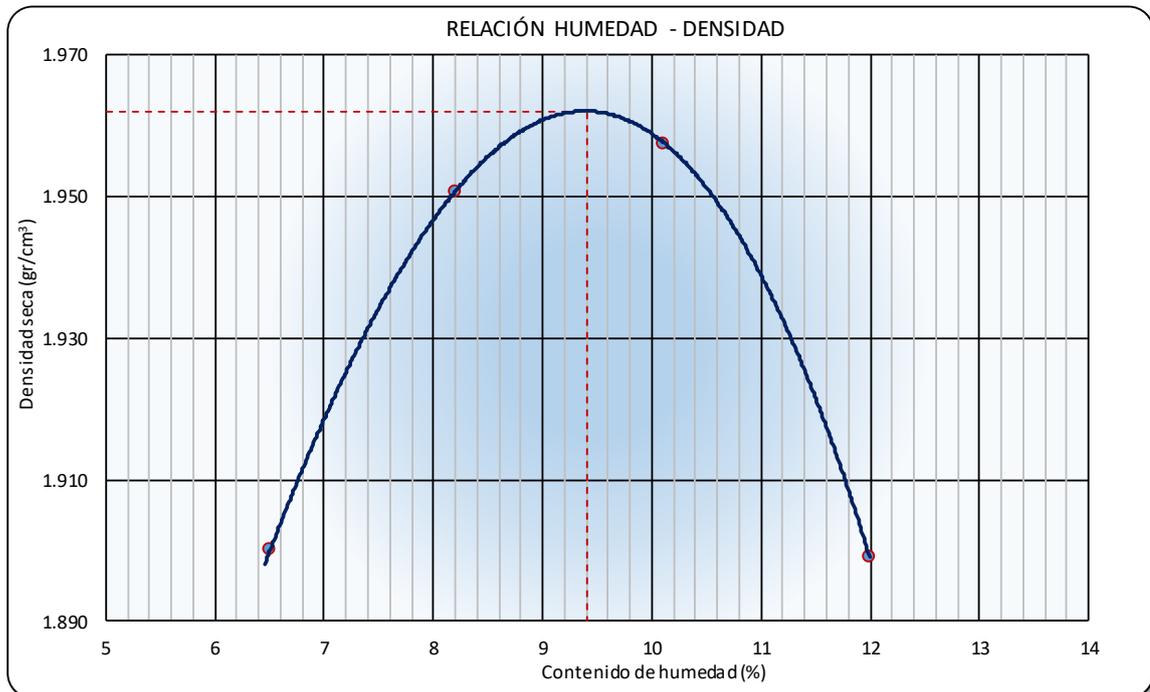
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : calicata 4 cantera	DIámetro DE CALICATA : 4.00
TRAMO : 0	LADO : -
CANTERA : CANERA 1	PROFUNDIDAD : 2.5 mts
UBICACIÓN : 0	HECHO POR : 0.00
CALICATA : C - 00	FECHA : /08/2015

Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)	10512	10698	10794	10733
Peso molde + base (gr)	6177	6177	6177	6177
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4335	4521	4617	4556
Volumen del molde (cm ³)	2142	2142	2142	2142
Peso volumétrico húmedo (gr/cm ³)	2.024	2.111	2.155	2.127
Tara N°	T-05	T-06	T-07	T-08
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	971.3	957.6	1053.8	1086.5
Peso del suelo seco + tara (gr)	934.6	913.0	989.7	1008.4
Peso de Tara (gr)	370.6	369.0	355.3	357.3
Peso de agua (gr)	36.7	44.6	64.1	78.1
Peso del suelo seco (gr)	564.0	544.0	634.4	651.1
Contenido de agua (%)	6.5	8.2	10.1	12.0
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.900	1.951	1.958	1.899

Densidad máxima (gr/cm ³)	1.962
Húmedad óptima (%)	9.4



Observaciones Muestra de Cantera



e. **ENSAYOS DE LABORATORIO DE LA CALICATA 05**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88							
DATOS DE LA MUESTRA							
CONCEPTO : CALICATA 05 CANTERA ARCILLA				Nº DE CALICATA : 5			
TRAMO : 0				LADO : CUERPO COMPL			
CANTERA : CANTERA DE ARCILLA				PROFUNDIDAD : 2.5			
UBICACIÓN : C - 00				HECHO POR : -			
CALICATA : -				FECHA : /08/2015			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
Peso de la Muestra							
5"	127.000						Peso Total de la Muestra (gr.) : 12423
4"	101.600						Arena (gr.) : 11071
3"	76.200						Grava (gr.) : 1352
2 1/2"	60.350						Finos (gr.) : 987.0
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
Límites de Consistencia							
3/4"	19.000	344	2.8	2.8	97.2		Límite Líquido (%): 27
1/2"	12.500	240	1.9	4.7	95.3		Límite Plástico (%): 20
3/8"	9.500	358	2.9	7.6	92.4		Índice Plástico (%): 7
Clasificación de Suelo							
Nº4	4.750	410	3.3	10.9	89.1		Clasificación SUCS : SC
Nº10	2.000	43.4	3.9	14.8	85.2		Clasificación AASHTO : A-4 (0)
Nº20	0.840	2016	18.2	33.0	67.0		
Nº40	0.425	199.8	18.0	51.0	49.0		
Nº50	0.300	38.0	3.4	54.5	45.5		
Nº100	0.150	38.1	3.4	57.9	42.1		
Nº200	0.075	76.1	6.9	64.8	35.2		
<Nº200	FONDO	390.1	35.2	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA

Observaciones :



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216				
DATOS DE LA MUESTRA				
CONCEPTO : CALICATA 05 CANTERA ARCILLA		Nº DE MUESTRA : M-01		
TRAMO : 0		LADO : CUERPO COMPLETO		
CANTERA : CANTERA DE ARCILLA		PROFUNDIDAD : -		
UBICACIÓN : C - 00		HECHO POR : -		
CALICATA : -		FECHA : /08/2015		
ENSAYO N°	1	2		
Nº DE TARA	T-20	T-19		
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	2676.7	2557.5		
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	2439.5	2341.0		
PESO DE LA TARA (gr)	263.5	354.2		
PESO DEL AGUA (gr)	237.2	216.5		
PESO DE L SUELO SECO (gr)	2176.0	1986.8		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.9	10.9		
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	10.9			
Observaciones:				
.....				
.....				
.....				
.....				



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				
LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90				
DATOS DE LA MUESTRA				
CONCEPTO : CALICATA 05 CANTERA ARCILLA		N° DE MUESTRA : M-01		
TRAMO : 0		LADO : CUERPO COMPL		
CANTERA : CANTERA DE ARCILLA		PROFUNDIDAD : 2.5		
UBICACIÓN : C - 00		HECHO POR : -		
CALICATA : -		FECHA : /08/2015		
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA		T-12	T-13	T-14
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	58.81	59.48	61.53
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	54.39	55.11	56.43
PESO DEL AGUA	(gr)	4.42	4.37	5.10
PESO DE LA TARA	(gr)	37.85	39.25	38.59
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	16.54	15.86	17.84
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.72	27.55	28.59
NÚMERO DE GOLPES		31	24	16
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
N° DE TARA		T-14	T-15	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	24.39	26.02	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	23.60	25.10	
PESO DE LA TARA	(gr)	20.00	19.80	
PESO DEL AGUA	(gr)	0.79	0.92	
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	3.60	5.30	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	21.94	17.36	20
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	MALLA N°40		
LÍMITE PLÁSTICO	(%)			
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)			
		27		
		20		
		7		



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
PESOS UNITARIOS DEL AGREGADO TOTAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29			
DATOS DE LA MUESTRA			
CONCEPTO : calicata 4 cantera	Nº DE CALICATA : 5.00		
TRAMO : :	-		
CANERA : CANERA 1	PROFUNDIDAD : 2.5 mts		
UBICACIÓN : :			
CALICATA : C - 00	FECHA : /08/2015		
AGREGADO TOTAL	PESO UNITARIO SUELTO		
Nº DE ENSAYO	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE (gr.)	17295	17276	17323
PESO DE MOLDE (gr.)	7162	7162	7162
PESO NETO DE MATERIAL (gr.)	10133	10114	10161
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	9452	9452	9452
PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm ³)	1.072	1.070	1.075
PROMEDIO DE PESO UNITARIO (gr/cm³)	1.072		
OBSERV. : _____ _____			



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS			
PESO VOLUMETRICO			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITADO	LOCALIDAD WALLATAYRI		
CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA QUELLOCOCHA SOCLLA "LAYO – CANAS – CUSCO	CALICATA 5		
	PROF. : 2.50 m		
	FECHA 18/2015		
<u>PESO VOLUMETRICO DE SUELOS COHESIVOS</u>			
(NTP 339.139-199)			
Metodo Usado: Desplazamiento de Agua			
Muestra de Ensayo	1	2	
Tipo de Frasco Utilizado	Probeta	Probeta	
Masa humeda de la muestra (A) gr	225.00	224.00	
Masa de la muestra con parafina (B) gr	232.00	231.00	
Volumen de agua desplazada (C) cm ³	121.00	121.00	
Volumen de parafina (D=(B-A)/ γ_{par}) cm ³	8.24	8.24	
Volumen de suelo (E=C-D) cm ³	112.76	112.76	
Densidad de masa del suelo ($\gamma=B/E$) gr/cm ³	2.00	1.99	
Densidad de Masa del Suelo (γ) gr/cm ³			1.99
Contenido de humedad del suelo (ω) %			8.13
Densidad de masa del suelo seco (γ_d) gr/cm ³			1.84
$\gamma_{parafina} = 0.85\text{gr/cm}^3$ (Peso especifico de la parafina)			

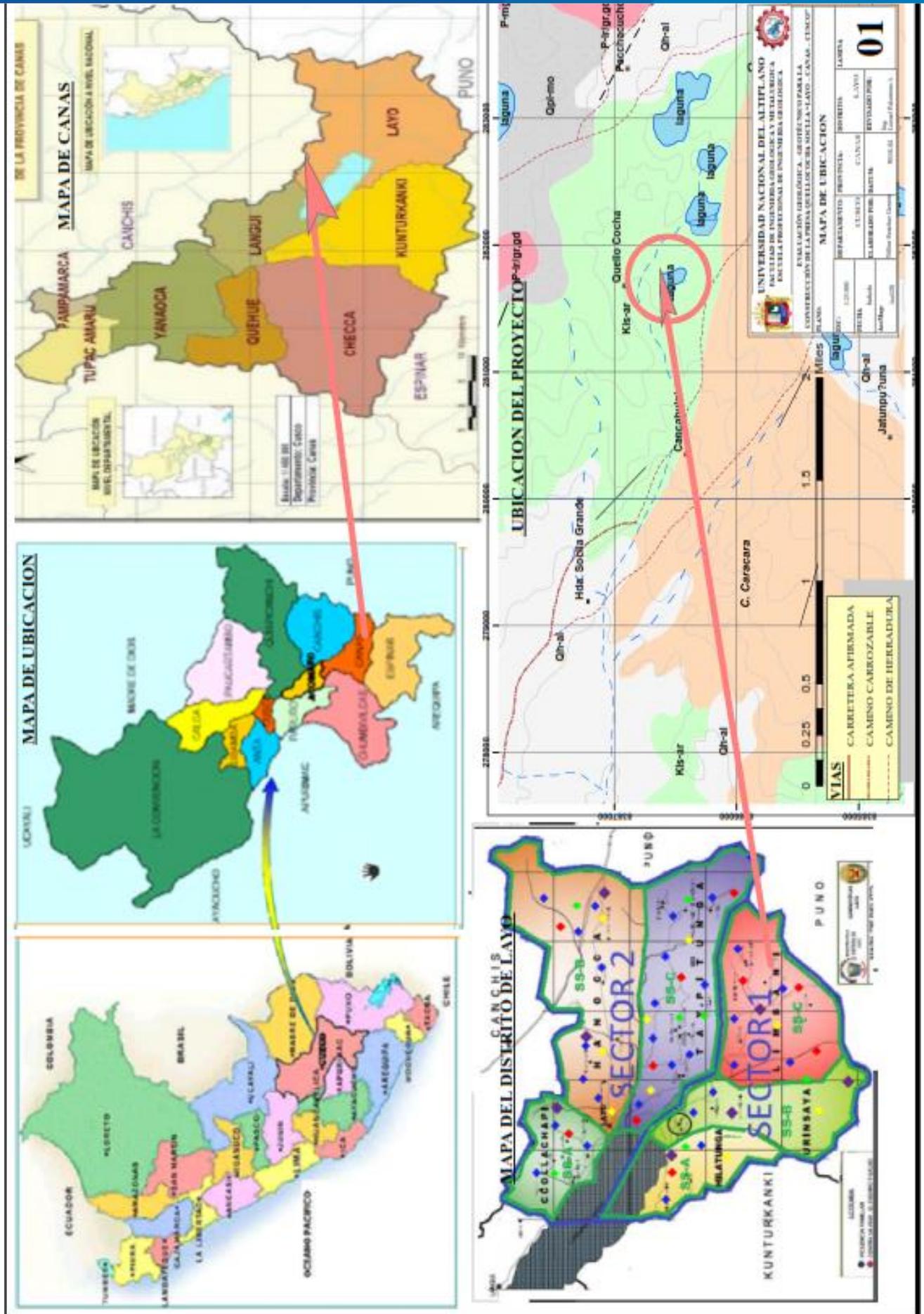


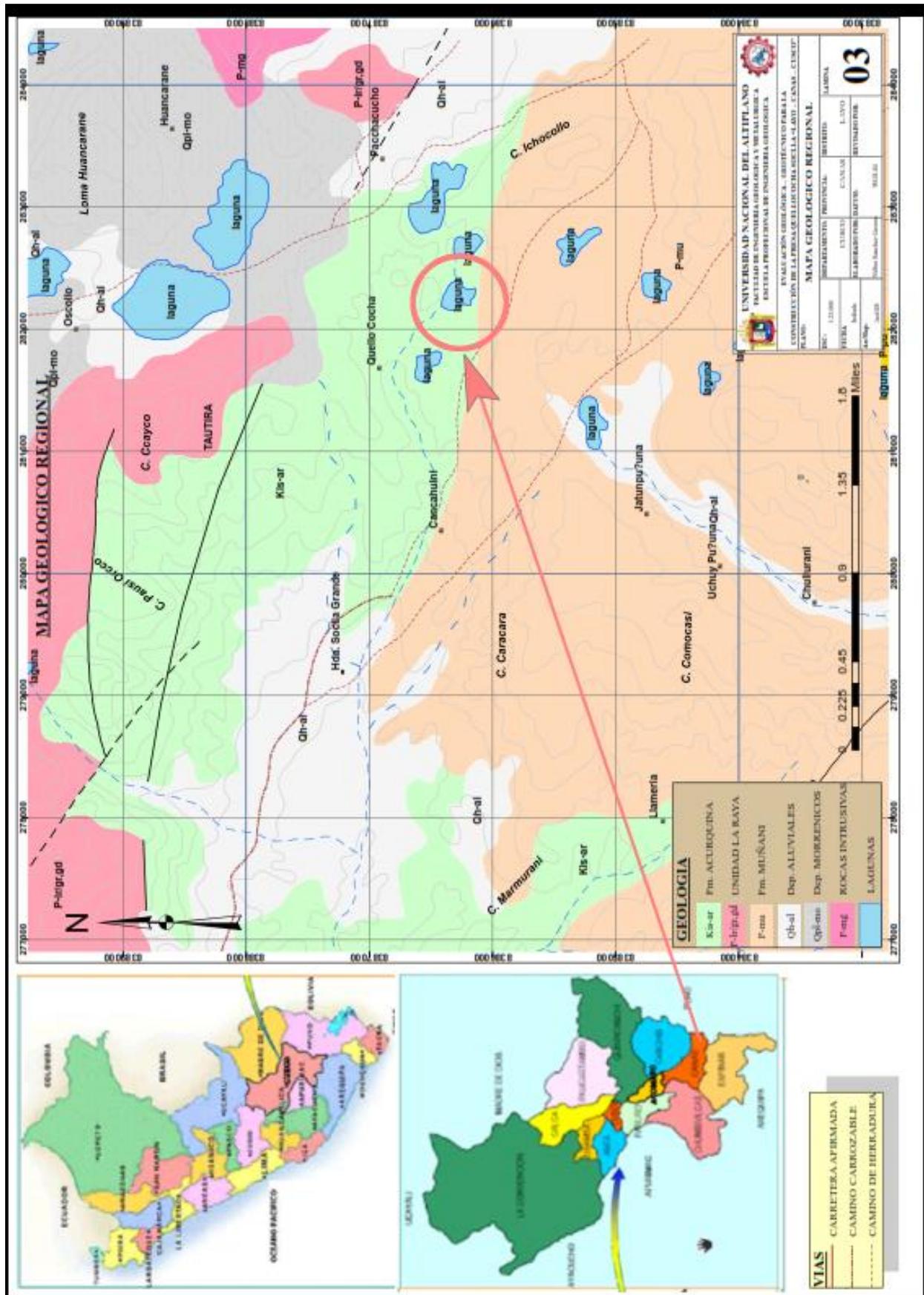
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
PROCTOR MODIFICADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180					
DATOS DE LA MUESTRA					
CONCEPTO : CALICATA 05 CANTERA ARCILLA			DIámetro DE CALICATA : 5.00		
TRAMO : 0			LADO : CUERPO COMPLETO		
CANTERA : CANTERA DE ARCILLA			PROFUNDIDAD : 2.50		
UBICACIÓN : 0			HECHO POR : -		
CALICATA : -			FECHA : /08/2015		
Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	(gr)	10517	10767	10855	10794
Peso molde + base	(gr)	6177	6177	6177	6177
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	4340	4590	4678	4617
Volumen del molde	(cm ³)	2142	2142	2142	2142
Peso volumétrico húmedo	(gr/cm ³)	2.026	2.143	2.184	2.155
Tara N°		T-01	T-02	T-03	T-04
Peso del suelo húmedo + tara	(gr)	1054.6	976.8	1012.2	944.3
Peso del suelo seco + tara	(gr)	996.1	910.6	936.1	866.8
Peso de Tara	(gr)	353.1	324.6	372.1	356.8
Peso de agua	(gr)	58.5	66.2	76.1	77.5
Peso del suelo seco	(gr)	643.0	586.0	564.0	510.0
Contenido de agua	(%)	9.1	11.3	13.5	15.2
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.857	1.925	1.924	1.871
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.934
Húmedad óptima (%)					12.4
Densidad máxima corregida (gr/cm ³)					1.947
Húmedad óptima corregida (%)					12.1


RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm ³)
9.1	1.857
11.3	1.925
13.5	1.924
15.2	1.871

Observaciones : _____









DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo NILBER SANCHEZ GARZON
, identificado con DNI 42621410 en mi condición de egresado de: EGRESADO

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA GEOLOGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"INGENIERO GEOLOGO"

" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 10 de MAYO del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo NILBER SANCHEZ GARZON
, identificado con DNI 42621410 en mi condición de egresado de: EGRESADO

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

ING. GEOLOGIA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

" INGENIERO GEOLOGO "

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 10 de MAYO del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella