

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

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**“ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CENTRO POBLADO DE
PICHARI, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA DE LA CONVENCION –
CUSCO”**

PRESENTADO POR:

Bach. AVILES PUMACALLAHUI Oscar Jaime

Bach. GAMARRA PALOMINO Fernando

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

ASESOR:

ING° CUENCA SANCHEZ Jorge Henry

CUSCO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedicamos este esfuerzo a nuestras madres, padres y hermanos por comprendernos la manera como somos, a nuestros amigos y amigas por su amistad, a nosotros mismos porque lo logramos y a usted si le da sentido.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de Tesis que se presenta, representa 1 año de trabajo, en el cual se dio inicio al presente trabajo. Durante este tiempo se contó con el apoyo permanente de Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia, así mismo a la Municipalidad distrital de Pichari, así como la orientación de varios consultores que laboraron conjuntamente con mi persona en dicho programa y especialmente quiero hacer mención a los siguientes profesionales:

Ingeniero Jorge Henry Cuenca Sánchez por su paciente labor de dirección, sus valiosas y contribuciones tanto a la forma como al fondo del documento.

Ingeniero Víctor Vidal Garate Góngora por su dedicación y apoyo en toda la fase de elaboración de la Tesis en los que inculco en nuestra persona responsabilidad y una exigencia única, propio de un docente cabal y correcto en nuestra formación en el ámbito de la investigación científica.

Finalmente, a todos mis amigos y amigas que me brindaron con su apoyo moral y anímico suficiente para avanzar cuando hizo falta.

ÍNDICE

RESUMEN	9
CAPÍTULO I – MARCO GENERAL	11
1.1. INTRODUCCIÓN	11
1.2. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	13
1.2.1. UBICACIÓN POLÍTICA	13
1.2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	13
1.2.3. SUPERFICIE	13
1.2.4. LIMITES	13
1.2.5. ACCESIBILIDAD	14
1.3. PROBLEMÁTICA	15
1.3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.3.2. PROBLEMA PRINCIPAL	16
1.4. HIPÓTESIS	17
1.5. OBJETIVOS	17
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.6. MARCO NORMATIVO GENERAL	17
1.6.1. NORMA E.050 - SUELOS Y CIMENTACIONES	17
1.7. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	19
1.7.1. METODOLOGÍA	19
1.7.2. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	20
1.8. ANTECEDENTES	23
CAPÍTULO II - PENDIENTES	26
1.9. GENERALIDADES	26
1.10. MÉTODOS DE GENERACIÓN DE MAPAS DE PENDIENTES	26
1.10.1. MÉTODO DEL CÍRCULO Y LA MALLA	26
1.10.2. MÉTODO DEL CÍRCULO MÓVIL	27
1.10.3. MÉTODO DE LOS INTERVALOS MÓVILES	27
1.11. RANGO DE PENDIENTES CLASIFICADOS	27
1.11.1. PENDIENTE PLANO A CASI PLANO (0 – 2 %)	29
1.11.2. LIGERAMENTE INCLINADAS (2 – 4 %)	29
1.11.3. MODERADAMENTE INCLINADA (4 – 8 %)	30
1.11.4. FUERTEMENTE INCLINADAS (8 – 15 %)	30
1.11.5. MODERADAMENTE EMPINADA (15 – 25 %)	31
1.11.8. EXTREMADAMENTE EMPINADA (+ 75 %)	32

CAPITULO III – GEOMORFOLOGIA LOCAL	34
1.12. GENERALIDADES	34
1.13. DESCRIPCIÓN DE UNIDADES	35
1.13.1. UNIDADES MORFOESTRUCTURALES	35
1.13.2. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	36
1.13.2.1. MODELADO ALUVIAL	38
1.13.2.2. MODELADO DENUDACIONAL	38
1.13.2.3. MODELADO DE LITOFACIES DETRÍTICO	39
1.13.2.4. MODELADO DE LITOFACIES METAMÓRFICO	39
1.13.2.5. MODELADO DE LITOFACIES METASEDIMENTARIA	40
1.13.2.6. MODELADO DE VERTIENTE	40
1.13.2.7. MODELADO FLUVIAL	41
1.13.2.8. MODELADO GLACIAR	41
1.13.3. SUB UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	42
1.13.3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS SUB UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	45
CAPITULO IV - GEOLOGIA	61
4.1.	GEOLOGIA HISTÓRICA
	61
INTRODUCCIÓN	61
4.2.	UNIDADES GEOLÓGICAS
	64
ESTRATIGRÁFICA	64
4.3 GEOLOGIA REGIONAL	68
PROTEROZOICO	68
• GRANULITAS – GNEIS DE CIELO PUNKU	68
PALEOZOICO	71
• GRUPO SAN JOSÉ (OM-SJ)	71
• FORMACIÓN SANDIA (OS-S)	74
• FORMACIÓN ANANEA (SD-A)	76
• GRUPO CABANILLAS (D-CA)	77
• GRUPO AMBO (CI-A)	79
• GRUPO TARMA (CP-TA)	80
• GRUPO COPACABANA (CP-CO)	80
• FORMACIÓN RIO TAMBO (PIST-RT)	81
MESOZOICO	82
• GRUPO ORIENTE (KI-O)	82
CENOZOICO	82
DEPÓSITOS CUATERNARIOS (QH)	82

4.4 GEOLOGIA LOCAL	85
GENERALIDADES	85
4.4.1. UNIDADES GEOLÓGICAS LOCALES	85
4.4.1.1. DEPÓSITOS DELUVIALES (QH-DL)	85
4.4.4.2. DEPÓSITOS RESIDUALES (QH-RE)	85
4.4.4.3. DEPÓSITOS ALUVIALES (QH-AL1, QH-AL2)	85
4.4.4.4. DEPÓSITOS COLUVIALES (QH-CO)	86
4.4.4.5. DEPÓSITOS COLUVIAL – ALUVIALES (QH-CA)	86
4.4.4.6. DEPÓSITOS FLUVIALES (QH-FL1, QH-FL2)	86
4.5. GEOLOGIA LOCAL DEL CENTRO POBLADO PICHARI (C.P.)	86
CAPÍTULO V - GEOTECNIA	89
5.1. GENERALIDADES	89
5.2.1. GEOLOGÍA APLICADA A LA GEOTECNIA	90
5.2.2. GEOTECNIA (INGENIERÍA GEOLÓGICA)	91
5.2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS	91
4.3.1. DESIGNACIÓN ASTM	95
4.3.2. DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS	96
CAPITULO VI – ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	104
6.1 GENERALIDADES	104
6.2 EXPLORACION GEOTECNICA	104
6.2.1. APERTURA DE CALICATAS	104
6.2.2. PERFIL ESTRATIGRAFICO	106
6.3 ENSAYOS DE LOS SUELOS IN SITU	108
6.3.1 DENSIDAD DE SUELO	108
6.4 ENSAYOS ESPECIALES	109
6.4.1 CORTE DIRECTO	109
6.5 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL TIPO DE SUELO	110
CAPITULO VII – ZONIFICACION DEL TIPO DE SUELO (SUCS)	113
7.1. GENERALIDADES	113
7.2. METODO DE ZONIFICACION	114
7.3. ZONIFICACION POR TIPO DE SUELOS Y LITOLOGIA	117
CAPITULO VIII – ZONIFICACION GEOTECNICA	119
8.1. GENERALIDADES	119
8.2. ZONIFICACION GEOTECNICA	119
8.2.1. ZONA I	119
8.2.2. ZONA II	119

8.2.3. ZONA III	119
8.2.4. ZONA IV	120
8.2.5. ZONA V	120
8.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ZONAS GEOTÉCNICAS	120
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES	125
BIBLIOGRAFÍA	126
ANEXOS	131
ANEXO N° 1	132
MANUAL DE ESTANDARIZACIÓN DE DEPÓSITOS CUATERNARIOS PARA CARTOGRAFIADO GEOLÓGICO – INGEMMET	
ANEXO N° 2	142
ESQUEMA METODOLÓGICO PARA ESPECIALIZAR UNIDADES DE PENDIENTES	
ANEXO N° 3	146
CONCEPTOS DEL MÉTODO SEMIAUTOMÁTICO PARA LA DELIMITACIÓN DE CUENCAS	
ANEXO N° 4	154
PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO	

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Tipo de Muestras
Tabla N° 2: Sistema unificado de clasificación de suelos
Tabla N° 3: Sistema unificado de clasificación de suelos (suelo fino)
Tabla N° 4: Resumen de las características granulométricas
Tabla N° 5: Resumen de los límites de consistencia
Tabla N° 6: Ubicación de calicatas
Tabla N° 7: Resumen de parámetros geotécnicos del suelo
Tabla N° 8: Resumen de la clasificación de suelos

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Ubicación política

Cuadro N° 2: Ubicación geográfica

Cuadro N° 3: Límites colindantes

Cuadro N° 4: Distancia vial tramo I

Cuadro N° 5: Distancia vial tramo II

Cuadro N° 6: Distancia vial tramo III

Cuadro N° 7: Pendientes especializadas

Cuadro N° 8: Unidades morfoestructurales

Cuadro N° 9: Unidades geomorfológicas

Cuadro N° 10: Unidades estratigráficas

Cuadro N° 11: Columna estratigráfica

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Rango de porcentajes con respecto al total de superficie

Gráfico N° 2: Porcentaje de unidades morfoestructurales

Gráfico N° 3: Porcentaje de unidades geomorfoestructurales

Gráfico N° 4: Distribución de las unidades lito estratigráficas

Gráfico N° 5: Distribución de las unidades lito estratigráficas

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 1: Ubicación y accesibilidad

Mapa N° 2: Accesibilidad

Mapa N° 3: Zonificación de pendientes (%)

Mapa N° 4: Mapa geomorfológico local

Mapa N° 5: Mapa geológico del centro poblado Pichari

Mapa N° 6: Mapa geológico local

Mapa N° 7: Mapa de Capacidad Portante de Suelos

Mapa N° 5: Mapa de clasificación sus

Mapa N° 8: Mapa de Zonificación

RESUMEN

El distrito de Pichari se encuentra ubicado en la provincia de La Convención, departamento de Cusco, geográficamente en la región selva con presencia de valles inter montañosos y topografía accidentada. Por ello, esto ha significado un factor limitante para explorar toda la jurisdicción del distrito de Pichari.

Los procedimientos metodológicos para la elaboración del mapa Geomorfológico, están sustentados por metodologías convencionales de entes oficiales del país; como el MINAM, quienes basados en los nuevos elementos conceptuales desarrollan la clasificación sistemática, que se caracteriza por establecer una jerarquización integrada de los aspectos de relieve (pendiente), formaciones geológicas (origen, litología y el tiempo), formaciones superficiales, inundación, drenaje y de otros insumos que van cobrando importancia, a medida que el nivel de detalle aumenta. En este trabajo de análisis geomorfológico fue necesaria la preparación de materiales cartográficos que a su vez se convierten en insumos básicos como el mapa base, mapa de pendientes, mapa litológico, cuencas hidrográficas, red hídrica, zonas de vida, pisos altitudinales, climático, entre otros; que nos ayuda a realizar un mejor análisis y caracterización jerárquica de la geomorfología. Por otro lado, la interpretación visual de las imágenes satelitales, en este caso el RapidEye de 5 metros de resolución espacial, que fueron utilizadas para la delimitación de los polígonos de unidades Geomorfológicas teniendo como capas de mapa base, mapa de pendiente y mapa de geología.

La geomorfología del distrito de Pichari abarca solo una unidad morfoestructural que es la Cordillera Oriental. Dentro de las cuales se desarrollan varios tipos de modelados; Aluvial, Disección, Litofacies detrítico, Litofacies Metamórfico, Litofacies Meta sedimentaria, fluvial y Glaciar. Originando una gran variedad de sub unidades geomorfológicas en la jurisdicción del distrito de Pichari.

Tales condiciones hacen necesario desarrollar estudios como la presente. Para su elaboración se recurrieron a los estudios básicos de la geología regional y local así mismo la geomorfología identificándose el origen de los depósitos de suelos cuaternarios y las formaciones que se observan en el lugar.

Para el estudio geotécnico consistió en recopilar información de estudios de mecánica de suelos y realizar los ensayos de campo (calicatas, muestreo, etc.) en los lugares donde no se contaban ninguna información concerniente al estudio de mecánica de suelos. Toda la información fue procesada en un sistema SIG elaborándose mapas de distribución suelos con valores predominantes a la capacidad portante del suelo.

Finalmente se presenta la primera versión de zonificación geotécnica del centro poblado de Pichari, distrito de Pichari producto de la revisión exhaustiva de 24 estudios de mecánica de suelos recopilados. A partir de los resultados de pruebas de campo y laboratorio, así como la interpretación de la información física, morfológica y geológica, se realizaron análisis especiales de algunas propiedades mecánicas de resistencia al suelo en la cual utilizando un programa de computadora desarrollado en el gabinete el cual se emplea la Geoestadística como herramienta matemática para conjugar los resultados de los mapas de distribución de suelos y de comportamiento dinámico con la geología y la geomorfología de la zona de estudio, llegándose a delimitar 05 zonas que clasifican el comportamiento del terreno.

CAPÍTULO I

MARCO GENERAL

1.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la Geotecnia del distrito de Pichari es producto de la revisión exhaustiva de estudios de mecánica de suelos recopilados y la ejecución de 24 calicatas complementarios. A partir de los resultados de pruebas de campo y laboratorio, así como de la interpretación de la información física, morfológica y geográfica.

La presente investigación presenta 6 capítulos que a continuación se detallan:

En el capítulo I, se enmarca el ámbito de estudio de acuerdo a su ubicación y accesibilidad, se plantea el problema de investigación, los objetivos, las hipótesis, la justificación y el marco normativo y legal.

En el capítulo II, se caracteriza y se genera el mapa de pendientes a escala 1:25,000. Se tomó como referencia la guía de parámetros edáficos D.S. N° 017-2009/AG-01. Guía de Clasificación de los Parámetros Edáficos. Para la obtención del mapa de pendientes de la zona de estudio se ha utilizado mapas topográficos con curvas de nivel cada 25 m de equidistancia, a partir de ello se generó un modelo digital de elevación (MDE), del cual se generaron las pendientes, información complementada con la interpretación de imágenes satelitales RapidEye, así como datos de campo.

En el capítulo III, se caracteriza y se genera el mapa de las subunidades y unidades geomorfológicas a escala 1:25,000. En el ámbito de trabajo se adecuó algunos criterios tomados por escuelas internacionales debido a que en nuestro país no se estandarizó la metodología de generar mapas geomorfológicos (Francesa, holandesa y polaca) principalmente el criterio fue tomar las geoformas más la litología; información complementada con la interpretación de imágenes satelitales RapidEye, así como datos de campo.

En el capítulo IV, El estudio geológico del distrito de Pichari estará básicamente orientado a los conocimientos de geomorfología, estratigrafía, estructural, la evolución geológica, siendo el principal objetivo la elaboración del Mapa

Geológico, así como el conocimiento de los principales recursos naturales y minerales con las que cuenta.

El capítulo V, se identifican los términos de geotecnia en la ingeniería y sus aplicaciones en obras civiles los cuales determina las propiedades físicas mecánicas del suelo.

El capítulo VI, se realizan estudios de exploración geotécnicas tales como la apertura de calicatas y muestreo para su posterior ensayo respectivo en el laboratorio de suelos según la normatividad peruana.

El capítulo VII, se identifican los resultados de laboratorio para determinar y zonificar de acuerdo al tipo de suelo y litología en la zona de estudio presentando mapas a escala 1/25000.

El capítulo VIII, se identifican las zonas ya declaradas y geoprocesadas por el sistema geoestadístico y la determinación de un plano de zonificación geotécnica en la que están parametrizadas de acuerdo a un intervalo de capacidad admisible del suelo se presenta en un mapa a escala de 1/25000. Delimitadas y la distribución espacial de las zonas geotécnicas.

Finalmente se da a conocer a las conclusiones y las recomendaciones de la presente investigación, así mismo se detallan la bibliografía y los anexos.

1.2. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

1.2.1. UBICACIÓN POLÍTICA

El ámbito de estudio se encuentra ubicado en el departamento de Cusco, provincia de La Convención.

Cuadro 1. Ubicación Política

País	Perú
Región	Cusco
Provincia	La Convención
Distrito	Pichari

Fuente: Estudio Geológico – ZEE Pichari, 2015

Ubicado en la margen derecha de la cuenca del río Apurímac. Región del Cusco y Provincia de La Convención.

1.2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Geográficamente se encuentra ubicada entre las siguientes coordenadas:

Cuadro 2. Ubicación geográfica

Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM	
Longitud Oeste	74° 01' 33.2"	W	606015
	73° 33' 44.3"		656476
Latitud Sur	12° 04' 37.2"	S	8664521
	12° 34' 27.8"		8609503

Fuente: Estudio Geológico – ZEE Pichari, 2015

1.2.3. SUPERFICIE

La superficie del área de estudio del distrito de Pichari es de 1337.94 Km²

1.2.4. LIMITES

El Distrito de Pichari limita con los siguientes distritos de las tres regiones del Perú:

Cuadro 3. Limites colindantes

LIMITES	
NORTE	Con los Distritos de Rio Tambo y Pangoa, Provincia de Satipo, Departamento de Junín
SUR	Con el distrito de Kimbiri, provincia de La Convención, departamento del Cusco.
ESTE	Con el distrito de Echarati, provincia de La Convención - Cusco, Rio Tambo provincia de Satipo – Junín.
OESTE	Con el río Apurímac, los distritos de Sivia y Llochegua, provincia de Huanta – Ayacucho y Pangoa de la provincia de Satipo – Junín.

Fuente: Estudio Geológico – ZEE Pichari, 2015

1.2.5. ACCESIBILIDAD

La zona de estudio muestra un acceso limitado, siendo la carretera de Ayacucho– San Francisco–Pichari la del mayor tránsito, así como la carretera Cusco–Kepashiato–Kimbiri–Pichari. El río Apurímac es una importante vía fluvial, conjuntamente con el río Ene. La accesibilidad dentro de Pichari es factible cerca a los centros poblados y de difícil acceso hacia el Este del distrito.

En los Cuadros siguientes se muestran el itinerario de rutas para acceder a Pichari.

Cuadro 4. Distancia vial, según tramos y tipo de vía ruta de Lima – Ayacucho - Pichari: Tramo I.

Tramo Vial I	Tipo de Vía	Asfaltada (Km)	Carrozable (Km)	Total (Km)
Lima – Huamanga	Terrestre y aéreo	554.78	0	554.78
Ayacucho desvío Huanta, ruta 3 SN	Terrestre	15	0	15
Desvío a Huanta – Quinoa 24 SN	Terrestre	25	0	25
Quinoa – Tambo ruta 24 SN	Terrestre	50	0	50
Tambo – Rosario, ruta 24 SN	Terrestre	0	96	96
Rosario – San Francisco, ruta 24 SN	Terrestre	0	11	11
San Francisco – Pichari (capital)	Terrestre	18	0	18
Total de recorrido		612.98	107	769.98

Fuente: Itinerario de rutas DGC-MTC

Cuadro 5. Distancia vial, según tramos y tipo de vía ruta de Lima – Cusco – Quillabamba - Pichari: Tramo II.

Tramo Vial II	Tipo de Vía	Asfaltada (Km)	Carrozable (Km)	Total (Km)
Lima – Cusco	Terrestre y aéreo	1,152	0	1,152
Cusco – Quillabamba	Terrestre	175	46	221
Quillabamba – Echarate	Terrestre	0	37	37
Echarate – Pichari	Terrestre	0	294	294
Total de recorrido		1,327	377	1,704

Fuente: Itinerario de rutas DGC-MTC

Cuadro 6. Distancia vial, según tramos y tipo de vía ruta de Lima – La Oroya – Pichari: Tramo III.

Tramo Vial III	Tipo de Vía	Asfaltada (Km)	Carrozable (Km)	Total (Km)
Lima – Satipo	Terrestre y aéreo	432	0	432
Satipo – Puerto Ocopa o Chata	Terrestre	0	65	65
Puerto Ocopa o Chata – Puerto Ene	Fluvial	0	0	0
Puerto Ene – Pichari	Terrestre	0	48	48
Total de recorrido		432	113	545

Fuente: Itinerario de rutas DGC-MTC

1.3. PROBLEMÁTICA

1.3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Geotecnia como parte de la rama ingeniería de la Geología, se encarga del estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, las cuales sirven como base para la realización de obras de edificación y urbanismo. Karl Terzagui, considerado el padre de la Geotecnia, afirma que para la realización de cualquier tipo de obra de ingeniería no basta con conocer teorías fundamentales, métodos de ensayo o estimación de posibles errores, sino precisa que uno debe poseer la experiencia necesaria a través de las prácticas por medio de observaciones en las obras, para poder llevar a una realidad nuestros conocimientos teóricos y empíricos.

Según el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres define que una Zonificación Geotécnica es el estudio de una determinada área para determinar las propiedades del tipo de suelo que se encuentre allí, siendo primordial este tipo de investigación para el desarrollo de diseños estructurales en cualquier obra de construcción.

La Universidad de la Costa, Colombia, en el 2013 realizó un estudio de Zonificación y Caracterización Geotécnica de los Suelos de la ciudad de Barranquilla, con el propósito de que las empresas de planeación y desarrollo urbano, se orienten y ordenen para la realización de anteproyectos más económicos y ajustados a la realidad geotécnica de la ciudad. Entre otros el Ing. Geólogo José María Chávez Aguirre en el año 2008 realizó un Atlas Multidisciplinario y de Riesgo Geotécnico de la zona de Conurbada del Valle de México, debido a que el incremento poblacional estaba originando construcciones informales dentro de un área donde existía una gran cantidad de minas subterráneas que afectaban a la población provocando hundimientos y colapsos en las construcciones, motivo que obligó a realizar este estudio geotécnico para conocer el comportamiento de los suelos y sus problemáticas.

Los estudios geotécnicos son una base fundamental en para la realización de diversos proyectos de ingeniería, razón por la cual, en el Perú el Laboratorio Geotécnico del SISMID y el Instituto Geofísico del Perú hace años realizan este tipo de investigaciones. Este último en el año 2010, realizó un estudio de Zonificación Sísmico - Geotécnica para siete distritos de Lima Metropolitana.

El Centro Poblado de Pichari perteneciente al distrito de Pichari, Provincia de La Convención, Departamento de Cusco, fue la zona seleccionada para realizar este tipo de trabajo de investigación orientado a un Estudio de Zonificación Geotécnica, debido a que es una área que no cuenta con Estudios Básicos de Ingeniería en donde han emergido edificaciones de material rústico y noble construidas de una manera informal, que con el pasar del tiempo muestran patologías en su construcción principalmente en las viviendas más antiguas, sin tener en cuenta que para todo tipo de edificaciones es necesario contar con estudios de suelos para realizar un adecuado diseño estructural en las obras de construcción.

1.3.2. PROBLEMA PRINCIPAL

¿De qué manera influye el Estudio de Zonificación Geotécnica para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos del Centro Poblado de Pichari?

1.4. HIPÓTESIS

La Zonificación Geotécnica del ámbito de estudio está relacionado a las propiedades físicas y mecánicas de los materiales geológicos en la Zona del Centro Poblado de Pichari, Distrito de Pichari, Provincia de la Convención – Cusco, que influyen en la zonificación geotécnica servirán para el diseño de cimentaciones, ordenamiento territorial y gestión de riesgos.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo realizar un estudio geotécnico del suelo con el fin de determinar la Zonificación Geotécnica del Centro Poblado de Pichari, Distrito de Pichari, Provincia de La Convención – Cusco. A partir de la identificación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determina los perfiles estratigráficos del terreno de fundación
- Determinar las principales características físicas geomecánicas de los suelos superficiales que conforman cada una de las zonas planteadas
- Generar el mapa de Zonificación Geotécnica según tipo (clasificación) de suelos (SUCS)
- Generar el mapa de capacidad portante admisible por zonas

1.6. MARCO NORMATIVO GENERAL

1.6.1 NORMA E.050 - SUELOS Y CIMENTACIONES

Artículo 1.- El objetivo de esta Norma es establecer los requisitos para la ejecución de Estudios de Mecánica de Suelos* (EMS), con fines de cimentación, de edificaciones y otras obras indicadas en esta Norma. Los EMS se ejecutarán con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las obras y para promover la utilización racional de los recursos.

Artículo 2.- El ámbito de aplicación de la presente Norma comprende todo el territorio nacional. Las exigencias de esta Norma se consideran mínimas. La presente Norma no toma en cuenta los efectos de los fenómenos de geodinámica externa y no se aplica en los casos que haya presunción de la existencia de ruinas arqueológicas; galerías u oquedades subterráneas de origen natural o artificial. En ambos casos deberán efectuarse estudios específicamente orientados a confirmar y solucionar dichos problemas.

Artículo 3.- OBLIGATORIEDAD DE LOS ESTUDIOS

3.1. Casos donde existe obligatoriedad, Es obligatorio efectuar el EMS en los siguientes casos:

Edificaciones en general, que alojen gran cantidad de personas, equipos costosos o peligrosos, tales como: colegios, universidades, hospitales y clínicas, estadios, cárceles, auditorios, templos, salas de espectáculos, museos, centrales telefónicas, estaciones de radio y televisión, estaciones de bomberos, archivos y registros públicos, centrales de generación de electricidad, sub-estaciones eléctricas, silos, tanques de agua y reservorios.

Cualquier edificación no mencionada en a) de uno a tres pisos, que ocupen individual o conjuntamente más de 500 m² de área techada en planta.

Cualquier edificación no mencionada en a) de cuatro o más pisos de altura, cualquiera que sea su área.

Edificaciones industriales, fábricas, talleres o similares.

Edificaciones especiales cuya falla, además del propio colapso, represente peligros adicionales importantes, tales como: reactores atómicos, grandes hornos, depósitos de materiales inflamables, corrosivos o combustibles, paneles de publicidad de grandes dimensiones y otros de similar riesgo.

Cualquier edificación que requiera el uso de pilotes, pilares o plateas de fundación.

Cualquier edificación adyacente a taludes o suelos que puedan poner en peligro su estabilidad.

En los casos en que es obligatorio efectuar un EMS, de acuerdo a lo indicado en esta Sección, el informe del EMS correspondiente deberá ser firmado por un Profesional Responsable.

Artículo 4.- ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS (EMS), Son aquellos que cumplen con la presente Norma, que están basados en el metrado de cargas estimado para la estructura y que cumplen los requisitos para el Programa de Investigación.

Artículo 5.- ALCANCE DEL EMS, La información del EMS es válida solamente para el área y tipo de obra indicadas en el informe. Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obra.

Artículo 6.- RESPONSABILIDAD PROFESIONAL POR EL EMS, Todo EMS deberá ser firmado por el PR, que por lo mismo asume la responsabilidad del contenido y de las conclusiones del informe. El PR no podrá delegar a terceros dicha responsabilidad.

Artículo 7.- RESPONSABILIDAD POR APLICACIÓN DE LA NORMA, Las entidades encargadas de otorgar la ejecución de las obras y la Licencia de Construcción son las responsables de hacer cumplir esta Norma. Dichas entidades no autorizarán la ejecución de las obras, si el proyecto no cuenta con un EMS, para el área y tipo de obra específico.

1.7. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

1.7.1. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo de la presente investigación es de tipo exploratorio, descriptivo, explicativo y evaluativo, proceso de conocimiento que se inicia con la observación de fenómenos particulares con el propósito de llegar a una conclusión y premisas generales que pueden ser aplicadas a situaciones similares a la observación.

1.7.2. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

La elaboración de este estudio de carácter Geotécnico, se da inicio con el trabajo de gabinete, con la recopilación de información existente sobre trabajos geotécnicos en el departamento y distrito de Pichari, referencias bibliográficas, de los cuales se analizó parámetros Geomecánicas de los suelos, Litología, Estratigrafía, Sedimentología, Geología Estructural (Tectónica). También se realizó la interpretación de las escenas de las imágenes satelitales apoyándose en técnicas de teledetección y procesamiento digital de las imágenes del satélite RapidEye de 5 metros de resolución espacial, 5 bandas Multiespectrales; todo ello, es contrastado con el trabajo de campo del equipo de Geología del proyecto.

Después de haber recolectado información en campo, se procede con la digitalización de la información para luego entrar a la etapa de generación de mapa de zonas geotécnicas elaborado con la información secundaria y con la interpretación y análisis de las imágenes del satélite y con datos cartográficos recopilados, una vez terminado con la corrección geométrica y tabular del Shapefile de geología se realiza el acondicionamiento de la base geométrica para determinar las áreas de las diferentes unidades geológicas del ámbito de estudio.

ETAPA DE PRE CAMPO

Consiste en la recopilación y revisión de la información geotécnica e hidráulica disponible. Estudios de mecánica de suelos, de los cuales se obtendrán sondeos a diferentes profundidades, así como resultados de registros eléctricos realizados.

Se realiza una investigación histórica tanto del uso pasado del suelo para identificar rellenos artificiales como de los antiguos cauces de los ríos, ambos servirán para poder explicar y diferenciar anomalías geotécnicas en ciertas zonas del casco urbano de los centros poblados.

La información de los sondeos geotécnicos recopilados y complementarios, así como de los registros eléctricos, se almacenarán en un Sistema de Información Geográfica. A partir de la información recabada, se plateará la campaña de exploración de los sondeos complementarios. En esta etapa consiste en la recopilación y análisis del mayor número de información relacionada con el tema, en este caso de las instancias de las oficinas de Unidad Formuladora porque es el ente que realizó estudios a nivel de Expediente para su consecuente ejecución.

También se Georreferenciará acorde a nuestro mapa base los planos catastrales a nivel de todo el ámbito de estudio utilizado en la plataforma SIG. En base a ciertos elementos interpretativos como relieve, la vegetación misma, variaciones en las tonalidades de color sobre las respectivas imágenes - espectro visible RGB.

Se realiza la recopilación de información secundaria de diferentes fuentes, bibliográficas y cartografías, las cuales son:

Elaboración de Mapa con Información recopilada, Se elaborará un mapa donde se muestra la información recopilada procesada y modelada, para tal caso se utilizará métodos geoestadísticos que realizará la interpolación de los variables no conocidas que existe entre dos puntos con información previamente levantadas por estudios realizados dentro del casco urbano.

Elaboración de mapa de ubicación de zonas de interés para la intervención de Calicatas, Elaborado ya el mapa con información secundaria se determinará las zonas donde se desconoce el tipo de suelo, apoyándonos en las imágenes del Google Earth (referencial) e imágenes del satelital RapidEye de 5 metros de resolución espacial, 5 bandas multispectrales, se procederá a la identificación zonas de intervención para la respectiva evaluación geotécnica.

Teniendo las zonas bien definidas se hará la Planificación del trabajo de campo y determinación de las zonas de muestreo.

Por tratarse de una Zonificación Ecológica Económica – ZEE de nivel micro (D.S. N° 087 – 2004/PCM.), se establece la escala de trabajo de 1:25,000.

Generación de información, se hace utilizado las siguientes plataformas del software:

ArcGis 10.3

Erdas Image 2013

Envi 5.0

Sas.Planet

Google Earth Pro

ETAPA DE CAMPO

En esta etapa se realiza la toma de información primaria mediante el mapeo y toma de muestras de campo, se realizaron actividades de:

- Reconocimiento de la zona de estudio y toma de datos de: geología, pendientes, geomorfología sobre la base de cartas nacionales del Instituto Geográfico Nacional (IGN), así como la descripción insitu.
- Contrastar en campo, la información temática preliminar obtenida en la etapa de pre campo, correspondiente a nuestro ámbito de estudio.
- Toma muestras y fotografías.

ETAPA DE POST CAMPO

En esta etapa de gabinete se evalúa y analiza todos los datos recolectados en el campo y se sistematizo para poder llegar a los resultados, se realizaron actividades de:

- Se empleó software especializado en la plataforma de sistemas de información geográfica (SIG), para hacer el análisis correspondiente de los datos recogidos en campo.
- Elaboración de los mapas de ubicación, acceso, geología, pendientes, geomorfología, unidades y red hidrográfica, cobertura vegetal y clima, en base a la información obtenida en la etapa de pre campo y campo.
- Generación de submodelos con respecto al grado de influencia de las variables en la susceptibilidad de peligros geodinámicos
- Análisis de los submodelos para luego genera el modelo de susceptibilidad de peligros geodinámicos, con el uso del método multicriterio (ver Anexo N° 4).

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales de Trabajo de Campo

Para realizar los trabajos de campo del presente estudio se han utilizado los siguientes equipos que nos ayudan a tomar datos de campo, los cuales han permitido realizar un cartografiado geológico confiable.

- Porta ácidos
- Cinturón de Geólogo
- Libreta de campo (All - weather geological field book)
- Protactor Multiescala, escala: 1:100, 1:250, 1:500, 1:5000
- Picota del Geólogo

- Pilas AA recargables
- Marcadores permanentes
- Mapa Base impresa en escala 1:25000, es tamaño A3
- Lápiz 2HB, Tajador y Borrador
- Tablero
- Lápiz de dureza
- Lápiz de colores codificados según de leyenda de Geología de INGEMMET.
- Navegador GPS Garmin
- Brújula Brunton
- Cámara fotográfica
- Radio de comunicación.
- Lupa acromática de 10x, 14x y 20x
- Materiales de escritorio

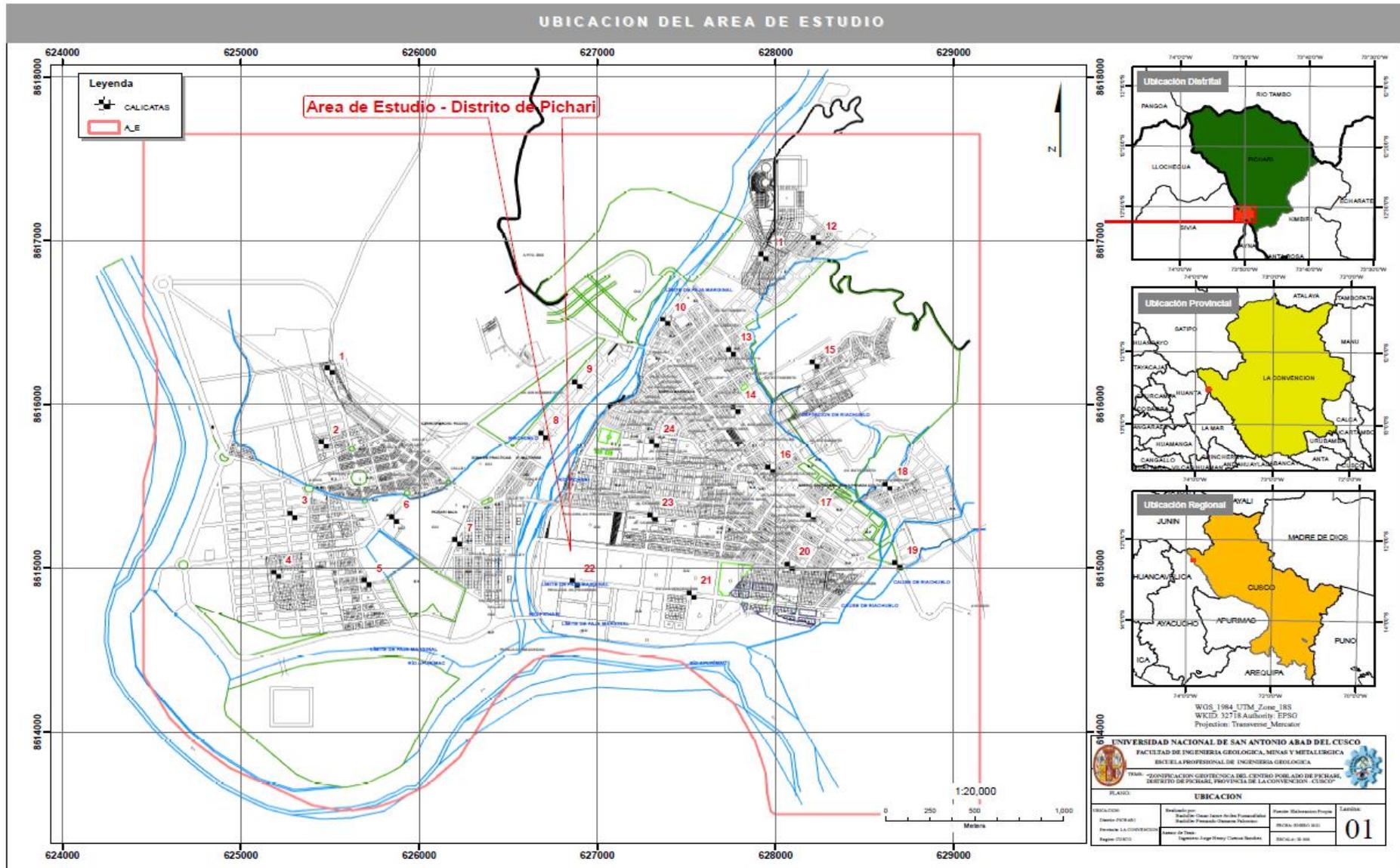
A continuación se mencionan los equipos que se han utilizado para los trabajos de gabinete y procesamiento de la información de los trabajos de campo.

- Computadora estacionaria
- USB
- CDs
- Imágenes del satélite Rapideye
- Impresora
- Plotter (impresión de mapas)

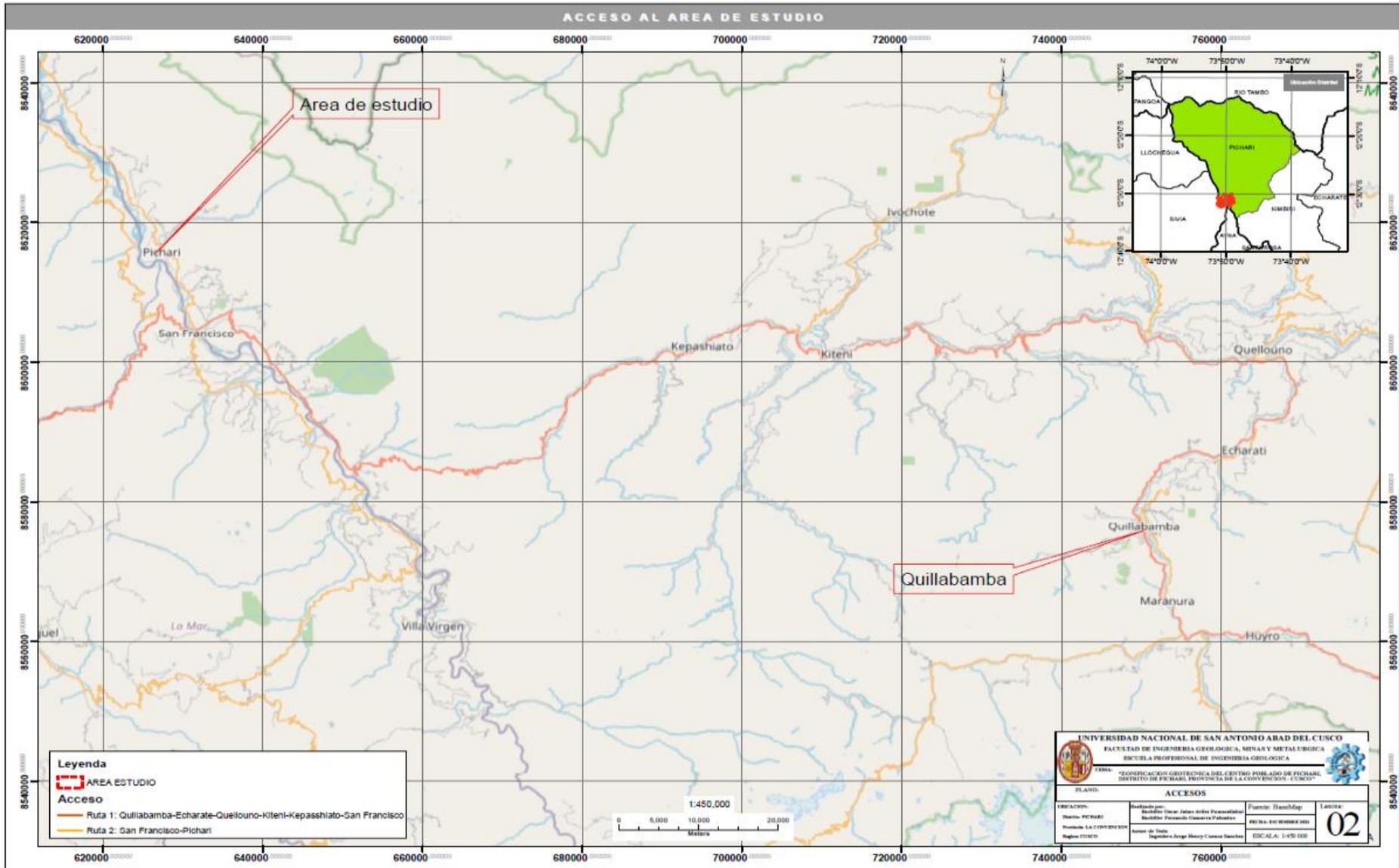
1.8. ANTECEDENTES

Efectuada la revisión de diversos documentos como boletines, estudios, textos, revistas, folletos, etc. Se encontró estudios realizados con anterioridad para diversas instituciones y personas, en base a esta bibliografía encontrada se hará un breve recuento histórico del área de estudio para así conocer más sobre el origen.

Mapa N° 1: Ubicación



Mapa N° 2: Accesibilidad



CAPÍTULO II

PENDIENTES

1.9. GENERALIDADES

La pendiente se refiere al grado de inclinación de los terrenos y se define como el ángulo formado por dos lados, expresados en porcentajes, indica un determinado número de metros que tiene de desnivel el terreno (Lado terminal), cuando se avanza 100 m sobre el lado inicial (Distancia reducida). Es necesario precisar que la pendiente, es un parámetro que influye en la formación de los suelos y condiciona el proceso erosivo, puesto que mientras más pronunciada sea la pendiente, la velocidad del agua de escorrentía será mayor, no permitiendo la infiltración del agua a través del perfil.

Para la obtención del mapa de pendientes de la zona de estudio (Ver mapa N° 4) se ha usado mapas topográficos con curvas de nivel cada 25 m de las que se generó un modelo digital de elevación (MDE), del cual se generaron las pendientes como gradiente de elevaciones (Ver Anexo N° 2).

Dentro del ámbito de estudio se utilizó el método de intervalos móviles, los resultados obtenidos se consolidaron en un mapa (Ver mapa N°4) en el que se muestra la distribución espacial dentro del distrito de San Salvador.

1.10. MÉTODOS DE GENERACIÓN DE MAPAS DE PENDIENTES

Existen muchos métodos basados en el principio mencionado, para la realización de mapas de pendientes, como por ejemplo los que se mencionan a continuación:

1.10.1. MÉTODO DEL CÍRCULO Y LA MALLA

Requiere el uso de un sencillo instrumento de forma circular, que se sitúa en los nudos de una malla cuadrada superpuesta al mapa topográfico. Para cada escala de mapa conviene disponer de un círculo de dimensiones adecuadas, cuyo diámetro debe ser representativo de una distancia prefijada del terreno. Así, en una escala 1:10 000 puede ser apropiado usar un diámetro de 10 mm, esto es 100 m sobre el terreno.

1.10.2. MÉTODO DEL CÍRCULO MÓVIL

En este procedimiento el círculo se mueve a través del mapa, de tal forma que el número de curvas de nivel que cruza el círculo permanezca constante. Las áreas de igual pendiente se van obteniendo mediante arcos trazados a través del círculo. En las zonas de pendiente más acusada puede ser necesario usar círculos de dimensiones inferiores (Ollier y Thomas-Son, 1957).

1.10.3. MÉTODO DE LOS INTERVALOS MÓVILES

El método fue ideado para subsanar las insuficiencias de los procedimientos anteriores. Pretende mapear las pendientes con suficiente grado de exactitud, puesto que los métodos anteriores resultan inoperantes para estudios de detalle. El método de los intervalos móviles se basa en la medida de la separación entre curvas de nivel mediante una regla graduada que se traslada paralelamente a ellas. En realidad, lo que se hace es fijar unas escalas que corresponden a unas clases de pendientes determinadas e ir señalando sobre el mapa los puntos en que la pendiente cambia de clase. Este cambio se producirá cuando la separación entre dos curvas de nivel contiguas sobrepase en anchura el segmento fijado en la regla para esa clase de pendiente (Denness, 1976).

1.11. RANGO DE PENDIENTES CLASIFICADOS

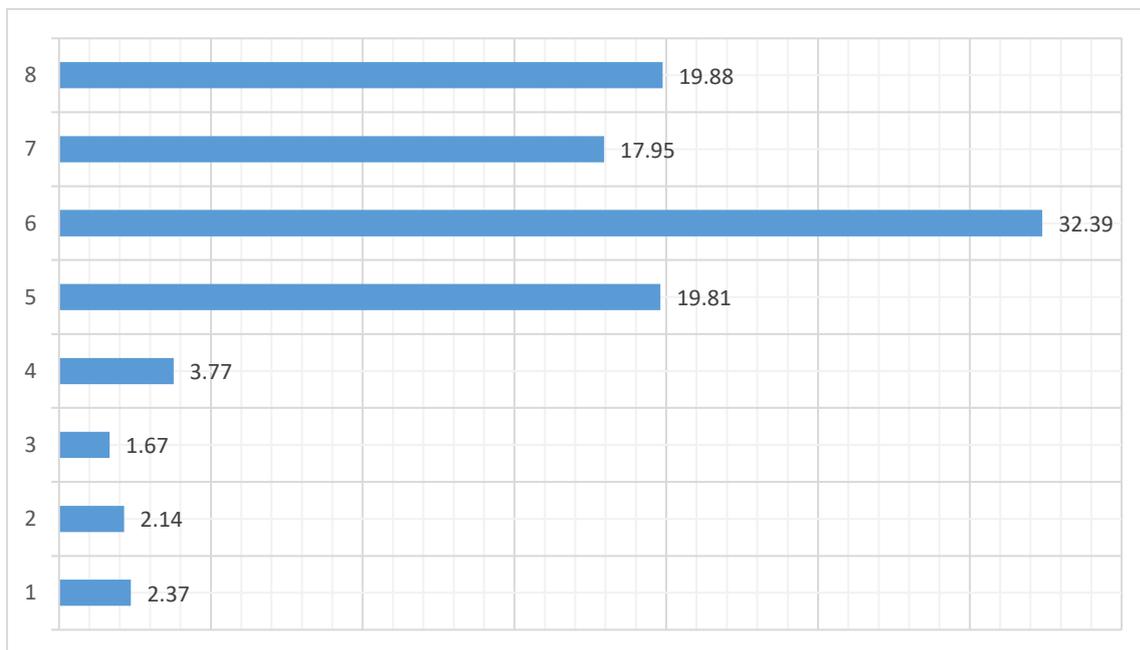
La clasificación de las pendientes se realizó en siete rangos, tomando como referencia la guía de los parámetros edáficos D.S. N° 017-2009/AG., cuya distribución espacial se aprecia en el mapa N° 4 respectivo, simbolizado por colores característicos para cada rango. Los resultados a nivel de todo el ámbito de estudio se muestran en la Tabla N° 1 y Gráfico N° 4, a continuación se describe la distribución espacial de estos rangos obtenidos.

Cuadro 7. Pendientes especializadas

RANGO (%)	CLASE	DESCRIPCIÓN	%
0 – 2	A	Plana a casi plano	2.37
2 – 4	B	ligeramente inclinada	2.14
4 – 8	C	Moderadamente inclinada	1.67
8 – 15	D	Fuertemente inclinada	3.77
15 - 25	E	Moderadamente empinada	19.81
25 - 50	F	Empinada	32.39
50 - 75	G	Muy empinada	17.95
+ 75	H	Extremadamente empinada	19.88

Fuente: Adaptación de la guía de los parámetros edáficos D.S. N° 017-2009/AG.

Gráfico N° 1: Rangos de pendiente con respecto al total de superficie



Fuente: Elaboración propia.

1.11.1. PENDIENTE PLANO A CASI PLANO (0 – 2 %)

Las pendientes planas a casi plana se tienen 3149.725 Has, que representa un 2.370% del área total. Estas pendientes en su mayoría se encuentran ubicadas en los valles, islas y playas (márgenes del río Apurímac)

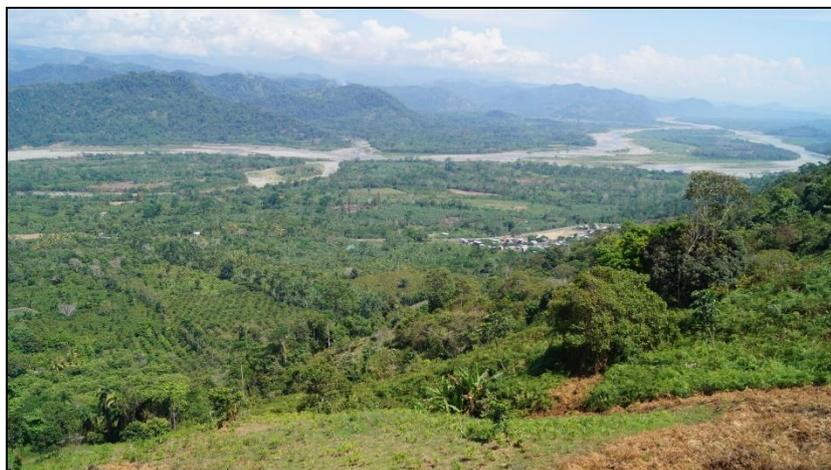


Imagen N° 1. Pendiente plano a casi plano, ubicado en la Comunidad de Tirincavine, al costado del río Apurímac.

1.11.2. LIGERAMENTE INCLINADAS (2 – 4 %)

Las pendientes ligeramente inclinadas se tienen **2849.883** Has, que representa un **2.144%** del área total. Estas pendientes en su mayoría se encuentran ubicadas en los valles y márgenes del Río Apurímac.



Imagen N° 2. Pendiente ligeramente inclinado, ubicado en la Comunidad de Omayá Baja, costado del río Apurímac.

1.11.3. MODERADAMENTE INCLINADA (4 – 8 %)

Las pendientes moderadamente inclinadas se tienen **2224.191** Has, que representa un **1.673%** del área total. Estas pendientes en su mayoría se encuentran ubicadas en los fondos de valle del ámbito de estudio.



Imagen N° 3. Pendiente moderadamente inclinado, ubicado en el Centro Poblado de Puerto *Mayo*.

1.11.4. FUERTEMENTE INCLINADAS (8 – 15 %)

Las pendientes fuertemente inclinadas se tienen **5019.937** Has, que representa un **3.777%** del área total. Estas pendientes en su mayoría se encuentran ubicadas en las colinas y cimas del ámbito de estudio.



Imagen N° 4. Pendiente fuertemente inclinado, ubicado en la Comunidad de Saruyacu.

1.11.5. MODERADAMENTE EMPINADA (15 – 25 %)

Las pendientes moderadamente empinadas se tienen **26323.469** Has, que representa un **19.805%** del área total. Estas pendientes en su mayoría se encuentran ubicadas en las colinas, cimas y laderas del ámbito de estudio.



Imagen N° 5. Pendiente moderadamente empinado, ubicado en la Comunidad de Pichari Alta.

1.11.6. EMPINADA (25 – 50 %)

Las pendientes empinadas se tienen **43050.921** Has, que representa un **32.391%** del área total. Estas pendientes en su mayoría se encuentran ubicadas en quebradas y laderas del ámbito de estudio.

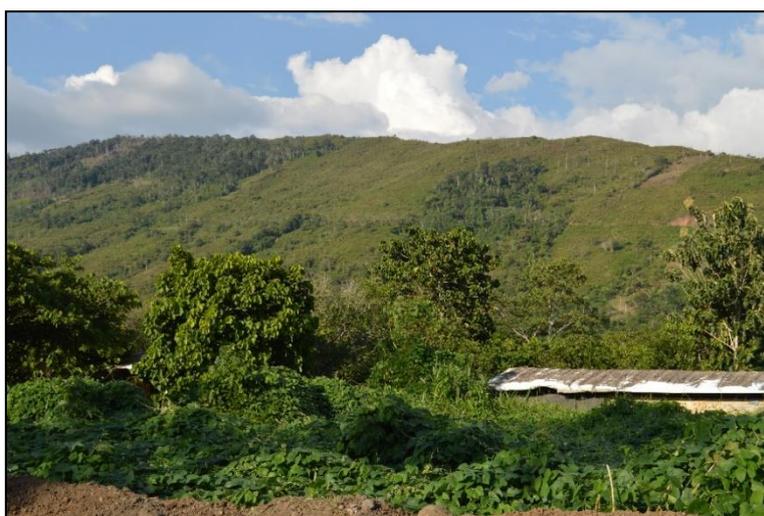


Imagen N° 6. Pendiente empinado, ubicado en el Centro Poblado de Puerto Mayo.

1.11.7. MUY EMPINADA (50 – 75 %)

Las pendientes muy empinadas se tienen **23860.948** Has, que representa un **17.953%** del área total. Estas pendientes en su mayoría se encuentran ubicadas en las laderas y montañas del ámbito de estudio.



Imagen N° 7. Pendiente muy empinado, ubicado en el Centro Poblado de Catarata.

1.11.8. EXTREMADAMENTE EMPINADA (+ 75 %)

Las pendientes extremadamente empinadas se tienen **26431.896** Has, que representa un **19.887%** del área total. Estas pendientes en su mayoría se encuentran ubicadas en las montañas del ámbito de estudio.

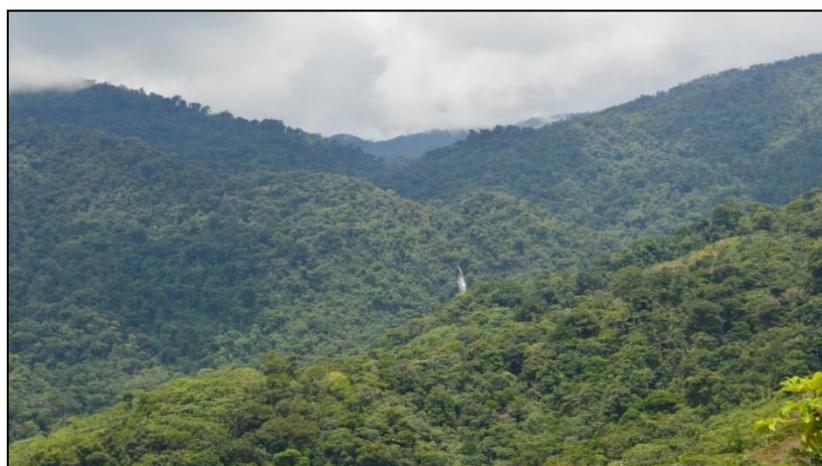
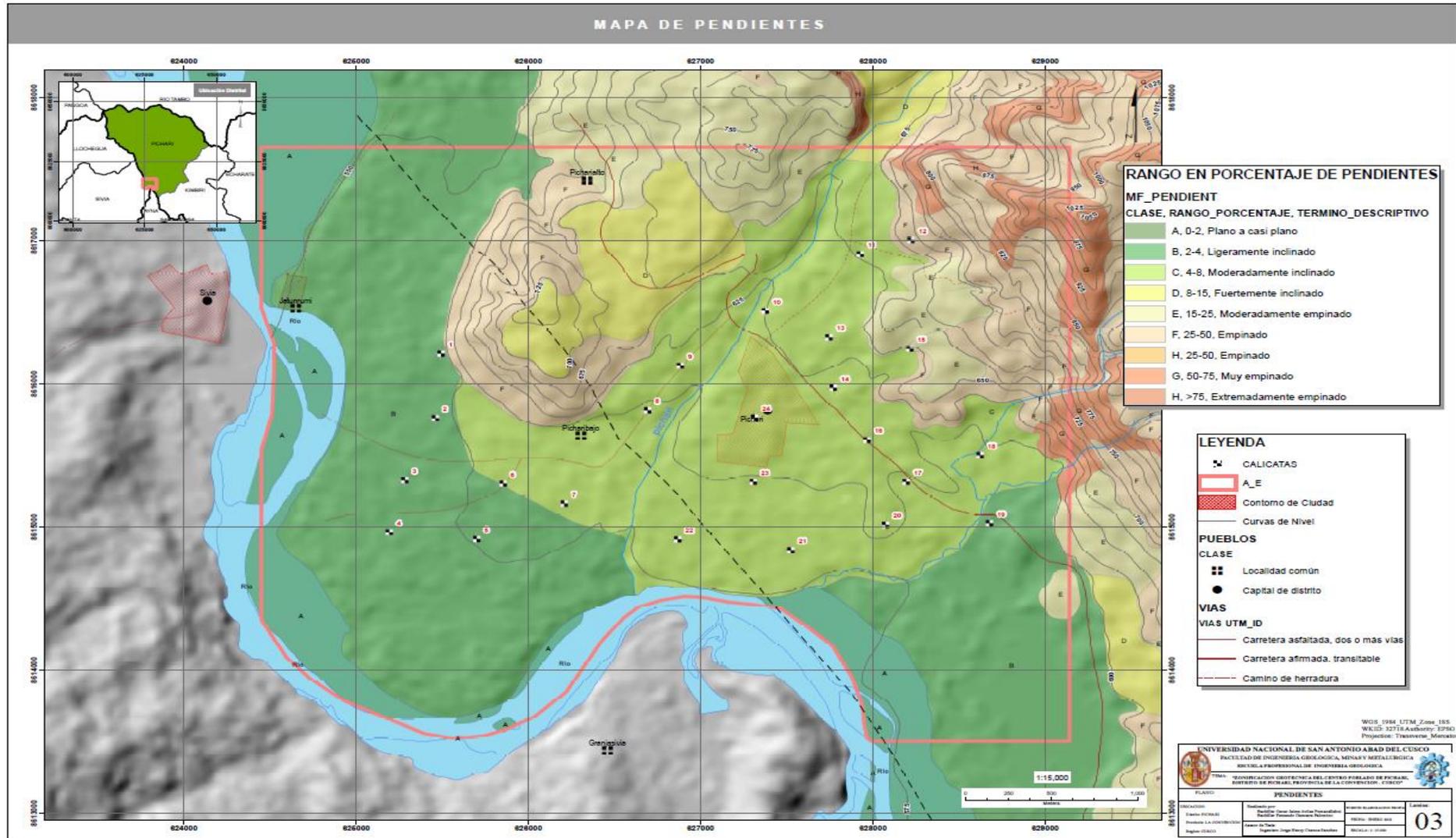


Imagen N° 8. Pendiente extremadamente empinado, ubicado en el Centro Poblado de Catarata.

Mapa N° 3: Zonificación de pendientes



CAPITULO III

GEOMORFOLOGIA LOCAL

1.12. GENERALIDADES

El concepto de Geomorfología proviene de tres raíces griegas: geos (tierra), morphe (forma) y logos (tratado), o sea, es el estudio de las formas de la superficie terrestre. Varios autores dan definiciones más prácticas sobre esta materia: según Viers (1973) la geomorfología es una ciencia de síntesis que tiene por objeto clasificar y explicar las formas del relieve.

Derruau (1966) la define como “el estudio de las formas del terrestre”. Según él es una ciencia que se propone describir y explicar, estos son, describir las formas y explicar el, relieve, su evolución y los procesos de su modelado.

Para Strahler (1974) “el estudio del origen y desarrollo sistemático de todas las formas del relieve de la tierra” se denomina geomorfología, aunque puede muy bien llamarse “el estudio de relieve”. Para este autor, la geomorfología se interesa igualmente en el aspecto, en los procesos y estados de desarrollo de esas geoformas.

Según thornbury (1996) la geomorfología es “la ciencia de las formas terrestres” (incluidas las formas submarinas), Este autor cita además la definición de Worcester (1939), quien sostiene que la geomorfología es “una descripción e interpretación de las características del relieve terrestre”, definición que thornbury considera con un sentido más amplio que el etimológico.

Soeters (1976) define a la geomorfología como “la ciencia que trata de la superficie terrestres y sus orígenes”.

La geomorfología estudia las formas del terreno, resultado de la interacción entre fuerzas endógenas o procesos tectónicos de creación de volúmenes montañosos, y fuerzas exógenas, o procesos erosivos de destrucción y modelado de relieves. Posee un gran interés científico y gran importancia, ya que estudia el papel de la corteza terrestre y su influencia sobre los asentamientos y actividades humanas. El origen de la geomorfología hay que buscarlo ligado a la geología y sin duda a las ciencias de la Tierra. Es por esto, que, hasta periodos bastante recientes, la geomorfología ha sido una ciencia de carácter histórico. En las últimas décadas del siglo pasado que la

geomorfología adquiere un carácter distintivo y específico, gracias a la conceptualización llevada a cabo por William Morris Davis (1850-1934), este geólogo americano destaca fundamentalmente por su propósito de conformar un estudio de las formas del relieve que tuviese un carácter marcadamente geográfico, en el sentido de que fuese descriptivo, explicativo y con un gran valor didáctico y de ahí el título de su esquema teórico como ciclo geográfico que posteriormente será denominado ciclo de erosión.

1.13. DESCRIPCIÓN DE UNIDADES

Esta clasificación es netamente para el reconocimiento del suelo de acuerdo a un patrón del paisaje terrestre ya que el paisaje es resultado de una larga evolución por factores tectónicos y erosivos que sufre la tierra.

1.13.1. UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

Corresponde a conjuntos de regiones con geoformas similares. En general está definida por mega geoformas que puede asimilarse a regiones naturales y de terrenos geológico, los cuales están demarcados por fallas regionales y continentales definidas generadas por el levantamiento Andino de la Cordillera, en el cual se encuentra gran parte del territorio regional y por ende el distrito de Pichari, donde lo más resaltante es el sistema orográfico de una cordillera montañosa (Cordillera Oriental) que ocupa gran parte del territorio.

1.13.1.1. CORDILLERA ORIENTAL

Es el elemento estructural principal y ampliamente dominante a nivel de todo el Distrito. La Cordillera Oriental es un enorme bloque montañoso de edad esencialmente Paleozoica, de rocas metamórficas mayormente arcillosas, que se extiende desde las alturas de la cabecera de cuenca del río Pichari con dirección Sureste a Noroeste, hasta las divisorias de agua del río Kinkori al oeste del Anexo Unión Kinkori, constituyendo una de las unidades morfológicas más relevantes del territorio Regional y del Distrito de Pichari. La formación de la Cordillera Oriental se inicia durante el tectonismo Hercínico (Devónico) sobre un basamento o núcleo precambriano. El levantamiento fue controlado por fallas regionales longitudinales.

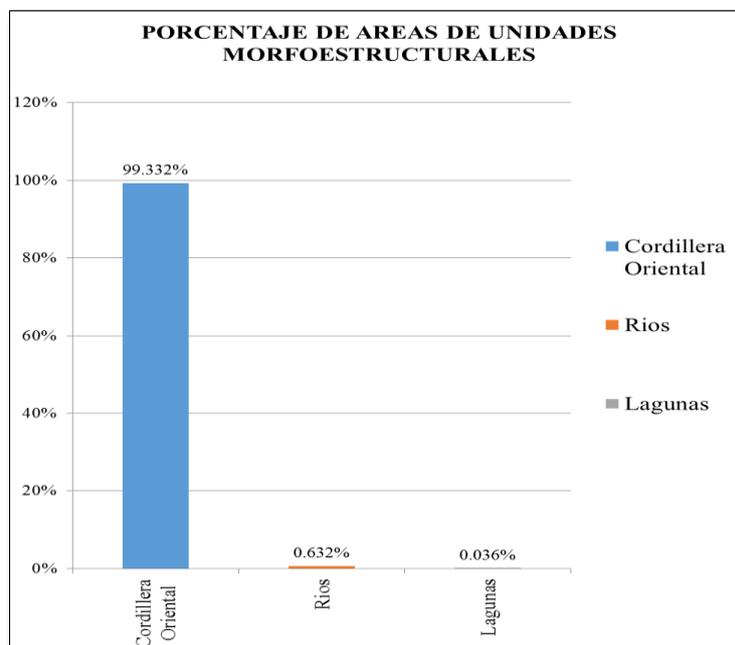
Esta unidad tiene una presencia mayoritaria y dominante, equivalente a 100% del área total del Distrito. Sus cumbres se encuentran a una altura de 1500 a 4100 msnm.

Cuadro 8. Unidad Morfoestructural

ITEM	SIMBOLO	DESCRIPCION	AREA (Km ²)	AREA (Ha)	AREA (%)
1	CORI	Cordillera Oriental	1329.009	132900.930	99.332%
2		Rios	8.449	844.941	0.632%
3		Lagunas	0.485	48.457	0.036%
Total General			1337.943	133794.328	100.00%

Fuente: Estudio Geomorfología – ZEE Pichari, 2016

Gráfico 2. Porcentaje de unidades morfoestructurales



Fuente: Elaboración propia

1.13.2. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Todos los paisajes naturales poseen una característica particular: son dinámicos. En ellos ocurren diferentes procesos como consecuencia de la evolución de sí mismos. Estos procesos ocurren debido a las transformaciones de la materia como resultado de los aportes de energía sobre el sistema terrestre. (Gilbert. 1891)

El medio físico natural o Geo sistema, está compuesto, por diferentes subsistemas interrelacionados entre sí. Esta interconexión se produce por el flujo de materia y energía a través de los distintos subsistemas. La dinámica del sistema natural implica una adaptación a los cambios que se producen al interior de un subsistema.

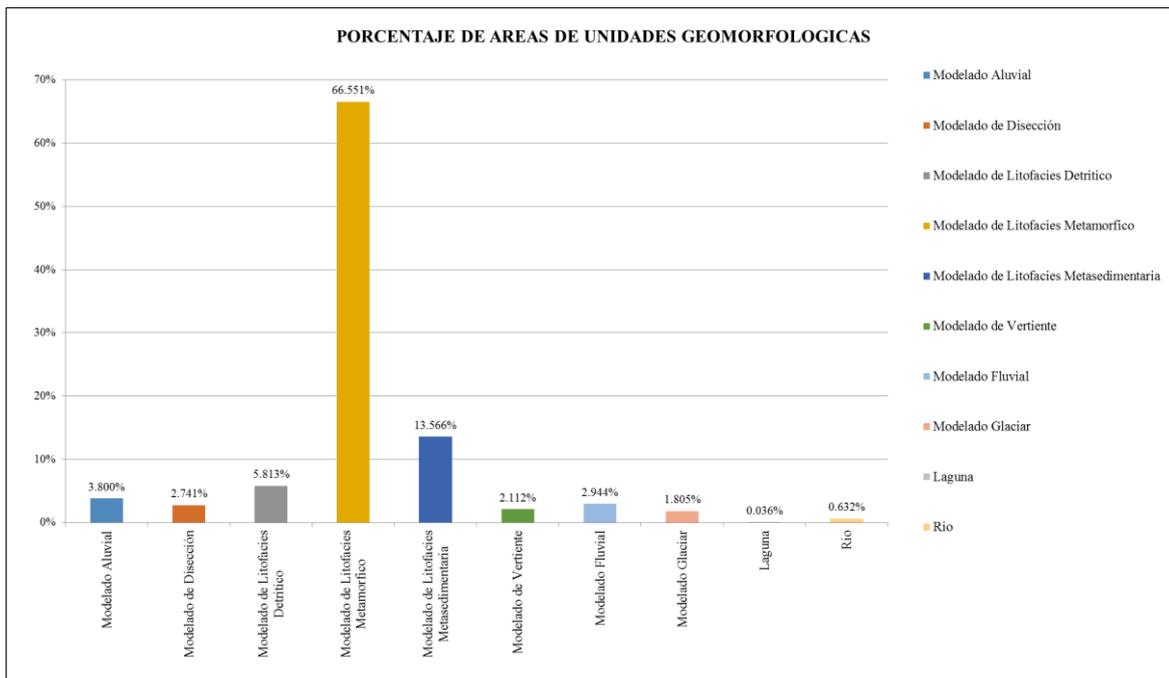
En el Distrito de Pichari encontramos 8 tipos de sistemas de modelamiento morfogenéticos el cual podemos reflejarlo en el cuadro estadístico y los gráficos porcentuales que ayudan mejor a su entendimiento.

Cuadro 9. Unidades geomorfológicas

ITEM	SIMBOLO	MORFOGÉNESIS (origen, formación, tiempo)	AREA (Km ²)	AREA (Ha)	AREA (%)
1	MA	Modelado Aluvial	50.843	5084.322	3.800%
2	MD	Modelado Denudacional	36.671	3667.061	2.741%
3	MLD	Modelado de Litofacies Detrítico	77.771	7777.077	5.813%
4	MLM	Modelado de Litofacies Metamórfico	890.410	89040.985	66.551%
5	MLMS	Modelado de Litofacies Metasedimentaria	181.509	18150.874	13.566%
6	MV	Modelado de Vertiente	28.261	2826.141	2.112%
7	MF	Modelado Fluvial	39.395	3939.537	2.944%
8	MG	Modelado Glaciar	24.149	2414.933	1.805%
9	L	Laguna	0.485	48.457	0.036%
10	R	Rio	8.449	844.941	0.632%
Total General			1337.943	133794.3278	100.000%

Fuente: Estudio Geomorfología – ZEE Pichari, 2016

Gráfico 3. Porcentaje de unidades geomorfológicas



Fuente: Elaboración propia

1.13.2.1. MODELADO ALUVIAL

Representado por los abanicos Aluviales los cuales fueron originados por materiales transportados y depositados por el agua producidos por el avance de residuos granulares que se extienden desde la base de una montaña hacia el fondo de valle de la cuenca del Rio Apurímac, ubicada en un nivel topográfico menor.

La unidad se encuentra principalmente a lo largo del fondo de valle del Rio Apurímac, Omayá, Kimpire, representados por depósitos que se encuentran por encima de las llanuras de inundación, terrazas medias, terrazas bajas, presentan pendientes suaves a moderada, se consideran como las mejores áreas para el cultivo. La extensión de esta unidad es de 5084.322 Ha. que conforma un 3.8% del territorio del Distrito de Pichari.

1.13.2.2. MODELADO DENUDACIONAL

La denudación es un conjunto de fenómenos que se presentan sobre la superficie terrestre, las cuales se encargan principalmente de erosión y disectar el relieve existente.

Modelado denudacional son las operaciones que rebajan o destruyen el relieve y tienden a nivelar la superficie y se utiliza el método de erosión y disectar el relieve existente,

dando así la denudación como lugar a geoformas de tipo montañoso como laderas, cerros, colinas y lomas.

El Grupo San José, formación Cabanilla y formación sandia presentan una disección de denudación en sus pies de montaña en el cual se encuentran subunidades como las colinas, laderas disectadas y entre otros. Estas unidades se pueden observar al norte del centro poblado de Pichari, en el centro Poblado de Omayá, anexo Shankirwato, al sur del anexo Kinkiviri Baja y en el centro Poblado de Mantaro.

Esta unidad tiene una extensión de 3667.061 Ha. que representa un 2.741% de la extensión total del distrito de Pichari.

1.13.2.3. MODELADO DE LITOFACIES DETRÍTICO

Unidad Geomorfológica caracterizada por presentar sedimentos del Grupo Ambo y Tarma-Copacabana los cuales componen secuencias de areniscas rojizas, limo arcillita, calizas y niveles delgados de lutitas negras. El material son poco resistentes sumado a las fuertes precipitaciones pluviales conlleva a su acelerado remoción en masa.

La morfografía de este tipo de montañas detríticas; encontramos montañas altas de formas escarpadas, conformadas por rocas clásticas. Se presentan concentradas en la parte norte del distrito, en el sector de Unión Kinkori donde se aprecia formas irregulares, laderas fuertemente empinadas, cortados por algunos valles intra montañosos. Esta unidad tiene una extensión de 7777.077 Ha. que representa un 5.813% de la extensión total del distrito de Pichari.

1.13.2.4. MODELADO DE LITOFACIES METAMÓRFICO

Han sido clasificada de acuerdo a su naturaleza litológica, su origen está asociado a un complejo metamórfico del Cielo Punku, Grupo San José, Formación Sandia, Formación Ananea, Grupo Cabanillas, por considerarlas de gran importancia en la formación de estos relieves. En el ámbito de estudio Adquiere relevancia debido a su distribución, extensión y uniformidad. La morfografía que presentan estas montañas metamórficas son bastante complejas dada la multitud de fases morfogenéticas que las afectaron. Desde una fase endógena tectodinámica hasta procesos exógenos que modelan una superficie de variaciones climáticas recientes.

Su área de dominio se encuentra en gran extensión desde el Sureste a Noreste con referencia a la capital del distrito, lo cual principalmente es la Cordillera Oriental.

Ocupa un área aproximada de 89040.985 Ha, que representa el 66.551% del total de la extensión Distrital.

1.13.2.5. MODELADO DE LITOFACIES METASEDIMENTARIA

Unidad Geomorfológica clasificada de acuerdo a su naturaleza litológica, su origen está asociado a un complejo metasedimentario conformada por los Grupos Cabanillas y Ambo, por considerarlas de gran importancia en la formación de estos relieves. Ya que en su composición encontramos secuencias de areniscas cuarzosas intercaladas con limolitas con niveles de carbón, La morfografía que presentan estas montañas metasedimentarias se diferencia y se distinguen por su morfogénesis. Desde una fase endógena tectodinámica hasta procesos exógenos que modelan una superficie por variaciones climáticas recientes.

Su área de dominio se encuentra al este con referencia al centro Poblado de Tambo del Ene, Ocupa un área aproximada de 18150.874Ha, que representa el 13.566% del total de la extensión del distrito de Pichari.

1.13.2.6. MODELADO DE VERTIENTE

El dominio morfoestructural del ámbito distrital implica la presencia de sistemas de vertientes con influencia estructural de tipo anticlinal, sinclinal y plegada. Consecuente con el estilo de plegamiento de las microcuencas, los sistemas de vertientes se caracterizan por la presencia de los estratos rocosos fuertemente plegados, en un ambiente modelado por diferentes agentes erosivos, Constituyen relieves definidos por la acumulación de materiales, que han sido depositados en las partes planas o bajas; producto de la erosión y el arrastre de materiales provenientes de las zonas cordilleranas. Su forma de depositación ha sido generada en forma de cono o abanico, también podemos encontrar subunidades como terrazas, llanuras y piedemonte.

Su ocurrencia está distribuida en las microcuencas de aportación de la cuenca del Río Apurímac en el cual podemos destacar el fondo de Valle de la microcuenca de Kempiri al norte del ámbito de estudio también está presente en el Centro Poblado de Catarata. Tiene un área aproximada de 2826.141 Ha que representa el 2.112% del total de la extensión distrital de Pichari.

1.13.2.7. MODELADO FLUVIAL

El ámbito de estudio tiene un dominio morfoestructural cordillerano en el cual se considera modelado fluvial al conjunto de procesos de erosión generados a partir de la acción de los ríos. Se ha distinguido las unidades de islas, llanuras de inundación fluvial, las llanuras no inundables, como formas derivadas de la acción fluvial. Cada una de ellas están relacionadas entre sí, unas son el resultado de la evolución de otras. El río Apurímac tiene una evolución muy compleja en la que intervienen, a la vez factores diversos como la variación climática a lo largo de la geohistoria, la estructura geológica local (conformados generalmente por rocas metamórficas), los movimientos tectónicos de la región y la variación litológica.

Su área de dominio se encuentra a lo largo de todo el valle de la cuenca del Río Apurímac, ocupa un área aproximada de 3939.537 Ha, que representa el 2.944% del total de la extensión Distrital de Pichari.

1.13.2.8. MODELADO GLACIAR

El sistema morfoclimático glaciar es propio de zonas en las que encontramos bajas temperaturas, normalmente menos de 0°, y donde la altitud y la latitud son altas.

El poder erosivo del hielo en movimiento es enorme. Los glaciares erosionan el substrato rocoso, en este caso metamórfico, arrancando fragmentos de diferentes tamaños, o bien moliendo y raspando (abrasión) la superficie como una gran lima. Las formas erosivas se reconocen fácilmente, como por ejemplo tenemos en nuestro ámbito los valles glaciares (con su perfil típico en “U”), los valles colgados, los lagos (ibones en Aragón), Laderas aborregadas (originado por fricción), entre otros.

Las formas sedimentarias glaciares más interesantes son las morrenas, que se encuentran en diferentes posiciones de la lengua glaciar (morrenas laterales, centrales, de fondo, terminales). Se trata de sedimentos poco consolidados y desordenados.

Esta unidad geomorfológica en el ámbito distrital se encuentra concentrada al sureste de la capital en la cabecera de cuenca del Río Pichari, tiene un área de 2414.933 Ha. que representa un 1.805 % de la extensión total del distrito de Pichari.

1.13.3. SUB UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Esta categoría está definida fundamentalmente por contrastes morfométricos que relacionan el tipo de la roca y la correspondiente topografía del terreno, y a los procesos dinámicos activos. Pueden definirse segmentos o intervalos característicos en diferentes ambientes.

En esta clasificación se hace distinción específica de las características de cada unidad, relacionada con su descripción de geformas y/o geología.

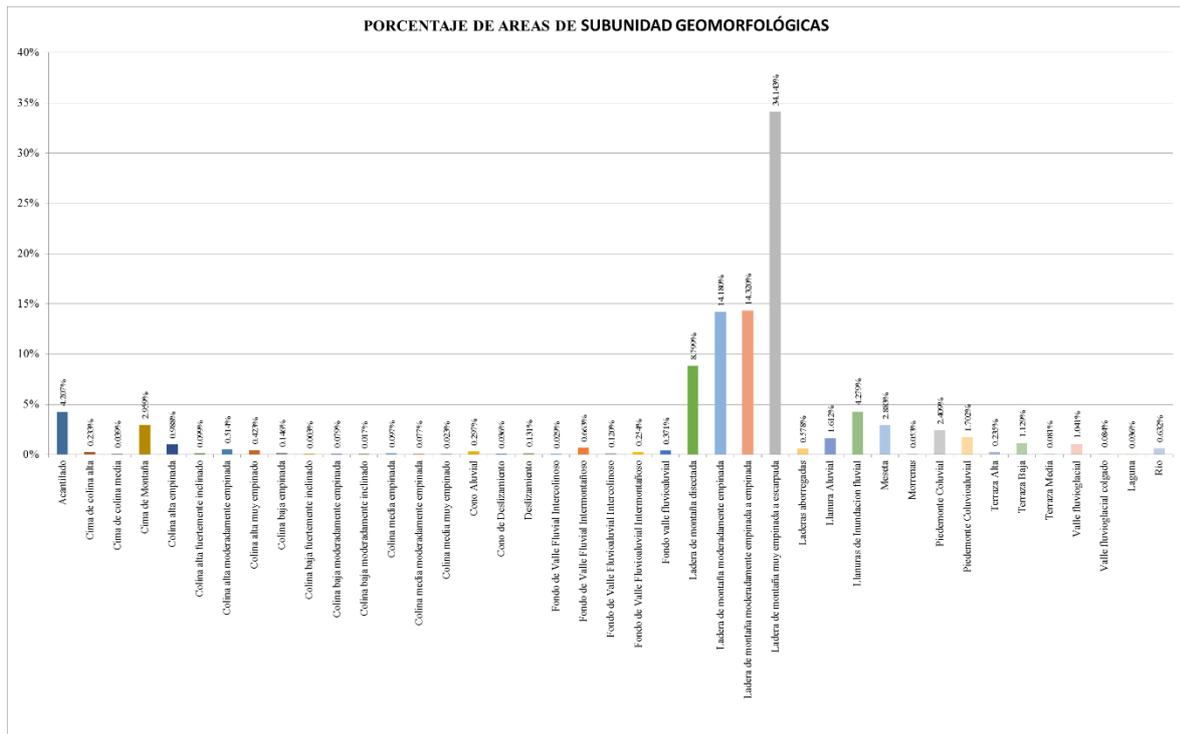
Cuadro 7. Sub unidades geomorfológicas

ITEM	SIMBOLO	DESCRIPCION	AREA (Km ²)	AREA (Ha)	AREA (%)
1	A	Acantilado	56.281	5628.146	4.207%
2	CCA	Cima de colina alta	3.115	311.482	0.233%
3	CCM	Cima de colina media	0.528	52.812	0.039%
4	CM	Cima de Montaña	39.596	3959.589	2.959%
5	CAE	Colina alta empinada	13.219	1321.862	0.988%
6	CAFI	Colina alta fuertemente inclinado	1.325	132.540	0.099%
7	CAME	Colina alta moderadamente empinada	6.877	687.711	0.514%
8	CAMYE	Colina alta muy empinado	5.657	565.651	0.423%
9	CBE	Colina baja empinada	1.956	195.615	0.146%
10	CBFI	Colina baja fuertemente inclinado	0.038	3.822	0.003%
11	CBME	Colina baja moderadamente empinada	1.062	106.176	0.079%
12	CBMI	Colina baja moderadamente inclinado	0.233	23.301	0.017%
13	CME	Colina media empinada	1.291	129.144	0.097%
14	CMME	Colina media moderadamente empinada	1.024	102.441	0.077%
15	CMMYE	Colina media muy empinado	0.311	31.067	0.023%
16	CA	Cono Aluvial	3.975	397.502	0.297%
17	CD	Cono de Deslizamiento	0.481	48.144	0.036%
18	D	Deslizamiento	1.748	174.784	0.131%
19	FVFICO	Fondo de Valle Fluvial Intercolinoso	0.382	38.153	0.029%
20	FVFIMO	Fondo de Valle Fluvial Intermontañoso	8.864	886.408	0.663%
21	FVFAICO	Fondo de Valle Fluvioaluvial Intercolinoso	1.604	160.378	0.120%
22	FVFAIMO	Fondo de Valle Fluvioaluvial Intermontañoso	3.395	339.481	0.254%
23	FVFA	Fondo valle fluvioaluvial	4.966	496.622	0.371%
24	LMD	Ladera de montaña disectada	117.722	11772.207	8.799%

25	LMME	Ladera de montaña moderadamente empinada	189.725	18972.489	14.180%
26	LMMEE	Ladera de montaña moderadamente empinada a empinada	191.592	19159.233	14.320%
27	LMMYEE	Ladera de montaña muy empinada a escarpada	456.811	45681.073	34.143%
28	LLAB	Laderas aborregadas	7.736	773.611	0.578%
29	LLA	Llanura Aluvial	21.574	2157.380	1.612%
30	LLIF	Llanuras de Inundacion fluvial	57.246	5724.616	4.279%
31	M	Meseta	38.569	3856.898	2.883%
32	MO	Morrenas	0.707	70.720	0.053%
33	PMC	Piedemonte Coluvial	32.225	3222.452	2.409%
34	PMCA	Piedemonte Coluvioaluvial	22.771	2277.133	1.702%
35	TA	Terraza Alta	3.146	314.614	0.235%
36	TB	Terraza Baja	15.108	1510.829	1.129%
37	TM	Terraza Media	1.089	108.859	0.081%
38	VFG	Valle fluvioglacial	13.930	1393.019	1.041%
39	VFGC	Valle fluvioglacial colgado	1.130	112.965	0.084%
40	L	Laguna	0.485	48.457	0.036%
41	R	Río	8.449	844.941	0.632%
Total General			1337.94	133794.33	100.00%

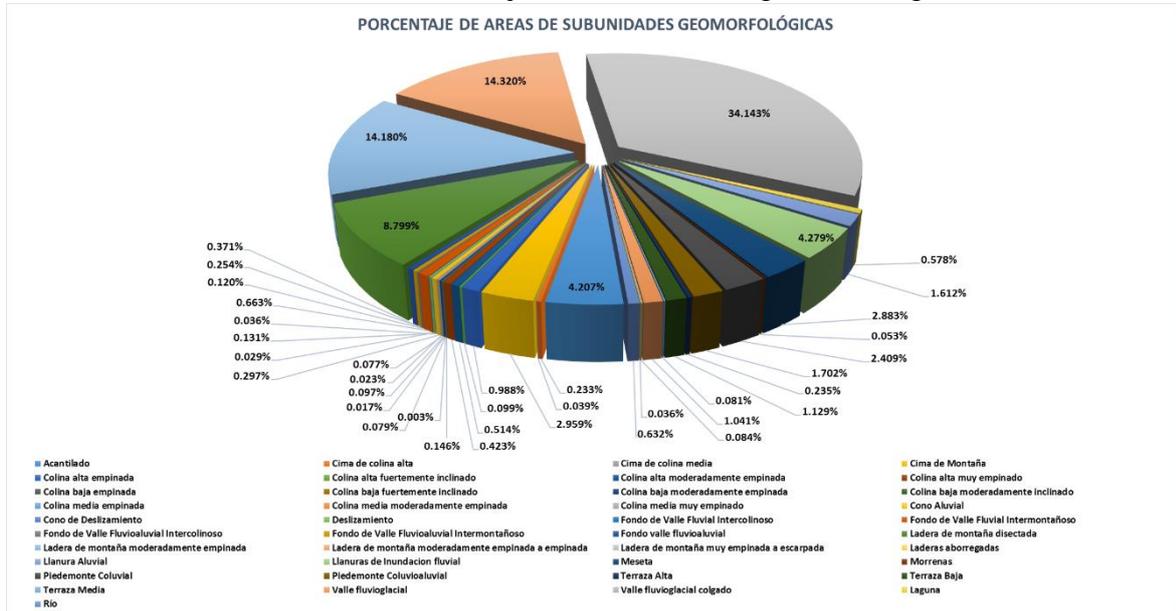
Fuente: Estudio Geomorfológico – ZEE Pichari, 2016

Gráfico 1. Porcentaje de Sub unidades geomorfológicas



Fuente: Estudio Geomorfológico – ZEE Pichari, 2016

Gráfico 2. Porcentaje de Sub unidades geomorfológicas



Fuente: Estudio Geomorfológico – ZEE Pichari, 2016

1.13.3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS SUB UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

1.13.3.1.1. ACANTILADO

Sub unidad geomorfológica que consiste en una pendiente abrupta vertical, en nuestro ámbito de estudio los acantilados están formados por rocas que son resistentes a la erosión y a la acción atmosférica, en este caso como la cuarcita, la arenisca, la dolomita y la caliza representadas por las rocas de la formación Sandia, Grupo Cabanillas, Tarma y Ambo. Su ámbito de dominio lo encontramos al norte del distrito de Pichari, entre los centros poblados de Natividad y Tambo del Ene y dispersa a lo largo de las montañas de ambos márgenes del micro cuenca del río Kempiri.

Tiene un área aproximada de 5628.146 Ha que representa el 4.207% del total de la extensión del distrito de Pichari.

1.13.3.1.2. CIMA DE COLINA ALTA

Relieves originados por procesos tectónicos, la intensa acción erosiva y la actividad incesante de los procesos endógenos han desarrollado geoformas de colinas altas en franjas alargadas y en su eje extendida con fuerte disección denotadas por fracturas y debilidades de los materiales litológicos como la Formación Ananea, Sandia y Grupo Cabanillas que están presente en el ámbito de estudio.

Son Subunidades con pendientes suaves, relativamente allanadas, ubicadas en la parte superior de las estructuras de colinas altas, como culminación de estas. Tiene una extensión de 311.482 Ha. que representa un 0.233% del área total del distrito de Pichari. Esta subunidad se encuentra dispersa a lo largo de los pie de montaña de la cuenca del Río Apurímac, al norte de la capital de distrito en el sector de Pichari Alta que esta sobre una colina alta.

1.13.3.1.3. CIMA DE COLINA MEDIA

Relieves originados por procesos tectónicos, la intensa acción erosiva y la actividad incesante de los procesos endógenos han desarrollado geoformas de colinas de diferentes tamaños con cimas allanadas por factores climáticos y geológicos en franjas alargadas y en su eje extendida con fuerte disección denotadas por fracturas y debilidades de los materiales litológicos como la Formación Ananea, Sandia y Grupo Cabanillas que están presente en el ámbito de estudio.

Tiene una extensión de 52.81 Ha. que representa un 0.04% del área total del distrito de Pichari. Esta sub unidad solo se ha identificado al Sur del centro poblado de Natividad, al noroeste de la comunidad Ashaninka de Getariato Alto.

1.13.3.1.4. CIMA DE MONTAÑA

Estas subunidades son pequeñas extensiones de terreno con pendientes suaves, relativamente allanadas a veces con pendientes moderado a fuerte repartidas en todo el ámbito del distrito, ubicadas en la parte superior de las estructuras montañosas altas, se presentan como afloramientos rocosos con escasa presencia de cobertura vegetal, presentando generalmente estructuras bastante abruptas. En el ámbito de estudio se encuentra en la cabecera de Cuenca del río Kempiri y río Pichari.

Tiene una extensión de 3959.589 Ha. que representa un 2.959% del área total del distrito de Pichari.

1.13.3.1.5. COLINA ALTA EMPINADA

Geoforma originada por procesos tectónicos, la intensa acción erosiva y la actividad incesante de los procesos endógenos han desarrollado geoformas de colinas altas que no superan los 300 metros de altura relativa desde su base, se muestran en franjas alargadas y en su eje extendida con fuerte disección con pendientes entre 25 a 50%, denotadas por fracturas y debilidades de los materiales litológicos.

Ocupa una extensión de 1321.862 Ha. que equivale al 0.988% de la superficie total estudiada, comprende altitudes aproximadas que van desde 500 hasta 2,700 m.s.n.m. Corresponde a zonas que se distribuyen de manera dispersa en casi todo el Valle del Río Apurímac; cuyas laderas presentan ondulaciones y empinadas que corresponden a procesos denudacionales y de erosión.

1.13.3.1.6. COLINA ALTA FUERTEMENTE INCLINADA

Sub unidad originada por procesos tectónicos, la intensa acción erosiva y la actividad incesante de los procesos endógenos han desarrollado geoformas de colinas altas que no superan los 300 metros de altura relativa desde su base, se muestra en franjas alargadas y en su eje extendida con moderada disección, con diferencia a la anterior geoforma esta se diferencia por la pendiente de 8 a 15%, denotadas por fracturas y debilidades de los materiales litológicos.

Ocupa una extensión de 132.540 Ha. que equivale al 0.099% de la superficie del distrito, comprende altitudes aproximadas que van desde 500 hasta 1,500 m.s.n.m. Corresponde a zonas que se distribuyen de manera dispersa los representativo lo podemos encontrarlo en el sector de Pichari Alta y en la parte de cabecera de cuenca del Rio Paveni.

1.13.3.1.7. COLINA ALTA MODERADAMENTE EMPINADA

Sub unidad originada por procesos tectónicos, la intensa acción erosiva y la actividad incesante de los procesos endógenos han desarrollado geoformas de colinas altas que no superan los 300 metros de altura relativa desde su base, se muestran en franjas alargadas y en su eje extendida con moderada disección, con diferencia a la anterior geoforma esta se diferencia por la pendiente de 15 a 25%, denotadas por fracturas y debilidades de los materiales litológicos.

Ocupa una extensión de 687.711 Ha. que equivale al 0.514% de la superficie total estudiada. Corresponde a zonas que se distribuyen de manera dispersa los más representativos se encuentran en el sector de Pichari Alta y en la parte de cabecera de cuenca del Rio Paveni.

1.13.3.1.8. COLINA ALTA MUY EMPINADA

Geoforma originada por procesos tectónicos, la intensa acción erosiva y la actividad incesante de los procesos endógenos han desarrollado geoformas de colinas altas que no superan los 300 metros de altura relativa desde su base, se muestran en franjas alargadas de las montañas y en su eje es extendida con moderada disección, con diferencia a la anterior geoforma esta se diferencia por la pendientes de 50 a 75%, denotadas por fracturas y debilidades de los materiales litológicos.

Ocupa una extensión de 1321.862 Ha. que equivale al 0.423% de la superficie total estudiada. Corresponde a zonas que se distribuyen de manera dispersa a lo largo del Valle del Río Apurímac, los representativos se puede observar en el anexo de Pedro Ruiz Gallo y en la parte de cabecera de cuenca de la quebrada Tarancato.

1.13.3.1.9. COLINA BAJA EMPINADA

Estas unidades han sido modeladas principalmente en las Pizarras, Lutitas intercaladas con cuarcitas de la formación Ananea y del Grupo San José; en algunos casos es muy evidente el control estructural, formándose colinas de tipo cuestras. Entre los procesos

morfodinámicos predominantes podemos mencionar la erosión hídrica laminar, arenamiento.

Geoformas con elevaciones menores a 80 m de altura relativa (desde la base hasta la cima), con pendientes predominantes entre 25 a 50%. Presentan superficies con material superficial variable. Ocupa una extensión de 195.615 Ha. que equivale al 0.146% de la superficie total del ámbito de estudio.

1.13.3.1.10. COLINA BAJA FUERTEMENTE INCLINADO

Geoformas con elevaciones menores a 80 m de altura relativa (desde la base hasta la cima), a diferencia a la anterior presenta una pendiente entre 8 a 15%.

Estas unidades presentan superficies con material superficial variable, han sido modelados principalmente las Areniscas cuarzosas del Grupo Ambo; en algunos casos es muy evidente el control estructural, formándose colinas tipo extendidas. Entre los procesos morfodinámicos predominantes podemos mencionar la erosión hídrica laminar, arenamiento.

Ocupa una extensión de 3.822 Ha. que equivale al 0.003% de la superficie total estudiada. Esta unidad se puede observar al sureste de la Comunidad Asháninca de Paveni.

1.13.3.1.11. COLINA BAJA MODERADAMENTE EMPINADA

Geoforma originada por procesos tectónicos, la intensa acción erosiva y la actividad incesante de los procesos endógenos han desarrollado geoformas de colinas bajas que no superan los 80 metros de altura relativa desde su base, se muestran en franjas alargadas de las montañas y en su eje es extendida con moderada disección, con diferencia a la anterior geoforma esta se diferencia por la pendiente entre 15 – 25%. Estas unidades han sido modeladas principalmente en las Pizarras, Lutitas intercaladas con cuarcitas de la formación Ananea, del Grupo San José y Grupo Cabanillas.

Ocupa una extensión de 106.176 Ha. que equivale al 0.079% de la superficie total estudiada. Corresponde a zonas que se distribuyen de manera dispersa a lo largo del Valle del Río Apurímac, los representativos lo encontramos al este de la Capital Distrital y al norte del Centro Poblado de Mantaro.

1.13.3.1.12. COLINA BAJA MODERADAMENTE INCLINADO

Estas unidades han sido modeladas principalmente en las Pizarras, Lutitas intercaladas con cuarcitas de la formación Ananea, Sandia y del Grupo San José; por lo general litológicamente está cubierta por material eluvial y en algunos casos es muy evidente el control estructural. Entre los procesos morfodinámicos predominantes podemos mencionar la erosión hídrica laminar. Presenta una superficie moderadamente ondulada. Geoformas con elevaciones menores a 80 m de altura relativa (desde la base hasta la cima), con pendientes predominantes entre 4 a 8%. Presentan superficies con material superficial variable. Ocupa una extensión de 23.301 Ha. que equivale al 0.017% de la superficie total del distrito de Pichari.

1.13.3.1.13. COLINA MEDIA EMPINADA

Los procesos endógenos y la intensa acción erosiva han desarrollado geoformas de colinas medias que no superan los 150 metros de altura relativa desde su base, se muestran en franjas alargadas y en su eje extendida.

Ocupa una extensión de 129.144 Ha. que equivale al 0.097% de la superficie total de ámbito distrital de Pichari, comprende su ocurrencia entre las altitudes aproximadas que van desde 500 hasta 1500 m.s.n.m. Corresponde a zonas que se distribuyen de manera dispersa en casi todo el Valle del Río Apurímac; cuyas laderas presentan ondulaciones y empinadas que corresponden a procesos denudacionales y de erosión, con fuerte disección con pendientes de entre 25 a 50%, denotadas por fracturas y debilidades de los materiales litológicos.

1.13.3.1.14. COLINA MEDIA MODERADAMENTE EMPINADA

Los procesos endógenos y la intensa acción erosiva han desarrollado geoformas de colinas medias que no superan los 150 metros de altura relativa desde su base, se muestran en franjas alargadas y en su eje extendida.

Ocupa una extensión de 102.441 Ha. que equivale al 0.077% de la superficie total de ámbito distrital de Pichari, comprende su ocurrencia a igual de la unidad anterior va entre las altitudes aproximadas desde 500 hasta 1500 m.s.n.m. Corresponde a zonas que se distribuyen de manera dispersa en el ámbito de estudio, cuyas laderas presentan ondulaciones y moderadamente empinadas que corresponden a procesos denudacionales y de erosión, con fuerte disección con pendientes de entre 15 a 25%,

denotadas por fracturas y debilidades de los materiales litológicos. Los más representativos están al Sur del Centro Poblado de Natividad y al Norte del anexo Quisto Valle.

1.13.3.1.15. COLINA MEDIA MUY EMPINADO

Los procesos endógenos y la intensa acción erosiva han desarrollado geoformas de colinas medias que no superan los 150 metros de altura relativa desde su base, se muestran en franjas alargadas y en su eje extendida.

Ocupa una extensión de 31.067 Ha. que equivale al 0.023% de la superficie total de ámbito distrital de Pichari, Corresponde a zonas que se distribuyen de manera dispersa como se puede observar en el lugar de Cerrito la Libertad y en la Comunidad Ashanika de Yevanashi; cuyas laderas presentan muy pocas ondulaciones y son muy empinadas, que corresponden a procesos denudacionales y de erosión, con fuerte disección y pendientes de 15 a 25%, denotadas por fracturas y debilidades de los materiales litológicos.

1.13.3.1.16. CONO ALUVIAL

Subunidades que conforman la cadena de montañas de la Cordillera Oriental de los Andes y se presentan como laderas de montañas de pendientes moderadas, se extiende al pie del sistema montañoso, ha sido formada por la sedimentación de las corrientes de agua que emergen de los terrenos más elevados hacia las zonas más bajas y abiertas de deposición. Tiene una forma peculiar de semicircular o cono, en su composición se encontró conglomerados generalmente pizarrosa en la parte intermedia (Cuerpo), arenas en la parte superior de la ladera (Apice) y en la parte del pie muestra una alternancia de arenas con una estratificación cruzada (Base). En su superficie se encuentran surcadas o disectadas por algunos cauces de escorrentías o de cursos de aguas superficiales temporales.

Ocupa una extensión de 397.502 Ha. que equivale al 0.297% de la superficie total de ámbito distrital de Pichari, comprende su ocurrencia en los fondos de valle intramontañoso. Se distribuyen de manera dispersa en todo las cuencas que tiene en el ámbito de estudio.

1.13.3.1.17. CONO DE DESLIZAMIENTO

Esta unidad denominada también talud de derrubios, pie de monte Coluvial o como en esta ocasión laderas coluviales, están dispersas en el ámbito del distrito, se originaron cuando el movimiento gravitacional de los detritos rocosos (pizarrosa) y material de suelo se detuvieron gracias a una reducción de la pendiente y por ende de su velocidad. Su composición es de material heterogénea de variados tamaños de fragmentos de rocas angulares a subangulares de procedencia pizarrosa en algunos casos de areniscas cuarzosas. En este caso su forma ha dependido del volumen y tamaño de materiales acumulados, de la inclinación y forma de la pendiente. Su ocurrencia de esta unidad es en la base de las laderas de montañas, sobre lugares rellanos y en la base de los escarpes, los cuales se encuentran distribuidas a lo largo de las cuencas del distrito de Pichari. En su superficie se encuentra surcada o disectadas por pocos cauces o de cursos de escorrentías temporales, de esta manera por la poca presencia de estos modeladores superficiales mantiene su homogeneidad de su forma.

Ocupa una extensión de 48.144 Ha. que equivale al 0.036% de la superficie total de ámbito distrital de Pichari, comprende su ocurrencia en los fondos de valle intramontañoso. Se distribuyen de manera dispersa en todas las cuencas que tiene nuestro ámbito de estudio.

1.13.3.1.18. DESLIZAMIENTO

Sub unidad Geomorfológica originado por un movimiento de masa, su composición es de material heterogénea de varios tamaños de fragmentos de rocas angulares a subangulares de procedencia pizarrosa, arenisca y de lutitas, en algunos casos de areniscas cuarzosas. En este caso su forma ha dependido del volumen y tamaño de materiales acumulados, de la inclinación y forma de la pendiente. Su ocurrencia de esta unidad se presenta desde la base y en toda la ladera de montaña, sobre lugares rellanos y en la base de los escarpes, los cuales se encuentran distribuidas a lo largo de las cuencas del distrito de Pichari.

Ocupa una extensión de 174.784 Ha. que equivale al 0.131% de la superficie total de ámbito distrital de Pichari.

1.13.3.1.19. FONDO DE VALLE FLUVIAL INTERCOLINOSO

Un valle intercolinoso es la depresión que se forma dentro de una colina, por lo que hay numerosos valles en una misma cuenca donde las franjas de las montañas son alargadas

en su piedemonte, son los que separan a las colinas o cadena de colinas. Pueden tener diferentes orígenes; estructural, es decir, pueden constituir un sinclinal, ocupar una falla o fractura o bien han podido ser excavados en roca poco coherente (no ofrecen resistencia a la erosión), en el cual, se ha ido rellenando de material transportado por procesos torrenciales o fluviales de las partes altas.

Ocupa una extensión de 38.153 Ha. que equivale al 0.029% de la superficie total de ámbito distrital de Pichari.

1.13.3.1.20. FONDO DE VALLE FLUVIAL INTERMONTAÑOSO

Sub unidad geomorfológica determinada por una depresión que se forma dentro de una montaña, por lo que hay numerosos valles en una misma montaña, los valles intermontanos, son los que separan a las montañas o cadenas montañosas. Pueden tener diferentes orígenes; estructural, es decir, pueden constituir un sinclinal, ocupar una falla o fractura o bien han podido ser excavados en roca poco coherente (no ofrecen resistencia a la erosión), en el cual, se ha ido rellenando de material transportado por procesos torrenciales o fluviales de las partes altas.

Ocupa una extensión de 886.408 Ha. que equivale al 0.663% de la superficie total de ámbito del distrito de Pichari.

1.13.3.1.21. FONDO DE VALLE FLUVIOALUVIAL INTERCOLINOSO

Un valle intercolinoso es la depresión que se forma dentro de una colina, por lo que, al igual de las subunidades descritas anteriormente, hay numerosos valles en una misma cuenca donde las franjas de las montañas son alargadas en su piedemonte, son los que separan a las colinas o cadena de colinas. Pueden tener diferentes orígenes; estructural, es decir, pueden constituir un sinclinal, ocupar una falla o fractura o bien han podido ser excavados en roca poco coherente (no ofrecen resistencia a la erosión), en el cual la diferencia que esta unidad muestra en su característica, se ha ido rellenando de material transportado por procesos torrenciales o fluviales y por material aluvial transportados de laderas de las colinas que la forman.

Ocupa una extensión de 160.378 Ha. que equivale al 0.120% de la superficie total de ámbito del distrito de Pichari.

1.13.3.1.22. FONDO DE VALLE FLUVIOALUVIAL INTERMONTAÑOSO

Sub unidad geomorfológica determinada por una depresión que se forma dentro de una montaña, por lo que hay numerosos valles en una misma montaña, los valles intermontanos, son los que separan a las montañas o cadenas montañosas. Pueden tener diferentes orígenes; estructural, es decir, pueden constituir un sinclinal, ocupar una falla o fractura o bien han podido ser excavados en roca poco coherente (no ofrecen resistencia a la erosión), en el cual, se ha ido rellenando de material transportado por procesos torrenciales material fluvial de las partes altas y a la vez por materiales aluviales.

Ocupa una extensión de 339.481Ha. Que equivale al 0.254% de la superficie total del distrito de Pichari, la ocurrencia concentrada de esta subunidad lo encontramos en el Centro Poblado de Catarata.

1.13.3.1.23. FONDO VALLE FLUVIOALUVIAL

Esta unidad se encuentra principalmente al Noreste del Centro Poblado Puerto Mayo y al Este del Centro Poblado de Natividad, corresponde con un origen estructural en que se ha ido rellenando de material transportado por procesos torrenciales, fluviales y aluviales de las partes altas de las laderas de las montañas aledañas. Esta zona es estable en cuanto a procesos de dinámica fluvial y aluvial, sin embargo, debido a la presencia de riachuelos presentes, la hacen susceptible a inundaciones frente a los desbordes de los mismos.

Ocupa un área aproximada de 496.622 Ha lo que representa un 0.371%. También pueden tener diferentes orígenes; estructural, es decir, pueden constituir un sinclinal, ocupar una falla o fractura o bien ha podido ser excavados en roca poco coherente (no ofrecen resistencia a la erosión).

1.13.3.1.24. LADERA DE MONTAÑA DISECTADA

Subunidades que se encuentran repartidas en todo el ámbito del distrito, teniendo una ligera concentración en la parte noroeste de la Cuenca del Rio Pichari y en la cabecera de cuenca de los ríos Pavani y Kempiri. Subunidades que conforman la cadena de montañas de la Cordillera Oriental de los Andes y se presentan como laderas de montañas altas de pendientes moderadas a fuertes, tomando en consideración toda el área del territorio presenta una litología pizarrosa. Gneis que es de origen metamórfica y en pequeña extensión de rocas Calcáreas, el cual gracias a la presencia de numerosos

cauces de escorrentías y/o de cursos de aguas superficiales temporales se originan surcos, en algunos casos son bastante profundos y/o amplios que generan la intensa disectación en dichas laderas.

Estas unidades se presentan en una superficie aproximada de 11772.207 Ha. que equivale al 8.799% de la superficie Distrital.

1.13.3.1.25. LADERA DE MONTAÑA MODERADAMENTE EMPINADA

Subunidades que se encuentran repartidas en todo el ámbito del distrito, teniendo una ligera concentración en la parte Norte del distrito, de la cuenca de Paveni y Kempiri y en la cabecera de cuenca del Rio Pichari. Subunidades que conforman la cadena de montañas de la Cordillera Oriental de los Andes y se presentan como laderas de montañas altas de pendientes moderadamente empinadas que va de 15 a 25%, tomando en consideración todo el área del territorio, presentan una litología pizarrosa que es de origen metamórfica y en pequeña extensión de rocas Calcáreas, compuestas por areniscas, cuarcitas, lutitas y calizas, hacen que por su resistencia a la erosión se originen montañas con pendientes moderadamente agrestes.

Estas unidades se presentan en una superficie aproximada de 18972.489 Ha. que equivale al 14.180% de la superficie del distrito.

1.13.3.1.26. LADERA DE MONTAÑA MODERADAMENTE EMPINADA A EMPINADA

Subunidades que conforman la cadena de montañas de la Cordillera Oriental de los Andes, son laderas de montañas altas de pendientes moderadamente empinadas a empinadas que va de 15 a 25% y de 25 a 50%, tomando en consideración todo el área del territorio presenta una litología pizarrosa que es de origen metamórfica y de rocas Calcáreas que se encuentran en pequeñas extensiones, compuestas por areniscas, cuarcitas, lutitas y calizas, hacen que por su resistencia a la erosión se originen ladera de montañas con pendientes moderadamente agrestes. Se encuentra repartidas en todo el ámbito del distrito, teniendo una ligera concentración en la parte Norte del distrito, de la cuenca de Paveni y Kempiri y en la cabecera de cuenca del Rio Pichari.

Estas unidades se presentan en una superficie aproximada de 19159.233 Ha. que equivale al 14.320% de la superficie del distrito.

1.13.3.1.27. LADERA DE MONTAÑA MUY EMPINADA A ESCARPADA

Estas Subunidades están ubicadas dentro de la cadena de montañas de la Cordillera de los Andes y se presentan como laderas de montañas altas de pendientes fuertes, mayores a 35° (mayores de del 50%), presenta en muchos casos laderas bastante accidentadas, con afloramientos rocosos. Donde cobertura de suelo es escasa y en algunos lugares es totalmente inexistente, a cambio de extensos e imponentes afloramientos rocosos.

Se presentan en una superficie aproximada de 45681.073 Ha. que equivale al 34.143% de la superficie del distrito. Estas unidades se encuentran ampliamente presentes, en su mayoría concentradas en la parte sur del ámbito de estudio, y dispersas en las cabeceras de cuenca.

1.13.3.1.28. LADERAS ABORREGADAS

Subunidades que conforman la cadena de montañas de la Cordillera Oriental de los Andes estas formas aborregadas también pueden presentarse a gran escala como laderas de montañas altas, que, gracias a la acción erosiva, en este caso la abrasiva, de los glaciares, pulieron grandes rocas de la Formación Sandía que se ubicaban en una ladera de montaña. De pendientes moderadamente empinadas a empinada que va de entre 15 - 25% a 25 - 50%, tomando en consideración toda el área del territorio presenta una litología de capas gruesas de cuarcitas y lutitas que es de origen metamórfica.

Ocupa un área aproximada de 773.611 Ha lo que representa un 0.578% del ámbito distrital de Pichari, su ocurrencia se enmarca en la parte más elevada del territorio, al Sureste de la cuenca Pichari.

1.13.3.1.29. LLANURA ALUVIAL

Son aquellas geoformas que en algún momento formaron parte de la llanura de inundación y que por diferentes factores están alejadas o elevadas del actual cauce, lo que significa que el lecho del río podría desplazarse con bastante facilidad sobre esta unidad, estas geoformas están representadas por una forma de conos, llamado cono de deyección, en su composición se encuentran conglomerados generalmente de origen metamórfica en la parte intermedia (Cuerpo), arenas en la parte superior (Ápice) y en la parte del pie muestra una alternancia de arenas con una estratificación cruzada (Base). En su superficie se encuentran surcadas o disectadas por algunos cauces de esorrentías o de cursos de aguas superficiales temporales.

Presentan una extensión aproximada de 2157.380 Ha. lo que representa un 1.612% del ámbito del distrito, su ocurrencia está concentrada a lo largo de toda la cuenca del Río Apurímac, la capital distrital está asentada en una unidad morfológica de llanura aluvial, y esta a su vez disectada por socavamiento de su cuerpo, de forma cónica, por el río Pichari.

1.13.3.1.30. LLANURAS DE INUNDACIÓN FLUVIAL

Su distribución se manifiesta en forma de franjas alargadas a lo largo del fondo de valle del Río Apurímac y en los principales afluentes que pertenecen al ámbito de estudio, como los ríos Pichari y Kempiri. Estas geoformas son propias de áreas con poca pendiente o que han llegado a un estadio evolutivo senil, causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos, es atribuido al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse, lo que se denomina como crecida. (Consecuencia de exceso de precipitaciones pluviales).

Ocupa un área aproximada de 5724.616 Ha. lo que representa un 4.279% del ámbito del Distrito.

1.13.3.1.31. MESETA

Geoformas que son planicies extensas situadas a considerables alturas sobre el nivel del mar, son de tipo intramontañoso, provocada por fuerzas tectónicas, lo cual, producen el elevamiento de una serie de estratos que se mantienen horizontales con respecto al entorno que fueron erosionadas por acción meteórica, generalmente están cubiertas por vegetación, litológicamente en el distrito de Pichari está compuesta por estructuras gruesas de cuarcitas, lutitas intercaladas con capas delgadas de cuarcita gris, limonitas y calizas espáticas de la formación Sandía.

Estas unidades tienen una superficie aproximada de 3856.898 Ha. equivalente a 2.883% del área total del distrito. Están ubicadas en la parte central del territorio, en la cabecera de cuenca del Río Kempiri y en la cabecera de cuenca del afluente Pavani, Norte del territorio del distrito de Pichari.

1.13.3.1.32. MORRENAS

Son los depósitos de materiales que transporta la lengua de un glaciar y proceden de la erosión que el glaciar provoca a su paso. Las morrenas se caracterizan por su forma alargada y por los materiales que la forman: cantos, rocas, arena, Till, materiales de

cualquier tamaño mezclados y sin señales de "redondeo", ya que el glaciar los arrastra sin hacerlos rodar. Se ubican en los valles glaciares al sureste del ámbito del distrito de Pichari, en pequeñas extensiones en la cabera de la cuenca del Río Pichari.

Estas unidades se han identificado a través de sensores remotos tienen una superficie aproximada de 70.720 Ha. equivalente a 0.053% del área total del distrito.

1.13.3.1.33. PIEDEMONTE COLUVIAL

Constituyen piedemontes que forman planicies y terrenos ligeramente inclinados, formados por sedimentos depositados por diversos agentes, tanto de origen pluvial, y gravitacional. Están constituidos por material detrítico proveniente de acarreo de material de las colinas y montañas.

Presentan una extensión aproximada de 70.720 Ha. lo que representa un 0.053% de la superficie del distrito, su ocurrencia está concentrada en las principales cuencas afluentes de la cuenca del Río Apurímac.

1.13.3.1.34. PIEDEMONTE COLUVIOALUVIAL

Constituyen piedemontes que forman planicies y terrenos ligeramente inclinados, formados por sedimentos depositados por diversos agentes, tanto de origen pluvial, aluvial y coluvial. Están constituidos por material detrítico proveniente de acarreo de material de las colinas y montañas.

Presentan una extensión aproximada de 2277.133 Ha. Que equivale a 1.702% de la superficie del distrito, se encuentran en las partes bajas de las principales cuencas afluentes a la cuenca del Río Apurímac, sus mejores exposiciones se observan sureste del centro poblado de Catarata, en Unión Tarancato, Omayá baja, al Norte y al noreste del Paraíso, Túpac Amaru, al noreste de Shankiwato, al noreste de Villa Vista, Puerto Cocos, Getariato baja, al norte y noreste de Nuevo Amanecer y en Bueno Aires. También se observan en pequeñas extensiones en cuenca del Río Kempiri.

1.13.3.1.35. TERRAZA ALTA

Estas unidades inicialmente constituían niveles antiguos de lechos de río, presentan sedimentos remanentes de anteriores niveles de procesos de deposición, debido al proceso de profundización y cambios de cursos del cauce del río, por otra parte, hay causas tectónicas regionales han hecho que estas se eleven de su nivel de base. Son unidades compuestas por depósitos de material detrítico que se acumula en la parte de

los cambios bruscos de pendientes, en las zonas de “piedemonte” o en los límites de las escarpas y las zonas más o menos planas. Así mismo, estas superficies se encuentran en niveles superiores al cauce de los ríos y por encima de las llanuras de inundación y terrazas bajas. Los niveles más altos constituyen los niveles más antiguos y normalmente contienen los suelos más evolucionados. Estas unidades se encuentran seccionados o disectados por numerosos sistemas de cursos de escorrentías, esto condicionado a la resistencia y tipo de la superficie del depósito de materiales cuaternarios del que está compuesto la Terraza.

Estas unidades se presentan en una superficie aproximada de 314.61 Km² que equivale al 0.24% de la superficie distrital. La presencia de esta subunidad se encuentra en los fondos de valle de las cuencas de Apurímac y Kempiri, en los sectores de Teresa, Agua Dulce, Natividad, al Sur de Puerto Roca, al Noroeste de la Ashaninka de Paveni, un ejemplo claro es donde la comunidad Ashaninka se encuentra asentada sobre esta unidad.

1.13.3.1.36. TERRAZA BAJA

Estas unidades se encuentran en niveles superiores al cauce de los ríos y por encima de las llanuras de inundación, inicialmente constituían niveles antiguos de lechos de río, pero que por causas de profundización del lecho del río, han sido elevadas de su nivel de base, constituyéndose en superficies relativamente recientes. Son unidades compuestas por depósitos de material detrítico que se acumula en la parte baja del curso de escurrimiento de un río o de un torrente, presentan sedimentos remanentes de anteriores niveles de procesos de deposición del río, esto debido al proceso de profundización y cambios de cursos del cauce del río. Los niveles más altos constituyen los niveles más antiguos y normalmente contienen los suelos más evolucionados. Actualmente en algunos casos, estas unidades, por los eventos de profundización de cauces presentan algunos seccionamientos o disecciones localizadas, por algunos sistemas de cursos de escorrentías, esto condicionado a la resistencia y tipo de la superficie del depósito de materiales cuaternarios del que está compuesta esta unidad de Terraza.

Estas unidades se presentan en una superficie aproximada de 1510.83 Km² que equivale al 1.13 % de la superficie distrital. Se observan concentrada a lo largo del fondo de valle del Río Apurímac desde el centro poblado de Omayá hasta el sector de Puerto Roca que

se encuentra en parte Noreste del ámbito de estudio, sus mejores exposiciones se encuentran en los sectores de; Omayá Baja, Puerto Ccatun Rumi, desde San Martín hasta Otari Nativos, del centro poblado de Quisto Central al sector Teresa, desde Villa Vista hasta la comunidad Ashaninka Mimirini Baja, del sector de Puerto Ene hasta el Puerto Roca y también se puede observar al Norte de Santa Fe en la cuenca de Kempiri.

1.13.3.1.37. TERRAZA MEDIA

Generalmente, presentan zonas relativamente planas y/o depresionadas, de acuerdo a ello geomorfológicamente se clasifican como terrazas medias de drenaje bueno a moderado. Estas unidades han sido originadas por las acumulaciones efectuadas desde el Pleistoceno superior hasta el Holoceno. Los niveles de terrazas están asociados a la dinámica fluvial de los ríos que transportan los sedimentos andinos. Esta unidad se presenta muy dispersos en la cuenca del río Apurímac, se observa en el sector de Pedro Ruiz Gallo, al noroeste de Tirincavini, norte de Corazón de Valle y noroeste del centro poblado de Natividad.

Estas unidades se presentan en una superficie aproximada de 108.86 Km² que equivale al 0.08 % de la superficie distrital.

1.13.3.1.38. VALLE FLUVIOGLACIAL

Los valles glaciares se caracterizan por presentar un perfil transversal en "U" o artesa, considerado éste en geomorfología el rasgo principal que permite diferenciar este tipo de canales por los que se desliza o deslizó una lengua de hielo.

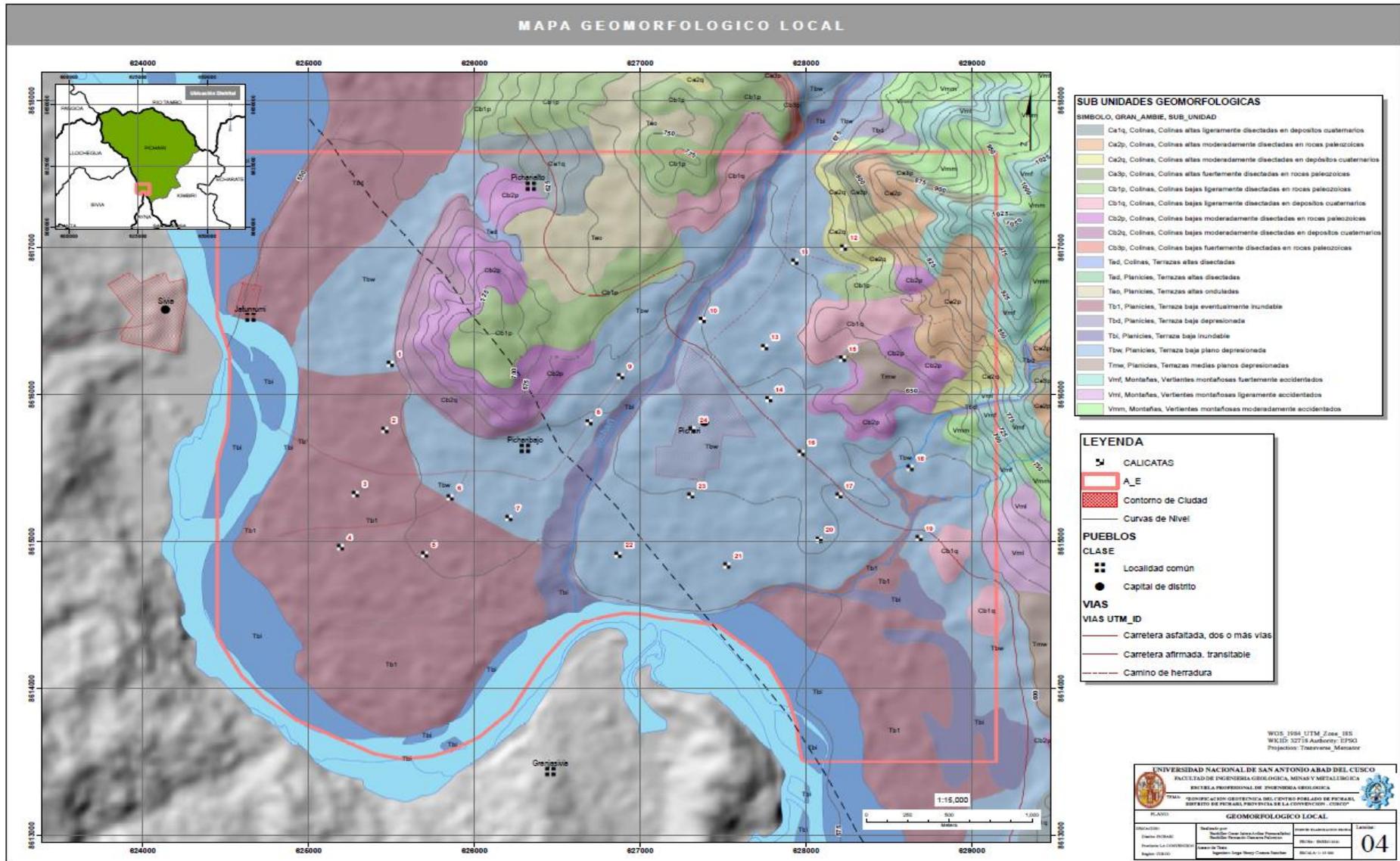
Estas unidades se presentan en una superficie aproximada de 1393.02 Km² que equivale al 1.04 % de la superficie distrital. Se puede ver en la parte sureste del distrito de Pichari, en la cabecera de la cuenca del río Pichari en donde también se pueden observar algunas lagunas dejados por los glaciares.

1.13.3.1.39. VALLE FLUVIOGLACIAL COLGADO

Valle colgado que estaba ocupado anteriormente por un glaciar de valle tributario, que debido a su pequeño tamaño no consiguió socavar el valle originalmente tributario a la misma velocidad que el glaciar principal.

Después de la desglaciación, estos valles tributarios quedaron a mayor altura que el suelo del valle principal, y si presentan corrientes de agua, desembocan en el valle principal mediante una cascada.

Mapa N° 4: GEOMORFOLOGICO



CAPITULO IV

GEOLOGÍA

4.1. GEOLOGIA HISTÓRICA

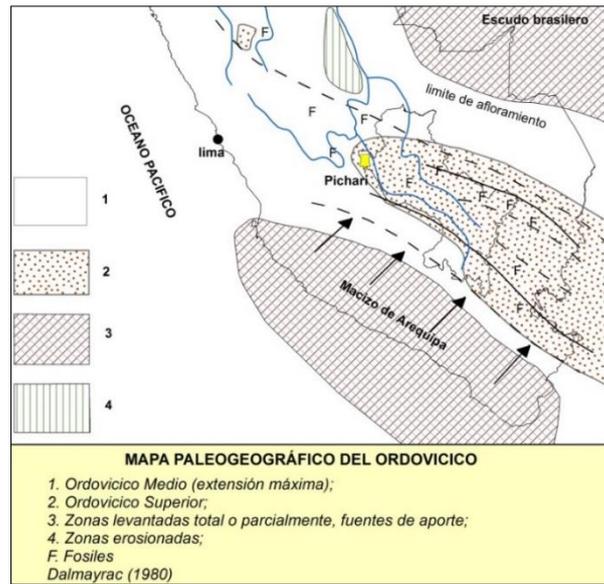
INTRODUCCIÓN

Pichari, geológicamente es el resultado de múltiples procesos que se han dado a lo largo de millones de años, estos procesos son sucesivos desde el proterozoico hasta la actualidad.

En el área de estudio se evidencia una el macizo metamórfico de Pichari – Cielo Punku, el cual durante el Proterozoico fue sometido a una tectónica polifásica, originando un alto grado de metamorfismo.

Acabando el Neoproterozoico ocurre a una gran distensión en toda la región, el cual da lugar a una subsidencia inicialmente para pasar a un proceso de erosión y peneplanización posteriormente (Cámbrico). A inicios del Ordovícico se forma una gran cuenca Paleozoica marina intracratónica. Durante el Ordovícico el Macizo de Arequipa y el Escudo Brasileiro se mantienen emergentes y producto de la erosión se va depositando en la cuenca paleozoica material pelítico que da origen al Grupo San José (Fosilífero), conforme se producen cambios eustáticos, es decir procesos de Transgresión y Regresión (Levantamiento y hundimiento), la cuenca recibe aportes de material samítico cuarzosa conocido como Formación Sandía durante el Ordovícico Superior. (Imagen N°. 9)

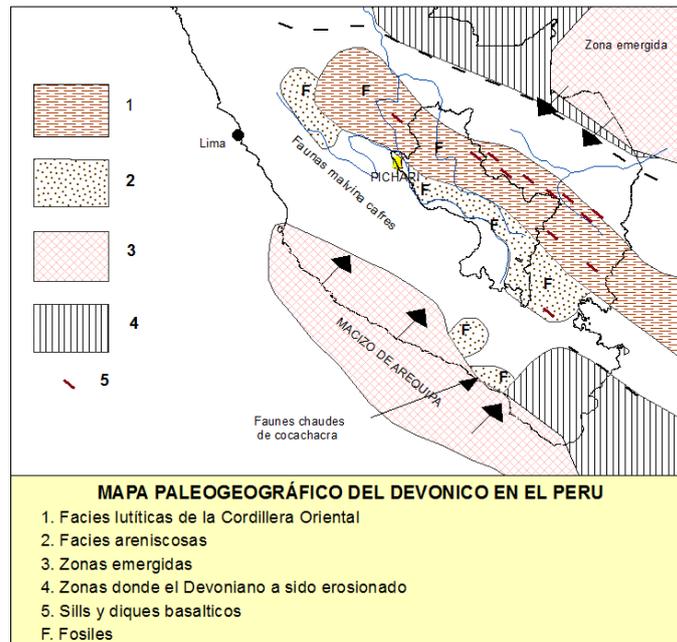
Imagen N° 9. Paleogeográfico del Ordovícico



Fuente: Estudio Geológico – ZEE Pichari, 2015

Al pasar al Devoniano acontece un nuevo proceso de subsidencia en donde se origina la Formación Ananea con la sedimentación de material pelítico el cual continúa con la depositación de secuencias pelítico – arenosas a lo que se denomina el Grupo Cabanillas (Imagen N°. 10).

Imagen N° 10. Paleogeográfico del Devónico

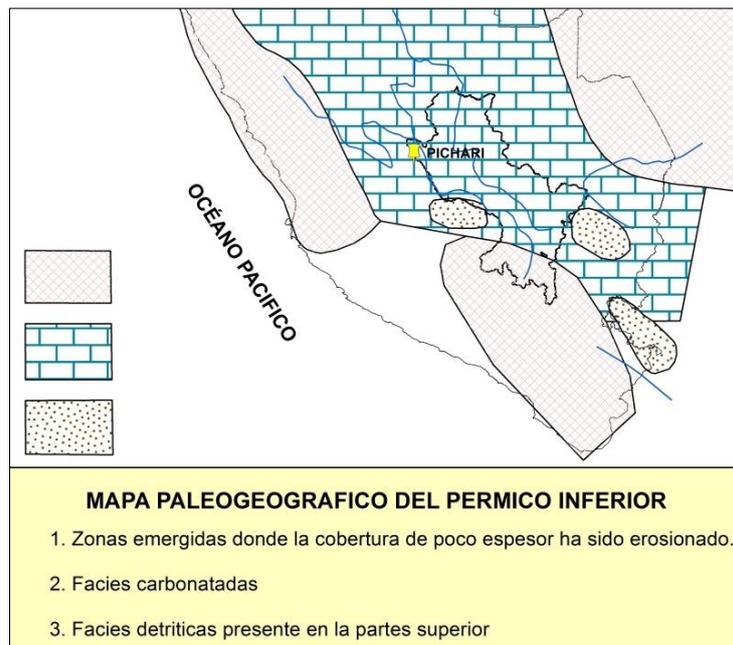


Fuente: Estudio Geológico – ZEE Pichari, 2015

Al concluir el Devónico e iniciar el Carbonífero se produce una deformación compresiva, la cual se conoce como Fase Eohercinica que tendrá repercusiones en el territorio del Paleozoico inferior y en el Proterozoico. La tectónica de la Fase Eohercinica produce un levantamiento y plegamiento por lo que el mar se retira, depositándose series con preponderancia de material arenisco conocido como Grupo Ambo.

Durante el Carbonífero superior se da una transgresión paulatina originando el Grupo Tarma con una sedimentación de cuenca marina moderadamente profunda que después formara facies profundas en el Pérmico depositando facies carbonatadas del Grupo Copacabana, paralelamente la cordillera de Vilcabamba queda como un alto estructural.

Imagen N° 11. Paleogeográfico del Pérmico Inferior



Fuente: Estudio Geológico – ZEE Pichari, 2015

4.2. UNIDADES GEOLÓGICAS

ESTRATIGRÁFICA

La estratigrafía es parte de la geología y trata del estudio e interpretación de la disposición y características de las rocas sedimentarias, metamórficas y volcanoestratigráficas. Identifica y describe la secuencia vertical y horizontalmente, cartografía y correlaciona las unidades estratigráficas de las rocas mediante principios estratigráficos.

En el ámbito de estudio afloran rocas que van desde el Neoproterozoico hasta el cuaternario, el complejo metamórfico infrayace al Grupo San José que está compuesta por pizarras sobre el cual se encuentra la Formación Sandia que se caracteriza por contener estratos de cuarcitas. En gran parte del territorio Picharino afloran secuencia de pizarras intercaladas con secuencias de lutitas, filitas correspondientes a la Formación Ananea que infrayace a las areniscas del Grupo Cabanillas y Grupo Ambo. Al norte de Pichari afloran en menor proporción los grupos Tarma, Copacabana, Rio Tambo y Oriente.

Las secuencias Cenozoicas están representadas por los Depósitos Cuaternarios (Aluviales, Coluviales, Fluviales, Eluviales y fluvioglaciares).

Cuadro 10. Unidades estratigráficas

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	SIMBOLOGIA	Área KM²	%
CENOZOICO	CUATERNARIO		Depósitos Eluviales	Qh-el	13.99	1.05%
			Depósitos Coluviales	Qh-co	10.01	0.75%
			Depósitos Coluvioaluviales	Qh-Coal	17.56	1.32%
			Depósitos Aluviales	Qh-al	82.31	6.20%
MESOZOICO			Conos Aluviales	Qh-al1	0.76	0.06%
			Depósitos Fluvioglaciares	Qh-gf	12.54	0.94%
			Depósitos Fluviales	Qh-fl	27.25	2.05%
	CRETACICO	INFERIOR	Grupo Oriente	Ki-o	3.46	0.26%
PALEOZOICO	PERMICO	SUPERIOR	Formación Rio Tambo	Pis-rt	5.91	0.44%
	CARBONIFICO	SUPERIOR	Grupo Tama-Copacabana	CP-ta,co	66.55	5.01%
		MISISIPIENSE	Grupo Ambo	Ci-a	86.57	6.52%
	DEVONICO	MEDIO - SUPERIOR	Grupo Cabanillas	D-ca	102.87	7.74%
	SILURICO	INFERIOR	Formación Ananea	SD-a	120.99	9.11%
	ORDOVICICO	SUPERIOR	Formación Sandia	Os-s	327.44	24.65%
		INFERIOR	Grupo San José	Om-sj	250.85	18.88%
NEO PROTEROZOICO	PRE- CAMBRICO		Complejo Metamórfico	Pe-pi/gra,gn	194.06	14.61%
Otros			Cuerpos de Agua	Rio-Lg	5.19	0.39%
AREA					1337.94	100.00%

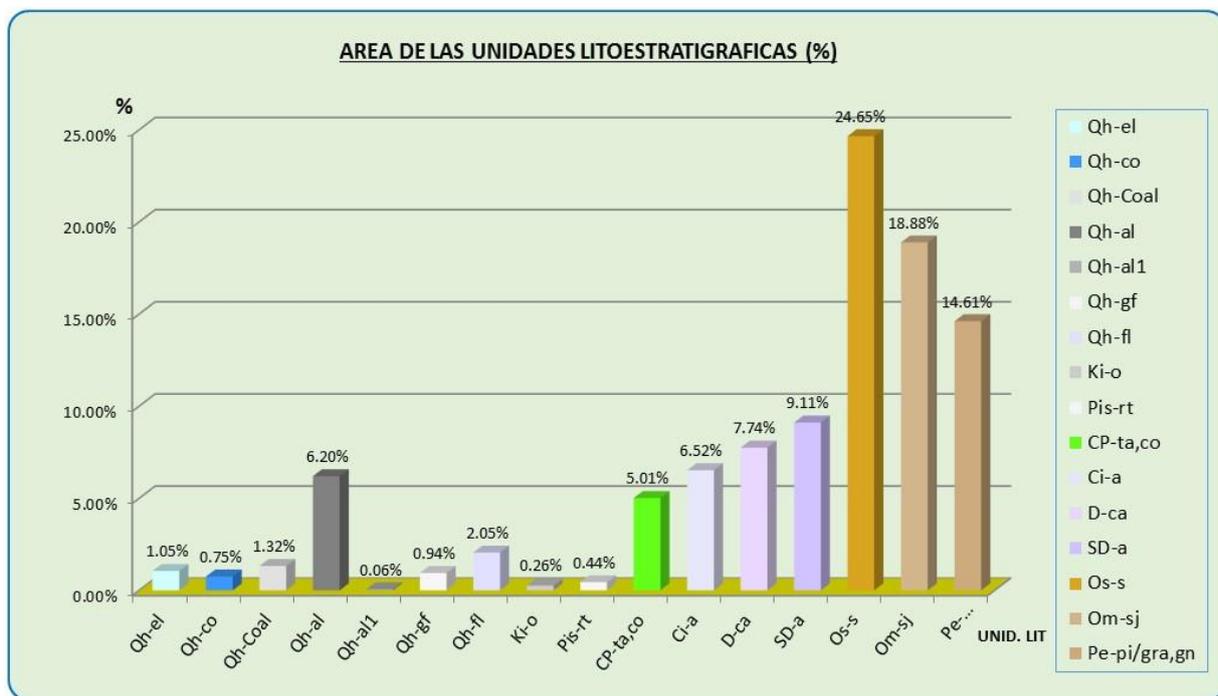
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11. Columna Estratigráfica

ERA	SIST.	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
Mesozoico Cenozoico	Cretácico Cuaternario	HOLOCENO	Qh-co	Depósito coluvial		Material transportado por acción de la gravedad, son heterogéneos.
			Qh-coal	Depósito coluvioaluvial		Gravas y cantos envueltos en una matriz areno-limo arcillosa.
		Qh-el	Depósito eluvial	Material detrítico, resultado de la alteración y descomposición de las rocas.		
		Qh-al	Depósito aluvial	Gravas y cantos envueltos en una matriz areno-limo arcillosa.		
PLEISTOCENO	Qh-fi	Depósito fluvial	Gravas, arenas con clastos redondeados, formando extensas plazas			
	Qh-fg	Depósito fluvioglaciares	Gravas y areniscas en matriz areno limoza			
Paleozoico	Pérmico	Inferior	Ki-o	Gpo. Oriente	Secuencia de areniscas cuarsozas de grano gruesa a medio en capas gruesas con estratificación segada y niveles pelíticos.	
		Superior	Pis-rt	Fm. Rio Tambo	Intercalación de areniscas y lodolitas de color rojo en caps gruesas a medianas en la base la matriz es calcárea.	
	Carbonífero	Inferior	CP-co	Gpo. Copacabana	Secuencia de calizas micriticas, espáticas con fósiles en capas gruesas.	
		Superior	CP-ta	Gpo. Tarma	Secuencia de arenisca cuarsoza de color verde a gris en capas gruesas, se intercala con limoarcillitas calcáreas.	
	Silúrico Devónico	Inferior	Ci-a	Gpo. Ambo	Secuencia de arenisca cursozas intercadadas con limolitas y pizarras en capas delgadas y laminar, niveles de carbón con presencia de plantas.	
		Medio Superior	D-ca	Gpo. Cabanillas	Intercalación de areniscas claras as gris oscura con limolitas con capas delgadas con niveles pizarrosos.	
		Inferior	SD-a	Fm. Ananea	Secuencia de pizarras, lutitas intercaladas con capas delgadas de cuarcitas gris oscura.	
		Ordovícico	Superior	Os-s	Fm. Sandia	Capas gruesas de cuarcitas, lutitas intercaladas con capas delgadas de cuarcita gris. Intercalación de areniscas y cuarcitas de grano fino, <u>limolitas y calizas espáticas en miembro superior.</u>
	Inferior		Om-sj	Gpo. San Jose	Secuencia de pizarra, lutitas. Presencia de pirita en los niveles inferiores y fósiles Graptolitos, Trilobites y Braquiopodos en los niveles superiores.	
	Neoproterozoico			Pe-pi/gra,gr	Matamorfoico	Pichari Cielo Punku

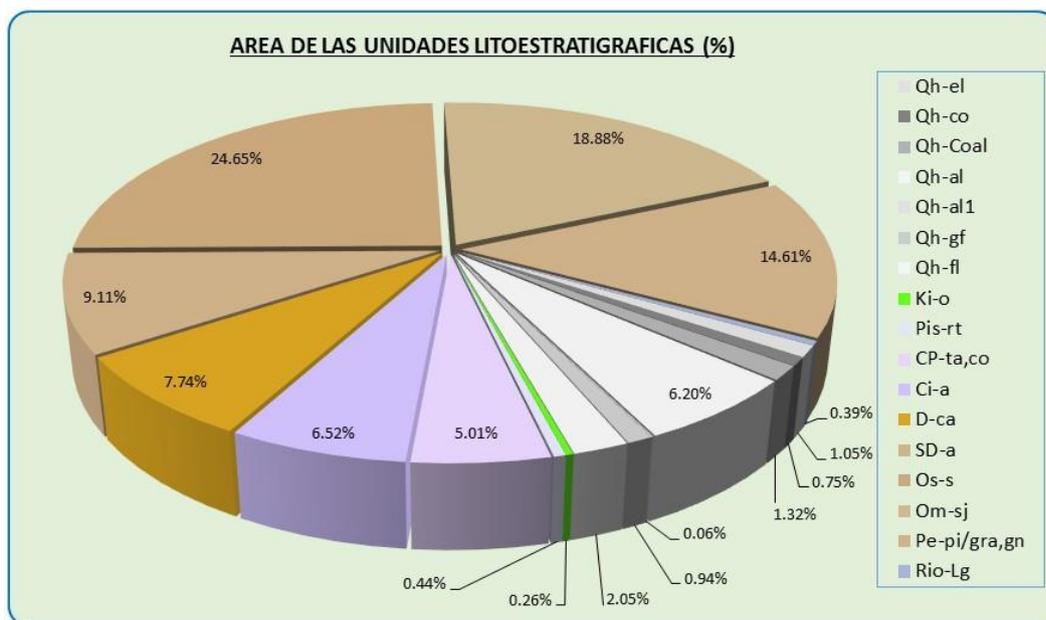
Fuente: Columna estratigráfica en base a información del boletín 120 A – INGEMMET y Estudio Geológico, – ZEE Pichari, 2015

Gráfico 4. Distribución de las Unidades Litoestratigráficas



Fuente: Estudio Geológico – ZEE Pichari, 2015

Gráfico 5. Distribución de Unidades Litoestratigráficas



Fuente: Estudio Geológico – ZEE Pichari, 2015

4.3 GEOLOGIA REGIONAL

PROTEROZOICO

- GRANULITAS – GNEIS DE CIELO PUNKU

Esta unidad está conformada por Cuarzos, feldespatos, plagioclasas y en menor cantidad presencia de minerales de Granate, Biotita, ortopixenos y otros. Estas rocas han sido afectadas por un tectonismo polifásico (Dalmayrac, B. 1970) y por metamorfismo de intensidad variable (Audebaud. 1971) que han dado origen gneis, esquistos y filitas.

Esta unidad fue delimitada mediante la interpretación y análisis de las imágenes del satélite RapiedEye, así como en los trabajos de campo realizados por el equipo técnico del proyecto, en donde se ha identificado afloramientos in situ. Esta unidad ha desarrollado morfologías agrestes muy fracturadas y afloran principalmente en el centro poblado de Catarata, donde se observan 7 cataratas turísticas.

El Complejo Metamórfico se encuentra distribuido en la parte sur del distrito con una orientación NW-SE, en el Centro poblado de Catarata, el contacto se ubica antes de llegar a la Catarata Ángel de ahí hacia arriba predomina totalmente, también se puede apreciar en los sectores de Unión Tarancato, Paraíso, Amargura, Nuevo Paraíso, San Cristóbal Alto y Kinkori; así como en las comunidades ashánincas de Sankiroshi, Kitemontinkiari y Marontuari

DALMAYRAC B. et al. 1977.1988. Describen el complejo metamórfico en base a muestras que recogió en el río Pichari, el cual es afluente del río Apurímac en este distrito. Esta muestra es denominada con el nombre de gneis chamoquítico de estructura granoblástica, el cual tiene una ligera orientación. De acuerdo a las descripciones microscópicas de esta muestra se tiene cuarzo en grandes playas con extinción ondulante, feldespato alcalino predominante con respecto a las plagioclasas, que muestran dos trazas de deformación cataclástica, la presencia de granates aislados, con inclusiones de cuarzo, así como agujas finas de rutilo y ortopiroxeno que alteran a productos cloritosos.

En las quebradas Catarata y Pichari afluentes de la margen derecha del río Apurímac aflora esta unidad de manera discordante a las pizarras del Grupo San José.

El macizo rocoso de esta unidad se caracteriza por presentar en algunos casos deformación plástica, en pliegues pequeños, los que tienen una tendencia lineal ligeramente ondulante,

los cuales son afectados por una intensa deformación y por ende se forman estructuras planares así como múltiples fracturas que se muestran en la Foto N°. 1.

En la quebrada del río Pichari, a la altura de la Comunidad Nativa de Sankiroshi se encontró un afloramiento con presencia de granates. Foto N 3.

La edad de las granulitas, está marcada por un evento cuya naturaleza exacta no está bien conocida y que se situaría alrededor de 1 000 Ma. Este hecho es interesante porque este evento no se registra en la región de la costa, donde la orogénesis de 600 Ma, se superpone directamente a la de 2 000 Ma. Por lo tanto el metamórfico de Cielo Punku - Pichan no está afectado por las orogénesis de 600 Ma. Esto nos indicaría que esta región se encuentra en el borde la Cadena Brasileña-Peruana, la que constituye el substrato de la cuenca amazónica al norte de la inflexión de Abancay. (DALMAYRAC B. et al. 1977, 1988)



Imagen 9. Afloramiento de Gneis del complejo de Cielo Punku.

Vista parcial del gneis del complejo metamórfico de Pichari – Cielo Punku, localizado en la quebrada Catarata donde se observa una deformación intensa, así como múltiples fracturas en el macizo rocoso.

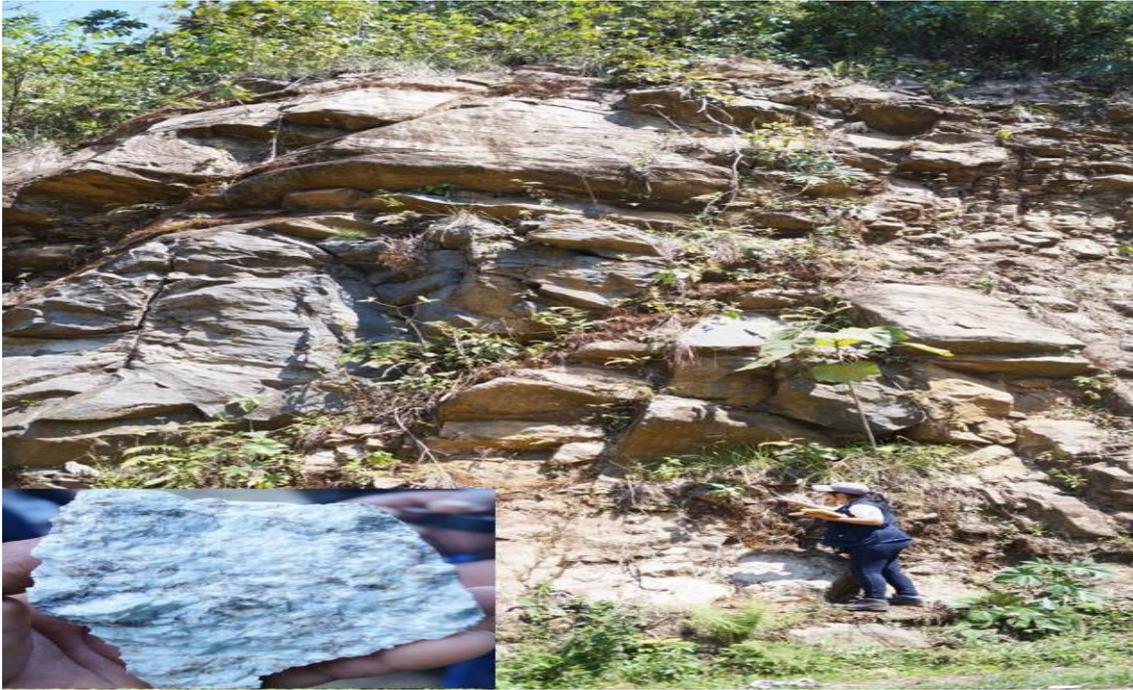


Imagen 10. Complejo metamórfico de Cielo Punku

Macizo rocoso del complejo metamórfico, se observan las granulitas en las partes altas en el sector de Unión Tarancato.



Imagen 11. Cristales de Granate en los afloramientos de complejo de Cielo Punku.

Afloramiento rocoso del complejo metamórfico de Pichari – Cielo Punku, localizado en la quebrada del río Pichari (C.N. Sankiroshi); este macizo contiene cristales de granate.

PALEOZOICO

En el área de estudio predominan secuencias sedimentarias paleozoicas, la secuencia Ordovícico inferior-media con una sedimentación predominantemente constituida de secuencias de pizarras con graptolites.

La secuencia Ordovícico superior, constituida principalmente por una sedimentación detrítica marina, correspondientes a facies de regresión.

Las rocas silúrico-devonianas que son intercalaciones de areniscas y lutitas con escasa fauna.

La tectónica tardi-hercinica genera eventos discordantes. En el Carbonífero existen secuencias de marinas y continentales.

Existe una secuencia calcárea en el Pérmico inferior que pasa a ser una secuencia detrítica en su miembro superior.

- GRUPO SAN JOSÉ (Om-sj)

Esta unidad aflora en dirección NW-SE, suprayacen al complejo metamórfico en el centro poblado de catarata, unión Nueva Esperanza, Vista Alegre, Paraíso, Nuevo Paraíso e infrayace a la formación Sandia en Libertad donde se muestra sus mejores afloramiento, Villa Real, Monterrey, Pueblo Libre, San Antonio, San Cristóbal, Kitamaronkani; también se puede observar en la quebrada de teresa rio arriba a partir de ahí los afloramientos de esta unidad tienen una dirección de NE pasando por las cumbres del sector de los Ángeles hasta la quebrada de Quempiri donde aflora nuevamente con dirección NW-SE.

Litológicamente está compuesto por pizarras, filitas y lutitas, su característica principal es la presencia de fósiles y Pirita. En el Grupo San José se puede diferenciar dos unidades, las cuales poseen características marcadas, el miembro inferior mantiene contacto con el complejo metamórfico está constituida por pizarras ampelíticas en capas delgadas y fuertemente facturados, presentan coloraciones oscuras y sobre todo la presencia de patinas de oxidación debido a la presencia de Pirita diseminada. El miembro superior está en contacto con formación de Sandía infra yaciéndolo, está constituida de una secuencia de pizarras, areniscas de grano fino con presencia de fósiles, también se puede observar la presencia de patinas de oxidación de pirita en mayor cantidad en las lutitas pizarrosas que se encuentran en el miembro superior.



Imagen 12. Pizarras fosilíferas del Grupo San José.

Afloramiento de pizarras fosilíferas (Trilobites) del Grupo San José (Ordovícico), en la localidad de Libertad; este material se utiliza como cantera de lastre.



Imagen 13. Erosión esferoidal en pizarras

Afloramiento rocoso en donde se observa estructura circular producto de los esfuerzos tectónicos y la erosión esferoidal en la localidad de Nueva Alianza.



Imagen 14. Afloramiento de Pizarras del Grupo San Jose Afloramiento de pizarras duras del Grupo San José presencia de Graptolitos, localizado en la Comunidad Nativa Ashaninca de Monkerenshi.



Imagen 15. Afloramiento del Grupo San José

Afloramiento de pizarras deleznales con alto contenido de pirita del Grupo San José (Trilobites y Graptolitos), localizado en el sector de Nueva Esperanza.

- FORMACIÓN SANDIA (Os-s)

Esta formación fue estudiada por LAUBACHER G. (1973) quien la define como una secuencia de cuarcitas y pizarras que afloran en el valle del río Sandia y en la Cordillera Oriental.

Esta secuencia infrayace a la formación Ananea, en el área de estudio esta secuencia de cuarcitas aflora en los sectores Tarancato, Agua dulce, Monterrey, Unión Vistoso, Futura Sandoval, San Cristóbal, San Pedro y en las comunidades nativas de Sankirhuato y Pitirinkini central. Esta unidad tiene características resaltantes debido a su competencia, por lo cual se considera como un nivel guía en las interpretaciones de las imágenes del satélite, fotografías aéreas y en el campo (FOTO N 8); presentan estructuras continuas de carácter regional, los mejores afloramientos se observan camino al sector de Unión Vistoso en la parte oeste central del área de estudio siguiendo un rumbo de NW donde aflora un potente paquete de cuarcitas de 200m de espesor del estrato.

Sandia se caracteriza por tener en su base un paquete conspicuo, competente y resistente de cuarcitas de color gris claro, a blanquecino, en capas gruesas y medianas, tabulares. Se intercalan con arenisca micácea con laminación interna paralela, en capas delgadas y se presenta en forma muy subordinada.



Imagen 16. Afloramiento de cuarcitas de la formación Sandia, localizado al Noreste del campo ferial del distrito de Pichari.

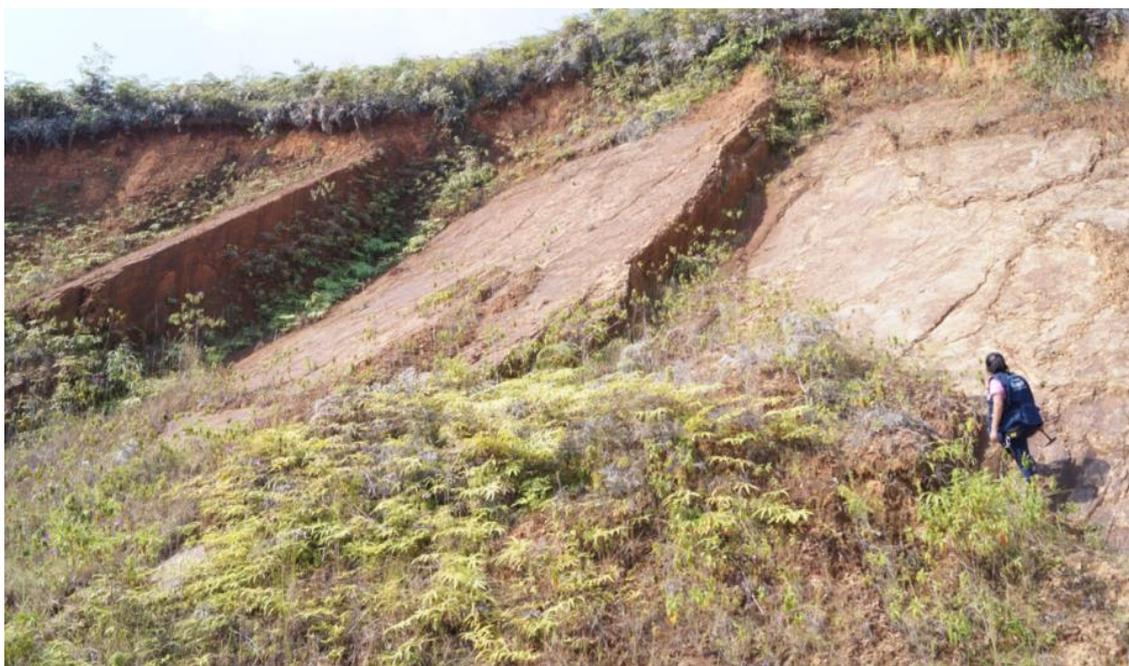


Imagen 17. Afloramiento de cuarcitas de la Formación Sandía (Ordovícico), localizado en la carretera de Agua Dulce al sector de Libertad.



Imagen 18. afloramiento de cuarcitas competente de color blanco de la formación sandia (Ordovicio), localizado en el tramo de la carretera de Otari a Unión Vistoso.

- FORMACIÓN ANANEA (Sd-a)

A una gruesa y continua secuencia pizarrosa, pelítica – samítica, que aflora en la localidad del mismo nombre al NE del departamento de Puno, formando parte de la Cordillera Oriental, LAUDACHER G. (1973) la denomina como Formación Ananea, la cual se prolonga hasta el vecino país de Bolivia donde se le conoce como cordillera Real.

Esta formación suprayace a la formación Sandia, aflorando en las comunidades de Omayá, Los Ángeles, Natividad y en las comunidades nativas de kapiroshi, Getariato Bajo, Cuviriari, Kepeashari y antes de llegar a la comunidad de Catongo, litológicamente en el distrito de Pichari predominan las secuencias de lutitas, las cuales en determinadas zonas se intercalan con secuencias de pizarras, limolitas y areniscas cuarzosas en capas delgadas.

La Formación Ananea morfológicamente se caracteriza por presentar relieves suaves con buena cobertura como es el caso del centro poblado de Natividad y por lo contrario en muchos otros casos es inestable debido a las pendientes pronunciadas. La deforestación a la cual es sometido el territorio se suma a las fuertes pendientes de los estratos de esta y otras formaciones lo que originan constantes deslizamientos.



Imagen 19. Lutitas de color gris con presencia de Ondulitas

Afloramiento de lutitas de color gris, relieve de pendiente fuerte que presenta ondulitas en sus estratos, Formación Ananea (Silúrico), localizado en el centro poblado de Omayá.

- GRUPO CABANILLAS (D-ca)

Fue definido en el sur del Perú como grupo por NEWELL (1949). PALACIOS O., El (1993) vuelve a definirlo como grupo, esta vez incluyendo las formaciones Chagrapí y Lampa, del Siluro-Devónico respectivamente.

Cabanillas suprayace a la formación Ananea, esta unidad afloran en las inmediaciones del centro poblado de Quisto Central, Corazón del Valle, Teresa, Santa Ines y la comunidad nativa de Cuvivari, Mimirini Baja, Nueva Asháninca. Litológicamente está constituido por secuencia de Areniscas, y limolitas pizarrosas de grano fino de capas delgadas y tabulares, esta unidad presenta dos miembros.

Miembro inferior, Esta secuencia consiste de una secuencia de areniscas cuarzosas y limolitas pizarrosas, los niveles psamíticos son grano fino en capas delgadas y tabulares que van de 5 a 20 cm, de color gris claro, verde grisáceo; se observan algunas capas lenticulares de areniscas grises claras. En menor proporción alternan las limolitas pizarrosas, estratificadas en capas delgadas característicamente laminares de color negro y beige con presencia de micas. A esta unidad se le estima un grosor de 200 metros. Su sección inferior aflora en la parte occidental del área, en el trayecto de Omayá a Pichari, donde consiste en una secuencia preferentemente de arenisca cuarzosa de grano fino con presencia de micas, de color gris oscuro a gris claro en capas delgadas, que alterna esporádicamente con areniscas de capas gruesas a medianas y limolitas pizarrosas de capas delgadas con laminación interna paralela.

Miembro superior de la unidad consiste de una intercalación de limolitas pizarrosas de color negro característicamente laminar, micácea y en menor proporción niveles delgados de arenisca cuarzosa con estructuras sedimentarias de estratificación sesgada en pequeña escala. Esta secuencia principalmente consiste de limolitas pizarrosas en capas delgadas de color negro, fuertemente fracturadas generando una disyunción en lápiz. Además esta secuencia presenta una superficie alterada de una coloración amarillenta.



Imagen 20. Pizarras frágiles del Grupo Cabanillas

Afloramiento de pizarras con secuencia de lutitas en capas delgadas, con presencia de azufre, este afloramiento como se observa en la siguiente Imagen 13, presentan pendientes fuertes y fracturas por lo que origina constantes deslizamientos, Grupo Cabanillas, Centro poblado de Quisto Central.



Imagen 21. Lutitas pizarrosas con costras de Azufres del Grupo Cabanillas

En la imagen se puede observar costras de azufre en los afloramientos de lutitas pizarrosas de Grupo Cabanillas, estas secuencias en algunos lugares se encuentran fracturados por fuerzas endógenas, por lo que originan los deslizamientos frecuentes, Quisto Central.

- GRUPO AMBO (Ci-a)

Es una secuencia pelítica-samítica calcárea denominada así por DUNBAR G., NEWELL N: (1946, en el Perú Central.), esta unidad también es conformado por dos Miembros Inferior y Superior, la primera secuencia está compuesta por interacción de areniscas rojizas de grano medio. También se caracteriza por presentar un conjunto de capas delgadas de limoarcillitas gris oscuras con algunas niveles de arenisca de grano fino, el Miembro superior es la que tiene mayor representatividad, está constituida de una intercalación de areniscas cuarzosas de grano medio a gruesos en capas gruesas de aspecto con estratificación sesgada de mediana y gran escala con areniscas calcáreas y calizas en capas delgadas, aflora en la parte Norte de ámbito de estudio en los sectores de Tambo de Ene, Puerto Roca, Valle kimpire Alto, Chinkariato, San Jerónimo y la comunidad Ashaninca Paveni. Los estratos tienen una dirección de NE y buzamiento de NW.

Esta unidad litológica aflora en dos lugares del ámbito de estudio, la más representativa se encuentra al Norte y al Noroeste del distrito de Pichari, en los centros poblados de Casa Tambo, Tambo del Ene, Shikantiriato, Nuevo Progreso y se extiende al Noreste de la comunidad de Paveni y una pequeña extensión aflora en las inmediaciones del poblado de Villa Vista.



Imagen 22. Afloramiento de secuencia de areniscas del grupo Ambo

Secuencia de areniscas con intercalación de lutitas en capas delgadas del grupo Ambo, en la margen Izquierda del río Kempiri.

- GRUPO TARMA (Cp-ta)

Es una secuencia pelítico - samítica calcárea denominada así por DUNBAR G. NEWELL N. (1946), en el Perú Central.

El Grupo Tarma, aflora en la parte Norte y Noroeste del distrito de Pichari, litológica está compuesto por constituida por una intercalación de areniscas rojizas de grano medio en capas gruesas y en la parte media secuencias de limorarcillita característicamente laminar, estratificadas en capas gruesas a medianas que se intercalan con calizas micríticas y espáticas con horizontes calcáreos, en la parte superior consiste de una intercalación de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso en capas gruesas de aspecto macizo con estratificación sesgada de mediana y gran escala con areniscas calcáreas en capas gruesas y calizas en capas delgadas fosilíferas. Al tope de esta secuencia el grosor de las capas de arenisca disminuye y predominan las calizas areniscosas en capas gruesas.

- GRUPO COPACABANA (Cp-co)

DOUGLAS J. (1914) describió como tal a una secuencia calcáreo-pelítica que aflora en los alrededores de la península de Copacabana, en el lago Titicaca. Posteriormente KING (1930) lo asigna al Permiano inferior; a su vez CABRERA LA ROSA A. y PETERSEN G. (1936) la describen como Formación Copacabana. DUNBAR y NEWELL N. (1946) la elevan a la categoría de grupo y LÓPEZ J.C. (1996), describe a la misma secuencia en el cuadrángulo de Huanta, En 1953.

Esta unidad litología aflora en la parte Norte a Noroeste del ámbito de estudio en tres sectores en la comunidad nativa de Paveni, al Oeste – Noroeste de Nuevo progreso y al Noreste de Cantogo límite con el distrito de Rio Tambo, Satipo – Junín, litológicamente está constituido por calizas micríticas y espáticas de color oscuro estratificadas en capas gruesas a medianas en forma tabular, intercaladas con secuencias de calizas bioclásticas, calizas recristalizadas, areniscas calcáreas, limoarcillitas calcáreas característicamente laminar en capas delgadas, también se puede observar vetillas de entrecruzadas de calcita y presencia de fósiles.

Se ha podido observa que esta unidad presenta relieves muy verticales o escarpados que es muy característica el lugar donde aflora.

- FORMACIÓN RIO TAMBO (Pist-rt)

Esta unidad fue descrita por los petroleros (inédito) y posteriormente por LEÓN W. (en edición), quien la define y le asigna el nombre de Formación del Río Tambo, porque su localidad tipo se localiza en las márgenes del río del mismo nombre en la selva central del departamento de Junín.

Esta secuencia aflora en pequeña extensión al Norte del área de estudio en la comunidad Nativa de Paveni.

Litológicamente está compuesto por areniscas de grano medio a fino de color rojizo con una matriz calcárea, en la parte media superior con intercalación de areniscas arcósicas de grano medio a fino en capas gruesas de estratificación sesgada con horizontes de lodolitas rojizas en capas medianas bien compactas de un aspecto macizo. En algunos horizontes de areniscas se observan las lodolitas calcáreas con capas delgadas de estratificación en forma de laminación.

Esta unidad litológica se encuentra en una zona donde la morfología del relieve es suave, pequeñas elevaciones de terreno, de pendientes bajas seguramente porque presenta buzamientos bajos.

Otra característica bien marcada por las condiciones de clima, es la meteorización de las capas de areniscas y lodolitas a suelos arcillosos dando un color característico marrón rojizo.

La Formación Río Tambo se encuentra suprayaciendo a la secuencia calcárea del Grupo Copacabana, el paso de una unidad a otra es de forma gradual, por lo que se le denomina secuencia límite e infrayace ligeramente concordante a la secuencia sílicoclástica del Grupo Oriente.

La edad que se le asigna está basada en datos bioestratigráficos por palinología, realizados por geólogos petroleros en el pozo Sepa en la ex Formación Esperanza y la edad que reportan es del Permiano superior.

En el contexto depositacional, corresponde a un ambiente marino marginal (lagoon) a planicie costera con lutitas negras lagoonales, areniscas fluviales a estuarinas, y peritidal posiblemente una dolomita evaporítica.

MESOZOICO

El Mesozoico dentro del área de estudio solo comprende la secuencia clásica del Grupo Oriente, que aflora en una pequeña extensión al Norte del ámbito de estudio.

- **GRUPO ORIENTE (Ki-o)**

KUMMEL, B. (1946), describe como Formación Oriente, a unas areniscas que afloran en el río Cushabatay, provincia de Contamana, posteriormente es elevada a Grupo por ZEGARRA J. y OLACHEA J. (1970), dividiéndolo en las formaciones Cushabatay, Esperanza y Agua Caliente.

Esta secuencia aflora en pequeña extensión al Norte del área de estudio en la comunidad Nativa de Paveni, en la Margen derecha del río Kempiri el buzamiento de los estratos es más pronunciado, debido al cierre del anticlinorio del Vilcabamba, que a su vez se encuentra fallado.

Litológicamente, está constituido hacia la base por una delgada secuencia detrítica, con clastos de rocas metamórficas, para continuar con una secuencia continua de areniscas cuarzosas blanquecinas, de grano fino a medio de buena clasificación, también se intercalan muy esporádicamente limolitas en capas delgadas, esta secuencia suprayace en concordancia a la Formación Río Tambo.

CENOZOICO

El cenozoico comenzó aproximadamente hace 65 millones de años y abarca hasta la actualidad. En ella se produjo la transformación de los animales y las plantas profundamente, aparecieron las especies actuales y la especie humana. En donde se produjeron grandes acontecimientos como la formación de la montaña de Himalaya, Alpes, Pirineos.

Cenozoico se divide en tres Sistemas: Paleógeno, Neógeno y Cuaternario que es el más reciente, En el distrito de Pichari solo se encuentran expuestos los depósitos cuaternarios del Pleistoceno y Holoceno.

DEPÓSITOS CUATERNARIOS (Qh)

Son todos aquellos suelos que están en proceso de formación ya sea por erosión de las laderas por exceso de precipitaciones y procesos geodinámicos (deslizamientos, huaycos, entre otros), esta unidad se puede apreciar en mayores extensiones en todos los fondos de los valles y quebradas de todo el ámbito de estudio, sobre estos suelos se desarrollan la gran parte de las actividades Agrícolas.

- DEPÓSITOS FLUVIOGLACIARES (Qh-fg)

Estos depósitos se han formado por erosión de los depósitos morrénicos y del substrato constituido por rocas pre-cuaternarias. Estos materiales se encuentran en las partes altas sobre los 3300 msm. Al Este del distrito de Pichari, Se trata de material heterogéneo de origen fluvioglaciares que descienden de las paredes laterales de los valles, constituyendo terrazas que rellenan los fondos de los valles en forma de U.

Teóricamente Los depósitos fluvioglaciares están compuestos de gravas subredondeadas, arenas gruesas con una matriz de lodolitas, esta unidad ha identificado con la ayuda de la teledetección a través de la combinación de bandas se puede observar claramente en las imágenes de los satélites de alta resolución como es Rapideye de 5 metros de resolución espacial, 5 bandas multiespectrales.

- DEPÓSITOS FLUVIALES (Qh-fl)

Estos materiales se encuentran a lo largo del Rio Apurímac, constituyendo extensas playas e islas que están compuestos por arenas, cantos, guijarros, bloques de rocas de composición litológica distintita; metamórfica (granulitas y gneis), pizarras, filitas, cuarcitas y entre otros, formando yacimientos de canteras de agregados de materiales de construcción, estos materiales son explotados para la construcción de obras civiles.

- DEPÓSITOS ALUVIALES (Qh-al)

Estos depósitos se encuentran principalmente a lo largo del fondo de valle del Rio Apurímac, Omayá, Kimpire, estos depósitos se encuentran formando llanuras de inundación, terrazas medias, terrazas bajas, presentan pendientes suaves a moderada, se consideran como las mejores áreas para el cultivo, debido al material que presenta que están constituidos mayormente con glastos redondeados debido a transporte que han sufrido el material, envueltos en una matriz limo arcilloso de composición heterogénea de diversas proporciones, con estratificación difusa donde destaca la lenticularidad.

- CONOS ALUVIALES (Qh-al-1)

Material detrítico que se acumula en la parte baja del curso de escurrimiento de un río o de un torrente (flujo de detritos) debido al cambio brusco de pendiente del terreno, estos depósitos están compuestos de material heterogéneo con clasto redondeados a sub angulosos con matriz limo-arcilloso, el diámetro de los clastos varía desde 1cm, llegando a

observarse en algunos lugares hasta 1 metro, como en el lugar de Shirotiare Baja, Corazón de Valle, Sol del VRAE y en Moyurina ubicado al NE de la capital de Pichari.

Donde se observan los depósitos de conos aluviales, son suelos fértiles para la actividad agrícola debido a la gran profundidad que presenta la capa arable, pero estos lugares sin embargo no buenos para el asentamiento de las viviendas debido que estos suelos han sido depositados por los materiales de flujo de detritos y movimientos de masas.

- DEPÓSITOS ELUVIALES (Qh-el)

Material detrítico, resultado de la alteración y descomposición de las rocas compuestos por clastos angulosos de diferentes tamaños envueltos en una matriz limo arcilloso, esta unidad se encuentra en las partes altas del ámbito de estudio.

- DEPÓSITOS COLUVIOALUVIALES (*Qh-col-al*)

Son acumulaciones constituidas por materiales de diverso tamaño pero de litología homogénea, englobados en una matriz arenosa limoso que se distribuye irregularmente en las laderas del territorio montañoso de ámbito de estudio, habiéndose formado por alteración y desintegración in situ de las rocas ubicadas en las laderas superiores adyacentes y la acción de la gravedad. Se caracterizan por contener gravas angulosas a subangulosas distribuidas en forma caótica, sin selección ni estratificación aparente, con regular a pobre consolidación; ocasionalmente contienen algunos horizontes lenticulares limo arenoso.

- DEPÓSITOS COLUVIALES (Qh-co)

Se ubican mayormente en las laderas de las montañas, presentan pendientes de 8-25%, en algunos sectores presentan pendientes hasta 50%, con rasgos de fenómenos geodinámicos en proceso de estabilización, constituidos mayormente por clastos de contorno anguloso a subredondeado envueltos en matriz gravo arcillosa a gravo limosa de regular a escasa consolidación natural, estos materiales que están expuestos mayormente en los centro poblado de Tambo de Ene, Quisto Central (San Cristóbal) y Natividad (Getariato).

4.4 GEOLOGIA LOCAL

GENERALIDADES

Según el mapa geológico del distrito de Pichari, los centros poblados intervenidos con el estudio de Geotecnia se asientan en depósitos cuaternarios.

Se realizó un mapeo geológico a escala 1/5,000 para los centros poblados intervenidos con el estudio de geotecnia tomando como insumo la capa de geología a escala 1/25,000.

Dentro de este mapeo se identificó subunidades geológicas como la caracterización de depósitos por historia de eventos (Qh-al1, Qh-al2, etc.). Estas subunidades sirven para una mejor caracterización y distribución espacial del tipo de suelos.

4.4.1. UNIDADES GEOLÓGICAS LOCALES

4.4.1.1. DEPÓSITOS DELUVIALES (Qh-dl)

Se denomina depósitos deluviales a las capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos, que se depositan y cubren las laderas de cerros, producto de la erosión de las laderas de transporte lento en favor de la pendiente,

4.4.4.2. DEPÓSITOS RESIDUALES (Qh-re)

Los depósitos residuales se forman por efecto de la descomposición in situ de las rocas aflorante, sin embargo, en la zona de estudio estos depósitos pueden tener también un efecto menor por la gravedad. Son de poco espesor, desde algunos centímetros a varios metros, estos depósitos en presencia de pendiente y mucha agua pueden desarrollar deslizamientos superficiales.

4.4.4.3. DEPÓSITOS ALUVIALES (Qh-al1, Qh-al2)

Este material se encuentra en los lugares más o menos planos (pene planicies o pampas) circunscritas por lomadas o cadenas de montañas y en las partes correspondientes al fondo de los valles o ampliaciones debido a su conjunción, dando lugar quebradas y conos aluviales distales.

4.4.4.4.DEPÓSITOS COLUVIALES (Qh-co)

Los depósitos coluviales se forman en zonas de ladera por efecto del intemperismo de las rocas y la gravedad, incluyendo los deslizamientos. Están conformados por gravas, limos y arenas que pueden o no estar mezclados, son depósitos no compactos.

4.4.4.5.DEPÓSITOS COLUVIAL – ALUVIALES (Qh-ca)

Se define a estos depósitos como una transición entre ambos depósitos, material transportado por acción del agua hacia el valle principal y por otra parte los fragmentos de roca son angulares y mal clasificados dando a entender que el transporte que dio lugar a este depósito es corto y de proveniencia local.

4.4.4.6.DEPÓSITOS FLUVIALES (Qh-fl1, Qh-fl2)

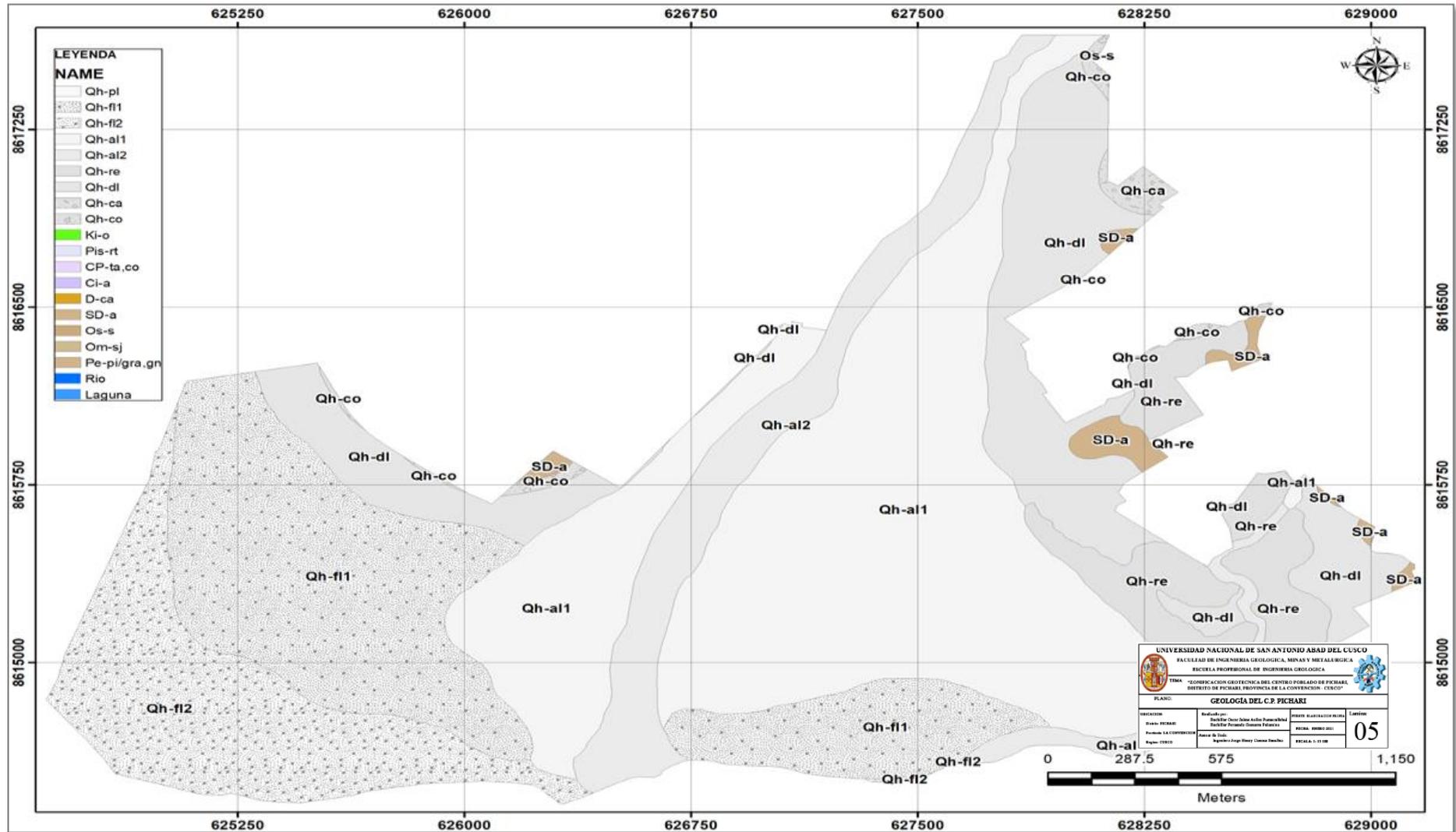
Los depósitos fluviales se presentan a manera de terrazas en las márgenes del río, las terrazas están conformadas por bancos de gravas y arenas, cuyos espesores son menores a 10 metros. Las terrazas bajas constituyen zonas muy susceptibles ya que, durante las avenidas máximas, pueden ser afectadas por inundaciones y erosiones, por lo que no se deben construir viviendas.

4.5. GEOLOGIA LOCAL DEL CENTRO POBLADO PICHARI (C.P.)

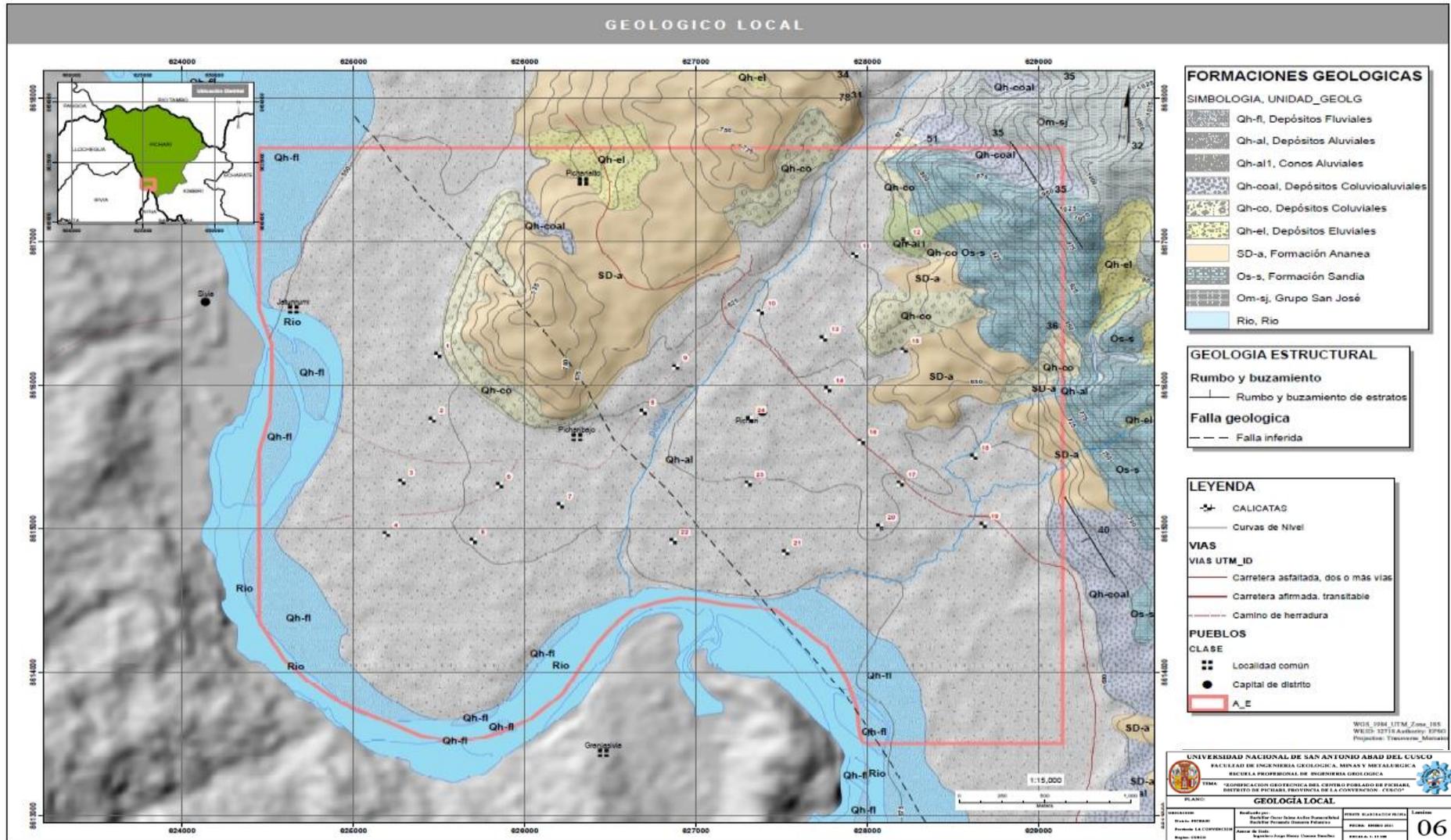
CP –Pichari

EL Centro Poblado se emplaza en depósitos inconsolidados fluviales (Qh-fl y Qh-fl2) recientes y antiguos que se diferencian por el nivel de las terrazas fluviales; aluviales (Qh-al y Qh-al2), recientes y antiguos; depósitos coluviales (Qh-co) y deluviales (Qh-dl) al pie de las laderas; y depósitos residuales (Qh-re) resultado de la alteración insitu; estos depósitos se forman como resultado de la meteorización y erosión de las rocas de la Formación Ananea

Mapa N° 5: MAPA GEOLOGICO DEL CENTRO POBLADO



Mapa N° 6: MAPA GEOLOGICO LOCAL



CAPÍTULO V

GEOTECNIA

5.1. GENERALIDADES

Desde que se inició formalmente el estudio de los suelos por Terzaghi, el Ingeniero civil ha visto en ellos una gran herramienta para garantizar la funcionalidad de las obras civiles.

La Ingeniería geotécnica es una disciplina tecno científica que agrupa a la geología, geofísica, mecánica de suelos, y mecánica de las rocas, relacionándolas con las obras civiles.

Los estudios geotécnicos se utilizan para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los suelos que sean necesarias conocer, dependiendo del proyecto que se vaya a ejecutar; por ejemplo, en carreteras es importante conocer el módulo de elasticidad del suelo que servirá de subrasante, para cimentar un edificio es necesario conocer la resistencia del suelo de cimentación y su compartimiento, en el tiempo, ante los esfuerzos que transmitirá la estructura del edificio.

A su vez la geotecnia puede facilitar la ejecución de sondeos valiéndose de pruebas geofísicas como herramienta para tener una idea previa de la estratigrafía del terreno de cimentación. La geotecnia pues constituye un medio para adaptar las estructuras a las condiciones del terreno.

La identificación de las causas del comportamiento deficiente de las obras con notable frecuencia señala que las deformaciones masivas de las estructuras son atribuidas a movimientos de sus fundaciones los que a su vez reflejan desplazamientos y asentamientos del suelo soporte.

Para que el Ingeniero pueda proyectar una cimentación adecuada, debe tener un conocimiento razonable de las propiedades físicas y mecánicas y disposición de los materiales del subsuelo. Esta información puede obtenerse mediante técnicas de investigación en el terreno y en el laboratorio conocida como investigación del subsuelo.

Por medio de la investigación del subsuelo se puede determinar parámetros representativos o configurar un modelo analítico que reproduzca en la mejor forma

posible, compatible con la importancia y las necesidades del problema, las condiciones y características del suelo soporte en la zona involucrada. De este modo se logra entonces seleccionar racionalmente el elemento de transición estructura- suelo.

Las experiencias locales previas pueden servir a veces como guías para orientar los estudios y otras veces son suficientes en casos sencillos; sin embargo, no existe sustituto para la información objetiva específica y precisa obtenida en cada sitio.

Se comprende, entonces que la obtención de la información suficiente y confiable, relativas a las condiciones del subsuelo es un requisito esencial de un diseño satisfactorio y económico.

La investigación del subsuelo suministra información necesaria para dar solución a diferentes problemas o definir parámetros de diseño en proyectos que se presentan en varias áreas de ingeniería civil.

5.2. MARCO TEÓRICO

5.2.1. GEOLOGÍA APLICADA A LA GEOTECNIA

El medio geológico está en continua evolución y los procesos afectan tanto a los materiales rocosos y a los suelos como al medio natural en su conjunto.

La diversidad del medio geológico y la complejidad de sus procesos hacen que en las obras de ingeniería se deban resolver situaciones donde los factores geológicos son condicionantes de un proyecto.

En primer lugar, por su mayor importancia, estaría los riesgos geológicos, cuya incidencia puede afectar a la seguridad o la viabilidad del proyecto.

En segundo lugar, están todos aquellos factores geológicos cuya presencia condicione técnica o económica la obra (Introducción a la ingeniería geológica).

En conclusión, se resume a tomar las siguientes:

- Los factores geológicos son la mayoría de problemas geotécnicos
- El agua es uno de los factores de mayor incidencia en el comportamiento geotécnico de los materiales.
- Los procesos geológicos pueden modificar el comportamiento de los materiales, incidiendo sobre el medio físico y ocasionar problemas geotécnicos.

5.2.2. GEOTECNIA (Ingeniería Geológica)

Las necesidades de aplicación de los conocimientos geológicos a la ingeniería civil, han originado una especialidad llamada ingeniería geológica, al mismo tiempo se ha desarrollado la geotecnia.

Es la rama de la geología y a su vez, recibe aportes de la ingeniería civil (con la que se entrelaza) que se ocupa de la aplicación de los principios geológicos en la investigación de materiales naturales -como rocas- que forman la corteza terrestre que participan en el diseño, construcción y operación de proyectos de ingeniería civil, como carreteras, ferrocarriles, puentes, presas, oleoductos, acueductos, unidades de vivienda, sitios de confinamiento y edificios en general.

El término "geotecnia" hace alusión al conjunto de reconocimientos y ensayos o pruebas realizadas al terreno y a la interpretación de los datos obtenidos en los mismos, que permiten caracterizar los diversos suelos presentes en la zona de estudio y sus propiedades, en función de los objetivos y características del proyecto.

El estudio geológico-geotécnico debe contener todos los datos relevantes para la correcta ejecución del proyecto y se elabora en base a ensayos de campo y de laboratorio adecuados al tipo de proyecto, incluyendo las recomendaciones propias en función de la naturaleza de las actuaciones (explanaciones, estructuras, taludes, etc.).

Todo ello hace que sea necesario establecer las directrices para determinar la necesidad y aplicación de los estudios geotécnicos en la redacción de los proyectos de obras civiles.

5.2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS

Las propiedades de los suelos se determinan mediante ensayos y se expresan numéricamente por determinados coeficientes. Las investigaciones se realizan con muestras alteradas e inalteradas.

Las muestras alteradas son suficientes cuando se quieren determinar características generales, como, granulometría, tamaño, peso de las partículas, humedad, límite líquido, plástico, capacidad de absorción de agua, materias presentes o valores límite de densidad.

Se requieren muestras inalteradas cuando se desean obtener magnitudes dependientes de la estructura o de la densidad in situ, como el índice de poros la densidad aparente, la permeabilidad, la succión capilar, etc.

5.2.3.1. Tamaño de los granos

La variedad en el tamaño de las partículas del suelo o granos casi es ilimitada, por definición los granos mayores son los que se pueden mover con la mano, mientras que los más finos son tan pequeños que no se pueden apreciar con un microscopio corriente. Este puede ser determinado por medio de análisis granulométricos.

5.2.3.2. Forma de las partículas

La forma de las partículas tiene tanta importancia como su tamaño en lo que respecta al comportamiento del suelo; sin embargo, a menudo no se considera, pues es difícil medirla y describirla cuantitativamente, la forma de los granos puede ser de tres clases: granos redondeados, granos laminares y granos aciculares.

5.2.3.3. Color

Aunque el color no es una propiedad importante por sí misma es una indicación de otras propiedades más importantes. El color es la propiedad del suelo que más fácilmente emplea el que no tiene experiencia en mecánica de suelos, para identificar los suelos, sin embargo es un método práctico para enseñarles a los trabajadores como distinguir ciertos suelos.

5.2.3.4. Humedad

Es la cantidad de agua que posee un suelo, se expresa por la relación entre el peso del agua W_w existente en el suelo y el peso seco W_s de este.

$$\%W = W_w / W_s \quad \text{ec. (2.1)}$$

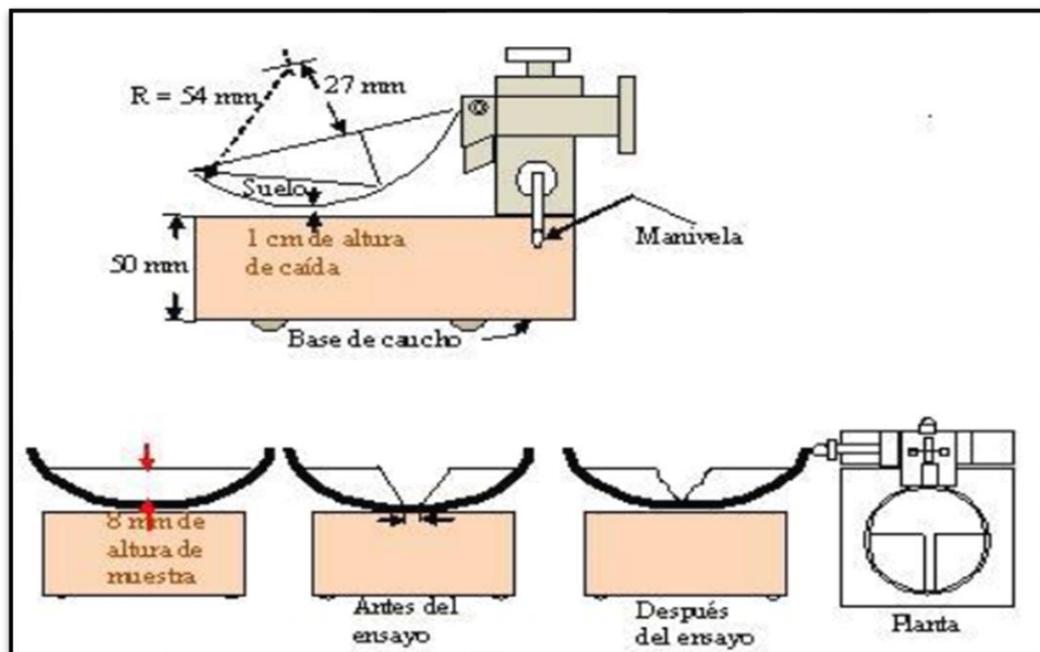
La humedad es una característica muy importante en los suelos cohesivos, influye sobre la capacidad de compactación y la consistencia, así como la capacidad portante del terreno

5.2.3.5. Límites de consistencia de los suelos

Los límites de consistencia fueron propuestos por el científico sueco A. Atterberg, nosotros podemos considerar que los LL y LP han sido y son ampliamente utilizados a nivel mundial, principalmente para la identificación y clasificación de los suelos, ambos también son útiles para rededir la máxima densidad seca o el óptimo contenido de humedad en los problemas de compactación. El LC, es importante en zonas donde el suelo sufre grandes cambios de volumen. Los límites de adhesión y cohesión no tienen relevancia en campo de la ingeniería.

Límite líquido (LL). - Es el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. Los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, según Atterberg es de 25 g/cm².

FIGURA 5
Partes de la copa de Casagrande



Límite plástico (LP). - Es el contenido de humedad expresado en porcentaje al peso seco de la muestra, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

Índice de plasticidad (IP). - Se define como la diferencia numérica entre los límites líquidos y plásticos, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra el suelo en estado plástico y este depende generalmente de la cantidad de arcilla presente.

5.2.3.6. Peso específico

Se define como la relación entre el peso de la muestra y el volumen de la muestra

$$g = w_m / v_m. \quad \text{ec. (2.2)}$$

Este al relacionarse con el peso específico del agua es llamado densidad relativa la cual es importante en mecánica de suelos debido a la correlación directa que ella tiene con otros parámetros.

5.2.3.7. Porosidad

La porosidad es el volumen de huecos de una muestra de suelo, y define la posibilidad de ésta de almacenar más, o menos cantidad de fluido. Se expresa por la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de la muestra, como

$$N (\%) = (V_v / V_m) * 100 \quad \text{ec. (2.3)}$$

5.2.3.8. Resistencia

En el estudio de las propiedades mecánicas de un suelo hay que considerar en general tres clases de esfuerzos: de compresión (que tienden a disminuir el volumen del material); de tensión (que tienden a crear fractura en el material) y cortantes (que tienden a desplazar una parte de suelo con respecto a las otras). De acuerdo con esta clasificación el suelo puede presentar resistencia a la compresión y resistencia al esfuerzo cortante, la resistencia a la tensión en cambio puede despreciarse como consecuencia, aquellas estructuras o parte de estructuras que han de experimentar tensiones no se construyen con material de suelo sino con otro material para ello apropiado, tales como concreto armado o el acero.

5.2.3.9. Compacidad relativa

Es una manera de indicar la relación de la densidad in situ con la de la densidad máxima a alcanzar, aplicable a suelos arenosos. La compacidad relativa es una propiedad índice de los suelos y se emplea normalmente en gravas y arenas, es decir, en suelos que contienen casi exclusivamente partículas mayores que 0.074 mm. (Malla # 200).

El uso de la compacidad relativa en geotecnia es importante debido a la correlación directa que ella tiene con otros parámetros de los suelos de importancia en la ingeniería,

tales como el ángulo de fricción interno del suelo, la resistencia a la penetración (N de golpes de cuchara normal).

5.2.3.10. Consistencia

Es la propiedad índice más importante de los materiales finos, es la que gobierna las fuerzas de cohesión-adhesión, responsables de la resistencia del suelo a ser moldeado o roto. Se refiere a las fuerzas que permiten que las partículas se mantengan unidas; se puede definir como la resistencia que ofrece la masa de suelo a ser deformada o amasada. Dichas fuerzas dependen del contenido de humedades por esta razón es que la consistencia se debe expresar en términos de suelo seco, húmedo o mojado. Las fuerzas que causan la consistencia son: cohesión y adhesión.

Cohesión: Es la fuerza de atracción entre partículas de la misma naturaleza.

Adhesión: Se debe a la tensión superficial que se presenta entre las partículas de suelo y las moléculas de agua. Sin embargo, cuando el contenido de agua aumenta, excesivamente, la adhesión tiende a disminuir. El efecto de la adhesión es mantener unidas las partículas por lo cual depende de la proporción Agua/Aire.

La consistencia de un suelo inalterado puede determinarse mediante la prueba de compresión simple, también puede estimarse por medio de la prueba de penetración estándar.

5.3. MÉTODOS Y DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS

4.3.1. DESIGNACIÓN ASTM

Creada en 1898, ASTM Internacional (Sociedad Americana para la Prueba de Materiales), es una de las mayores organizaciones en el mundo que desarrollan normas voluntarias por consenso, aplicables a los materiales, productos, sistemas y servicios.

Ensayos Estándar	Norma Usada
1. Descripción Visual - Manual	ASTM D2488
2. Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D422
3. Limite Líquido y Limite Plástico	ASTM D4318
4. Clasificación Unificada de Suelos SUCS	ASTM D2487

- | | |
|------------------------------------------------|-------------------------|
| 5. Contenido de Humedad Natural | ASTM D2216 y ASTM D4643 |
| 6. Peso Específico del Sólido | ASTM D854 |
| 7. Peso Volumétrico | ASTM D2937 |
| 8. Densidad de Campo (Método de Cono de Arena) | ASTM D1556 |

Ensayos Especiales

Norma Usada

- | | |
|------------------|------------|
| 1. Corte Directo | ASTM D3880 |
|------------------|------------|

4.3.2. DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS

Se considera los cuatro tipos de muestras que se indican en la Tabla 1, en función de las exigencias que deberán atenderse en cada caso, respecto del terreno que representan (N.T.P. E 050 Suelos y Cimentaciones).

TABLA N° 1. TIPOS DE MUESTRAS

TIPO DE MUESTRA	NORMA APLICABLE	FORMAS DE OBTENER Y TRANSPORTAR	ESTADO DE LA MUESTRA	CARACTERÍSTICAS
Muestra inalterada en bloque (Mib)	NTP 339.151:2001 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Bloques	Inalterada	Debe mantener inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención).
Muestra inalterada en tubo de pared delgada (Mit)	NTP 339.169:2002 SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubo de pared delgada	Tubos de pared delgada		
Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	NTP 339.151:2001 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Con bolsas de plástico	Alterada	Debe mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo.
Muestra alterada para humedad en lata sellada (Mah)	NTP 339.151:2001 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	En lata sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua.

FUENTE: NTP E050.SUELOS Y CIMENTACIONES

4.3.3 CLASIFICACIÓN DE SUELO – SUCS

Es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un

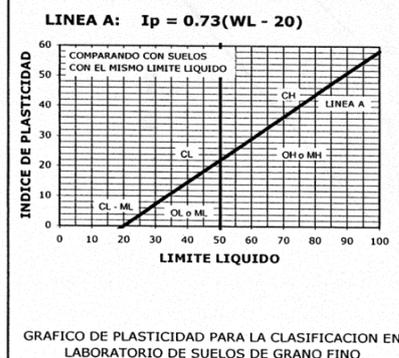
símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación modificada de Casagrande.

Si el suelo tiene entre un 5-12% de finos, pasantes del tamiz #200 se considera que ambas distribuciones de granos tienen un efecto significativo para las propiedades ingenieriles del material. Estaríamos hablando por ejemplo de gravas bien graduadas, pero con limos. En esos casos se recomienda usar doble notación, por ejemplo: GW-GM correspondiente a "grava bien graduada" y "grava con limo".

Si el suelo tiene más del 15% del peso retenido por el tamiz #4 ($R_{\#4} > 15\%$), hay una cantidad significativa de grava, y al sufijo "con grava" se le puede añadir el nombre del grupo, pero el símbolo del grupo no cambia. Por ejemplo, SP-SM con grava se refiere a "Arena pobremente graduada con limo y grava".

Ilustración N° 1. Clasificación de suelos - SUCS

IDENTIFICACION EN EL CAMPO				SÍMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO					
SUELOS DE GRANO GRUESO - MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO POR EL TAMIZ # 200	GRAVAS - MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA POR EL TAMIZ # 4	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS		GW	GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	<p>DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA A PARTIR DE LA CURVA GRANULOMETRICA SEGUN EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCIÓN QUE PASA POR EL TAMIZ # 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE:</p> <p>GR, GP, SW, SP GM, GC, SH, SC</p> <p>CASOS LÍMITES QUE REQUIEREN EL EMPLEO DE SÍMBOLOS DOBLES</p> <p>MEJORES DEL 5% MAS DEL 12% 5% AL 12%</p> <p>$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 4 ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ ENTRE 1 Y 3</p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS GW</p> <p>LÍMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O I_p MENOR QUE 4</p> <p>POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7; CASOS LÍMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SÍMBOLOS DOBLES</p> <p>LÍMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7</p> <p>$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 6 ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ ENTRE 1 Y 3</p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW</p> <p>LÍMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O I_p MENOR QUE 4</p> <p>POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7; CASOS LÍMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SÍMBOLOS DOBLES</p> <p>LÍMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7</p>					
		PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS		GP	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS						
		FRACCIÓN FINA NO PLÁSTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML, MAS ABAJO)		GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO						
	ARENAS - MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA POR EL TAMIZ # 4	FRACCIÓN FINA NO PLÁSTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)		GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA						
		FINOS PLÁSTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)									
		FINOS NO PLÁSTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)									
SUELOS DE GRANO FINO - MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200	LIMOS Y ARCILLAS CON LÍMITE LÍQUIDO MENOR DE 50	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS		SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS						
		PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS		SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS						
		FINOS NO PLÁSTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)		SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS						
	LIMOS Y ARCILLAS CON LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50	FINOS PLÁSTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)		SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS						
		FINOS NO PLÁSTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)									
		FINOS PLÁSTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)									
MÉTODOS DE IDENTIFICACION PARA LA FRACCIÓN QUE PASA POR EL TAMIZ # 40											
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISGREGACION)	DILATANCIA (REACCION A LA AGITACION)	TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LÍMITE PLÁSTICO)			<p>UTILÍZSE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO INDICADAS EN LA COLUMNA DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO</p> <p>GRAFICO DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION EN LABORATORIO DE SUELOS DE GRANO FINO</p>					
							NULA A LIGERA	RAPIDA A LENTA	NULA	ML	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICIDAD
							MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	MEDIA	CL	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS
	LIGERA A MEDIA	LENTA	LIGERA	OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD						
	LIGERA A MEDIA	LENTA A NULA	LIGERA A MEDIA	MH	LIMOS INORGANICOS, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS MICACEOS O CON DIATOMEAS, LIMOS ELASTICOS						
	ALTA A MUY ALTA	NULA	ALTA	CH	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD ELEVADA, ARCILLAS GRASAS						
	MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	LIGERA A MEDIA	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA						
	FACILMENTE IDENTIFICABLES POR SU COLOR, OLOR, SENSACION ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA			Pt	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS						



Este sistema fue propuesto por Arturo Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en el año 1942 para aeropuertos.

Esta clasificación divide los suelos en:

- Suelos de grano grueso.
- Suelos de grano fino.
- Suelos orgánicos.

Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz No. 200 (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).

Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz No. 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz. Los suelos se designan por símbolos de grupo.

El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).

SUELOS GRUESOS:

Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz No. 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz No. 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).

SUELOS FINOS:

El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas © y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es $Ll = 50\%$. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (lo compresibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (higa compresibility). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

TABLA 2
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES		
Suelos de grano grueso (mas del 50 % del material es mayor en tamaño que el tamiz No 200)	Gravas (mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningún fino	Cu > 4 1 < Cc < 3		
		GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradacion para GW		
		GM	Gravas limosas, mezcla grava- arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o Ip < 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
		GC	Gravas arcillosas, mezcla gravo-areno-arcillosas	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó Ip > 7		
	Arenas (mas de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)	Arenas Limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	Cu > 6 1 < Cc < 3	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradacion para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A ó Ip < 4	Si el material está en la zona sombreada con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó Ip > 7	

FUENTE: MECÁNICA DE SUELOS - BRAJA M. DAS.

ML: Limos Inorgánicos de baja compresibilidad.

OL: Limos y arcillas orgánicas.

CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.

CH. Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.

MH: Limos inorgánicos de alta compresibilidad.

OH: arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).

TABLA 3
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUELO FINO)

Suelos de grano fino (mas del 50 % del material pasa el tamiz No 200)	limos y arcillas (Límite líquido $w_l < 50$)	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Mas del 12 % - GM, GC, SM, SC De 5 a 12 % - casos frontera que requieren doble símbolo
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.	
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
	limos y arcillas (Límite líquido $w_l > 50$)	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos.	
		CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos	
	Pt	Turba o otros suelos altamente orgánicos		

FUENTE: MECÁNICA DE SUELOS - BRAJA M. DAS.

Fracción Gruesa (FG)= 100% menos lo que pasa el tamiz No. 200.

Para que el suelo sea una grava debe cumplirse lo siguiente: Retiene el tamiz No. 4 $> \frac{1}{2}$ FG

Retiene el tamiz No. 4: 100 menos lo que pasa el tamiz No. 4

Para que el suelo sea una arena debe cumplirse lo siguiente: Retiene el tamiz No. 4 $< \frac{1}{2}$ FG

Las gravas con 5 a 12% de finos requieren el uso de símbolos dobles: GW-GM grava bien graduada con limo; GW-GC grava bien graduada con arcilla; GP-GM grava mal graduada con limo; GP-GC grava mal graduada con arcilla.

Las arenas con 5 a 12% de finos requieren el uso de símbolos dobles: SW-SM arenas bien graduada con limo; SW-SC arenas bien graduada con arcilla; SP-SM arena mal graduada con limo; SP-SC arena mal graduada con arcilla.

$$C_u = D_{60}/D_{10}$$

$$C_c = D_{30}^2/D_{60} * D_{10}.$$

Cu: Coeficiente de uniformidad.

Cc: Coeficiente de curvatura.

Si los límites de Atterberg se sitúan en el área sombreada de la carta de plasticidad, el suelo es una arcilla limosa CL-ML.

Si el suelo contiene $\geq 15\%$ de arena, añade “con arena” al nombre del grupo.

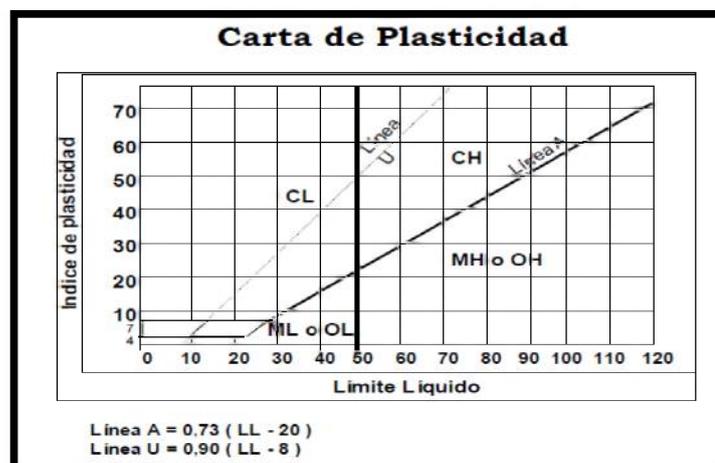
Si el suelo contiene $\geq 15\%$ de grava añade “con grava” al nombre del grupo.

Si el suelo contiene 15 a 29% mayos de la malla No. 200 añade “con arena” o “con grava”, el que sea predominante.

Si el suelo contiene $\geq 30\%$ mayor de la malla No. 200, predominantemente arena, añade “arenoso” al nombre del grupo.

Si el suelo contiene $\geq 30\%$ mayor de la malla No. 200, predominantemente grava, añade “gravoso” al nombre del grupo (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).

FIGURA 6
LÍMITES DE ATTERBERG



FUENTE: MECÁNICA DE SUELOS - BRAJA M. DAS.

TABLA 4
Resumen de las características granulométricas

CALICATA MUESTRA	UBICACIÓN DEL PUNTO DE EXPLOTACION	GRANULOMETRIA		
		Grava (> 4.76 mm)	Arena (>0.074m m < 4.76)	Finos (< 0.074 mm)
C – 1	Vía hacia Ccatun Rumi	0.00	34.23	65.80
C – 2	I.E. Cesar Vallejo	54.55	32.18	13.27
C – 3	Sector Ladrilleras	51.17	38.01	10.82
C – 4	Sector Ladrilleras	80.95	13.13	5.93
C – 5	Referencia Sede de la Universidad	42.05	45.46	12.49
C – 6	Costado del cementerio	56.03	37.53	6.44
C – 7	I.E. San Juan	51.82	25.92	22.25
C – 8	Nueva Construcción	54.46	32.39	13.16
C – 9	Vía Pichari – Ccatun Rumi	23.80	40.13	36.07
C – 10	Asociación Albergue	57.92	27.55	14.54
C – 11		30.00	29.64	40.36
C – 12	Asociación Muyurina	35.84	24.86	39.30
C – 13	Valle Dorado, costado de la loza deportiva	34.76	34.19	31.05
C – 14	Valle Dorado, Jardín Inicial	35.05	34.15	30.81
C – 15	Asociación Mirador	4.99	56.97	38.04
C – 16	Jr. Juanquin Dipas Huaren	2.44	25.86	71.70
C – 17	Av. La Cultura con Av. Apurímac	59.87	19.28	20.85
C – 18	Sector Piscigranja	13.78	28.17	58.05
C – 19	Sector Platanal con cementerio	1.71	17.82	80.48
C – 20	Sector Hormiguitas	55.69	31.58	12.73
C – 21	Urb. Jorge Chávez	55.21	35.15	9.64
C – 22	Sector Maestranza	37.88	34.85	27.28
C – 23		38.12	26.94	34.95
C – 24	Plaza Pichari	28.90	38.34	32.76

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5
Resumen de los límites de consistencia

CALICATA MUESTRA	UBICACIÓN DEL PUNTO DE EXPLOTACION	LIMITES DE CONSISTENCIA		
		L.L. %	L.P. %	IP %
C – 1	Vía hacia Ccatun Rumi	38.2	23.58	14.62
C – 2	I.E. Cesar Vallejo	27.6	21.99	5.61
C – 3	Sector Ladrilleras	27.1	22.19	4.91
C – 4	Sector Ladrilleras	29.22	21.02	8.2
C – 5	Referencia Sede de la Universidad	23.8	16.07	7.73
C – 6	Costado del cementerio	27.53	22.19	5.34
C – 7	I.E. San Juan	29.9	23.89	6.01
C – 8	Nueva Construcción	30.9	23.26	7.64
C – 9	Vía Pichari – Ccatun Rumi	28.24	21.25	6.99
C – 10	Asociación Albergue	31.95	28.25	3.7
C – 11		35.75	24.54	11.21
C – 12	Asociación Muyurina	32.22	23.88	8.34
C – 13	Valle Dorado, costado de la loza deportiva	37.81	27.08	10.73
C – 14	Valle Dorado, Jardín Inicial	37.65	26.45	11.2
C – 15	Asociación Mirador	22.24	18.2	4.04
C – 16	Jr. Juanquin Dipas Huaren	66.2	42.26	23.94
C – 17	Av. La Cultura con Av. Apurímac	43.1	31.99	11.11
C – 18	Sector Piscigranja	47.2	28.81	18.39
C – 19	Sector Platanal con cementerio	38.59	26.54	12.05
C – 20	Sector Hormiguitas	29.77	24.46	5.31
C – 21	Urb. Jorge Chávez	28.42	22.8	5.62
C – 22	Sector Maestranza	32.98	25.03	7.95
C – 23		30.36	25.17	5.19
C – 24	Plaza Pichari	32.42	23.21	9.21

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELO

6.1 GENERALIDADES

El estudio de Mecánica de Suelos para este trabajo comprendió en principio la recopilación de la información existente, y la realización de un programa de exploraciones en los lugares con escasa información.

Se llevaron a cabo ensayos estándar de Laboratorio identificándose las características del suelo, con ello se trazaron perfiles, a partir de los cuales fue posible describir los tipos de suelos y su distribución en el distrito.

Adicionalmente, se calculó la capacidad portante en los suelos que predominan en el distrito, para un mismo tipo de cimentación, con el fin de comparar las capacidades de carga de estos suelos, y hacer recomendaciones para la elección del tipo de cimentación.

6.2 EXPLORACION GEOTECNICA

6.2.1. APERTURA DE CALICATAS

Son excavaciones de formas diversas que permiten una observación directa del terreno, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ que no requieran confinamiento. Las calicatas y trincheras serán realizadas según la NTP 339.162:2001. El PR deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes (N.T.P. E 050 Suelos y Cimentaciones).

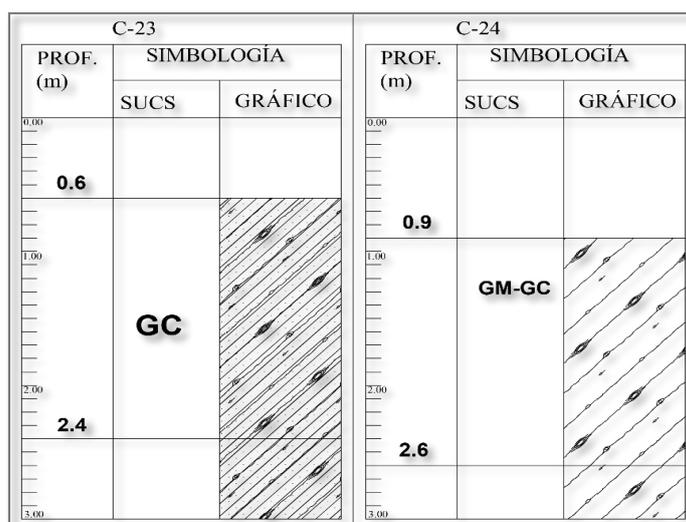
TÉCNICAS DE INVESTICACION		
TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN	SÍMBOLO	
Pozo o calicata	C-n	
Perforación	P-n	
Auscultación	A-n	
n - número correlativo de sondaje		

TABLA 6
Ubicación de las calicatas

CALICATA MUESTRA	UBICACIÓN DEL PUNTO DE EXPLOTACION
C – 1	Vía hacia Ccatun Rumi
C – 2	I.E. Cesar Vallejo
C – 3	Sector Ladrilleras
C – 4	Sector Ladrilleras
C – 5	Referencia Sede de la Universidad
C – 6	Costado del cementerio
C – 7	I.E. San Juan
C – 8	Nueva Construcción
C – 9	Vía Pichari – Ccatun Rumi
C – 10	Asociación Albergue
C – 11	
C – 12	Asociación Muyurina
C – 13	Valle Dorado, costado de la loza deportiva
C – 14	Valle Dorado, Jardín Inicial
C – 15	Asociación Mirador
C – 16	Jr. Juanquin Dipas Huaren
C – 17	Av. La Cultura con Av. Apurímac
C – 18	Sector Piscigranja
C – 19	Sector Platanal con cementerio
C – 20	Sector Hormiguitas
C – 21	Urb. Jorge Chávez
C – 22	Sector Maestranza
C – 23	
C – 24	Plaza Pichari

Fuente: Elaboración propia

Ilustración N° 3. Columnas estratigráficas – C.P. Pichari (01)



6.2.3. TOMA DE MUESTRAS

La toma u obtención de muestras es el procedimiento que consiste en recoger partes, porciones o elementos representativos de un terreno, a partir de las cuales se realizará un reconocimiento geotécnico del mismo.

Las muestras son porciones representativas del terreno que se extraen para la realización de ensayos de laboratorio. Según la forma de obtención, pueden clasificarse de forma general en dos tipos:

- Muestras alteradas: conservan sólo algunas de las propiedades del terreno en su estado natural.
- Muestras inalteradas: conservan, al menos teóricamente, las mismas propiedades que tiene el terreno "in situ".

Muestras alteradas:

Se toman de trozos de suelo arrancado por la pala excavadora, introduciéndolo en bolsas. Si se pretende obtener la humedad del terreno, puede guardarse la muestra en un recipiente estanco, o parafina. La muestra debe guardarse en temperatura ambiente.

Muestras inalteradas:

Requieren una limpieza superficial previa a la toma de la muestra, y un parafinado posterior de las caras de la muestra, en las que el suelo queda en contacto con el exterior.

Pueden ser:

- En bloque: tallando a mano un bloque aproximadamente cúbico, con dimensiones superiores a 15 ó 20 cm. La calidad de esta muestra es excelente.
- Cilíndrica: mediante la hincada por golpeo manual de un toma muestras cilíndrico de diámetro no menor de 15 cm.

Otros:

- Verificación las zonas de intervención para la respectiva evaluación geotécnica.
- Se realizará la visita a los centros poblados y anexos, con la finalidad de tomar el primer contacto con los representantes de la zona y exponer ante ellos, la importancia y el objetivo del presente trabajo, dándose así el compromiso mutuo para efectuarlo; además, de reconocer de manera general el área de estudio, tomando en cuenta las características del relieve de ámbito de estudio.
- Determinación de los puntos de intervención con calicatas Geotécnicas.
- Toma de vistas fotográficas, datos e información complementaria de campo.

6.3 ENSAYOS DE LOS SUELOS IN SITU

6.3.1 DENSIDAD DE SUELO

En esta etapa se realizó el ensayo de densidad in situ (peso unitario húmedo) al interior de cada calicata por medio del ensayo del cono de arena, cumpliendo con las recomendaciones de la norma ASTM D-1556-64. El trabajo consistirá en la determinación del volumen de una pequeña excavación de forma cilíndrica de donde se ha retirado todo el material, ya que el peso del material retirado dividido por el volumen del hueco cilíndrico nos permite determinar la densidad húmeda. Las unidades de medida son g/cm³. Determinaciones de la humedad de esa muestra nos permite obtener la densidad seca.

$$\gamma_{dseca} = (\gamma_{dhumeda} \times 100) / (100 + w) \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Este método es muy difundido para determinar la densidad de suelos compactados utilizados en la construcción de terraplenes de tierra, rellenos de carreteras y estructuras de relleno. Es comúnmente utilizado como base de aceptación para suelos compactados

a una densidad específica o a un porcentaje de la densidad máxima determinada por un método de ensayo estándar. Este método puede ser usado para determinar la densidad in-situ de depósitos de suelos naturales, agregados, mezclas de suelos u otro material similar. El uso de este método está generalmente limitado a un suelo en una condición no saturada. Este método no es recomendable para suelos que son blandos o fáciles de pulverizar o que estén en una condición de humedad tal que el agua escurra en un hueco excavado a mano. La precisión del ensayo puede ser afectada para suelos que se deforman fácilmente o que sufran cambios volumétricos en el hueco excavado debido a que el personal camine o se detenga cerca del hueco durante la prueba.

6.4 ENSAYOS ESPECIALES

6.4.1 CORTE DIRECTO

Este trabajo de investigación se realizó en base al Ensayo para Corte Directo en el suelo seleccionado siguiendo los lineamientos generales especificados en la norma E-050 Suelos y Cimentaciones de acuerdo al procedimiento y elaboración de las pruebas de corte directo (CD) que requiere este trabajo.

Este ensayo en colocar el espécimen en una caja de corte directo (CD), aplicando un esfuerzo cortante y esfuerzos normal para la carga aplicada.

TABLA 7
Resumen de los parámetros geotécnico del suelo

CALICATA MUESTRA	UBICACIÓN DEL PUNTO DE EXPLOTACION	CORTE DIRECTO	
		ANG. COHESION	ANG. FRICCION
C – 1	Vía hacia Ccatun Rumi	--	--
C – 2	I.E. Cesar Vallejo	--	--
C – 3	Sector Ladrilleras	--	--
C – 4	Sector Ladrilleras	--	--
C – 5	Referencia Sede de la Universidad	0.27	14.35
C – 6	Costado del cementerio	0.17	21.83
C – 7	I.E. San Juan	--	--
C – 8	Nueva Construcción	--	--
C – 9	Vía Pichari – Ccatun Rumi	--	--

C – 10	Asociación Albergue	0.35	16.53
C – 11		--	--
C – 12	Asociación Muyurina	--	--
C – 13	Valle Dorado, costado de la loza deportiva	--	--
C – 14	Valle Dorado, Jardín Inicial	--	--
C – 15	Asociación Mirador	--	--
C – 16	Jr. Juanquin Dipas Huaren	0.13	15.80
C – 17	Av. La Cultura con Av. Apurímac	--	--
C – 18	Sector Piscigranja	0.20	15.07
C – 19	Sector Platanal con cementerio	--	--
C – 20	Sector Hormiguitas	--	--
C – 21	Urb. Jorge Chávez	--	--
C – 22	Sector Maestranza	--	--
C – 23		--	--
C – 24	Plaza Pichari	0.33	12.93

Fuente: Elaboración propia

6.5 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL TIPO DE SUELO

Se determinó la capacidad portante del terreno en los distintos tipos de suelos que según su clasificación son suelos cohesivos y suelos no cohesivos (gravosos) en la que se seleccionaron muestras inalteradas para realizar el ensayo de corte directo, con la finalidad de obtener ángulo de fricción y la cohesión del suelo, se tiene en cuenta que la cohesión depende de la humedad del suelo, y se tiene que para este caso el porcentaje (%) de contenido de humedad. También para hallar el ángulo de fricción depende fundamentalmente de la granulometría, forma, tamaño, por ello que el ángulo de fricción ofrece una mayor resistencia al tipo de suelo, debido a que tiene superficies de contacto mayores entre sus partículas; por ser suelos cohesivos (arcillosos) entonces se debe hacer un cálculo por falla local.

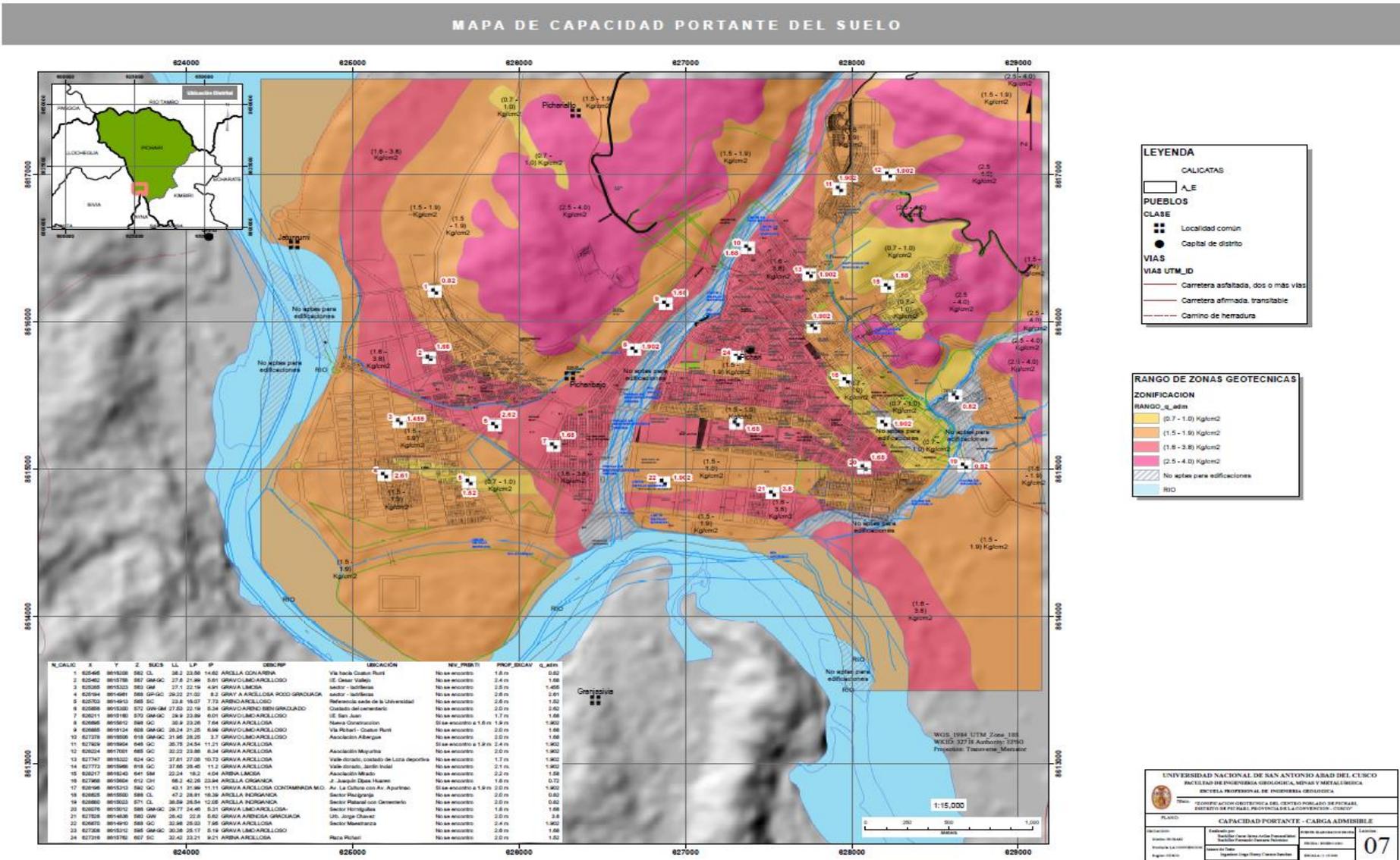
Teniendo en cuenta los resultados de capacidad portante obtenido en la Localidad de Centro Poblado de Pichari y el reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E-050, Suelos y Cimentaciones, capítulo III análisis de condición de cimentaciones artículo N° 17 en el cual nos indica que la presión admisible de un estudio será de menor valor)

La teoría de cimentaciones expone que debe haber dos condiciones para asegurar la estabilidad de una cimentación, estas son:

- El asentamiento del suelo debe ser menor que el máximo asentamiento permisible según el tipo de estructura.
- La cimentación debe ser segura contra la falla de corte del suelo que la soporta.

El análisis de la capacidad de carga se realizó con la teoría de capacidad de carga de Terzaghi en 05 zonas.

Mapa N° 7: MAPA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO



CAPITULO VII

ZONIFICACION DEL TIPO DE SUELO (SUCS)

7.1. GENERALIDADES

De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), encontramos que los suelos por su naturaleza son suelos inorgánicos. Se pudo apreciar la presencia de material orgánico en los primeros centímetros (0 a 0.60 m) excavados, también hubo presencia de suelos gravoso arcillosos (GC) y gravoso limoso (GM) y Suelos cohesivos.

TABLA 8

resumen de la clasificación de suelos

CALICATA MUESTRA	UBICACIÓN DEL PUNTO DE EXPLOTACION	CLASIFICACION DE SUELOS SUCS
C – 1	Vía hacia Ccatun Rumi	SC
C – 2	I.E. Cesar Vallejo	GM-GC
C – 3	Sector Ladrilleras	GM
C – 4	Sector Ladrilleras	GP-GC
C – 5	Referencia Sede de la Universidad	SC
C – 6	Costado del cementerio	GW-GM
C – 7	I.E. San Juan	GM-GC
C – 8	Nueva Construcción	GC
C – 9	Vía Pichari – Ccatun Rumi	GM-GC
C – 10	Asociación Albergue	GM-GC
C – 11		GC
C – 12	Asociación Muyurina	GC
C – 13	Valle Dorado, costado de la loza deportiva	GC
C – 14	Valle Dorado, Jardín Inicial	GC
C – 15	Asociación Mirador	SM
C – 16	Jr. Juanquin Dipas Huaren	OH
C – 17	Av. La Cultura con Av. Apurímac	GC
C – 18	Sector Piscigranja	CL
C – 19	Sector Platanal con cementerio	CL
C – 20	Sector Hormiguitas	GM-GC

C – 21	Urb. Jorge Chávez	GW
C – 22	Sector Maestranza	GC
C – 23		GM-GC
C – 24	Plaza Pichari	SC

Fuente: Elaboración propia

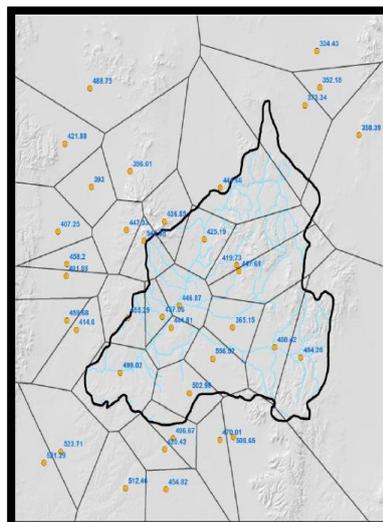
7.2. METODO DE ZONIFICACION

7.2.1. MÉTODO DE POLIGONACIÓN DE THIESSEN

Los polígonos de Thiessen nombrados en honor al meteorólogo estadounidense Alfred H. Thiessen son una construcción geométrica que permite construir una partición del plano euclídeo.

Estos objetos también fueron estudiados por el matemático Georgy Voronoi de donde toma el nombre alternativo de diagramas de Voronoi y por el matemático Gustav Lejeune Dirichlet de donde toma el nombre de teselación de Dirichlet. Los polígonos de Thiessen son uno de los métodos de interpolación más simples, basado en la distancia euclidiana, siendo especialmente apropiada cuando los datos son cualitativos. Se crean al unir los puntos entre sí, trazando las mediatrices de los segmento de unión. Las intersecciones de estas mediatrices determinan una serie de polígonos en un espacio bidimensional alrededor de un conjunto de puntos de control, de manera que el perímetro de los polígonos generados sea equidistante a los puntos vecinos y designando su área de influencia.

Figura 2: Polígonos de Thiessen



Inicialmente los polígonos de Thiessen fueron utilizados para el análisis de datos meteorológicos (estaciones pluviométricas) aunque en la actualidad también se aplica en estudios en los que hay que determinar áreas de influencia (centros hospitalarios, estaciones de bomberos, bocas de metro, centros comerciales, control del tráfico aéreo, telefonía móvil, análisis de poblaciones de especies vegetales, etc.). Es una de las funciones de análisis básicas en los SIG.

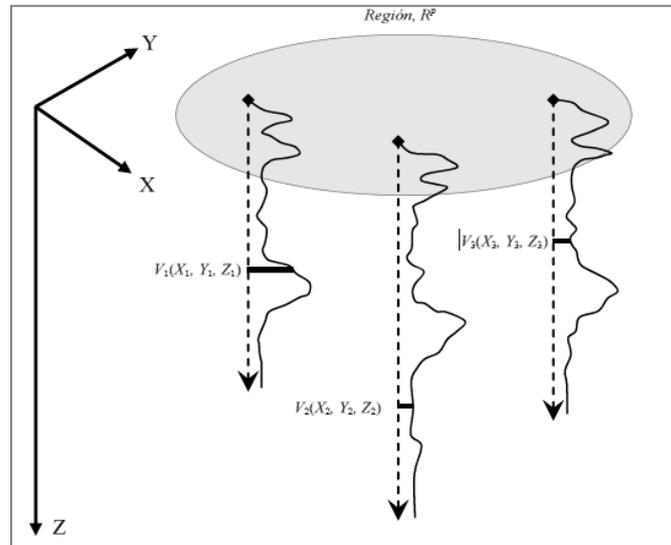
Requiere el conocimiento de la ubicación de cada estación dentro o en la periferia de la cuenca para proceder a su aplicación, identificando el área de influencia de cada pluviómetro y/o pluviógrafo. Así se van formando triángulos entre las estaciones más cercanas uniéndolas con segmentos rectos sin que éstos se corten entre sí y tratando que los triángulos sean lo más equiláteros posibles.

A partir de allí se trazan líneas bisectoras perpendiculares a todos los lados de los triángulos, las que al unirse en un punto común dentro de cada triángulo conforma una serie de polígonos que delimitan el área de influencia de cada estación. El área de influencia de cada estación considerada “Polígono” está comprendida exclusivamente dentro de la cuenca.

7.2.2. MÉTODO GEOESTADÍSTICO

Esta etapa consideró el desarrollo de un algoritmo matemático basado en la teoría de campos aleatorios para realizar el análisis Geoestadístico de las propiedades del suelo (Tenorio, A. et al., 2014). Por medio de la geoestadística es posible analizar y predecir valores de una propiedad distribuida en el espacio o en el tiempo. La geoestadística, a diferencia de la estadística convencional, permite tomar en cuenta la dependencia espacial de los valores a través de la función de autocovarianza o del variograma. Se supone de manera implícita que los valores están correlacionados unos con otros por lo que se toma en cuenta su posición espacial. Intuitivamente esto indica que mientras más cercanos estén situados dos valores están más correlacionados y mientras estén más separados hay menor relación entre estos (Auvinet, 2002).

Figura 3: Representación gráfica de un campo aleatorio (Medina, 2001)



Se realizarán análisis geoestadísticos de tres variables aleatorias: contenido de agua, estratificación, porcentaje de finos, resistencia al corte y número de golpes (NSPT). A partir de la estimación de perfiles virtuales de las variables mencionadas, se generaron modelos bidimensionales (secciones o mapas de contornos), y tridimensionales (volúmenes o superficies). De igual forma, a partir de los valores de la desviación estándar de la estimación de las diferentes propiedades, se construyeron modelos en 2D y 3D. Estos modelos permiten realizar una fácil interpretación de la distribución espacial de la propiedad analizada y por tanto, en forma indirecta, de los tipos de materiales del subsuelo.

En esta última etapa se interpretó la información resultante del estudio geoestadístico y geológico para delimitar áreas con propiedades geotécnicas similares, es decir, que tengan el mismo tipo y distribución espacial de materiales, cuyas propiedades de resistencia y deformación sean similares y que por ende tendrían un comportamiento mecánico semejante ante un mismo tipo de sollicitación. Con base en los resultados se definió una propuesta de zonificación geotécnica.

El estudio de las diferentes propiedades geotécnicas sirvió de base para establecer el criterio de zonificación. En el caso particular del MC, debido a la gran erradicidad en los suelos encontrados en cuanto a su clasificación SUCS y a la relativa homogeneidad en el contenido de agua entre los distintos tipos de suelo, la caracterización geotécnica se

atendió de acuerdo a la profundidad a la que se encuentran los estratos competentes (N30>30), principalmente.

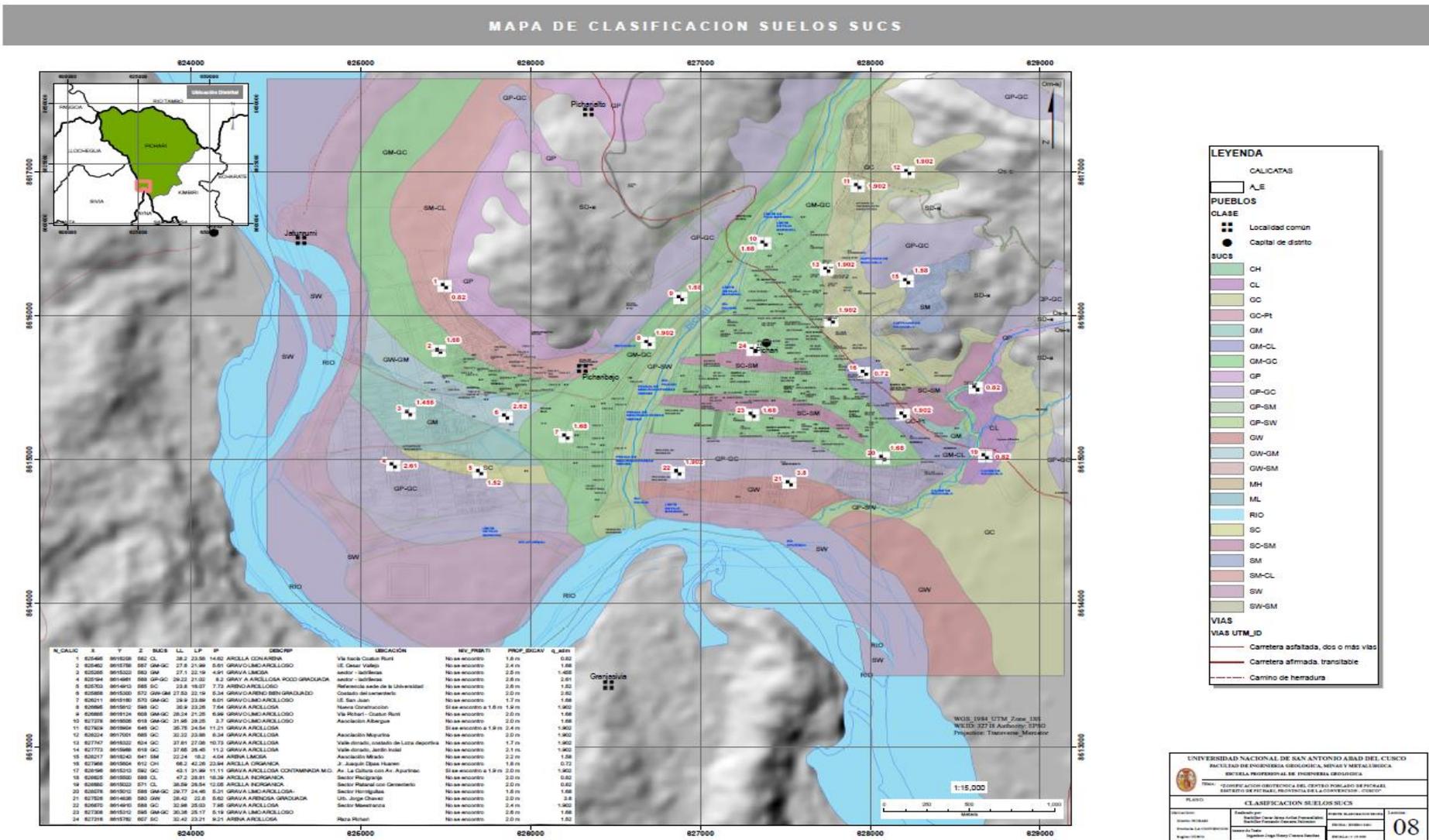
7.3. ZONIFICACION POR TIPO DE SUELOS Y LITOLOGIA

Mediante los resultados obtenidos del modelamiento se pasa a realizar, utilizando las herramientas geoestadísticas de la Plataforma SIG, la generación de polígonos de zonas de homogeneidad (Zona I, Zona II, Zona III, ...), así mismo se dará las ubicaciones de zonas críticas donde se puedan realizar construcciones acorde a las normas de cimentación y zonas donde no se pueda construir por presencia de suelos cohesivos, expansivos, suelos que se encuentran en las fajas marginales de un río o en el curso de una quebrada con escorrentía temporal.

Otros:

- Desarrollar un modelo para la integración de este tipo de información a Mapas Geotécnicos.
- Elaboración de la Leyenda definitiva del mapa de unidades geotécnicas.
- Cuantificación de la superficie por cada unidad cartográfica, con la respectiva equivalencia en porcentaje.
- Elaboración de la memoria descriptiva temática, adjuntado anexo y fotografía.
- Edición digital e impresión de los mapas finales de acuerdo a la escala 1/25,000.00

Mapa N° 8: MAPA DE ZONIFICACIÓN POR TIPO DE SUELOS -SUCS



CAPITULO VIII

ZONIFICACION GEOTECNICA

8.1. GENERALIDADES

De los resultados del estudio de la Mecánica de Suelos en el Capítulo 06, se delimitó el área del distrito por tipos de suelo describiendo sus características. En este capítulo se complementó esta delimitación con el Análisis de Capacidad de Carga desarrollada también en el Capítulo 04, obteniéndose una zonificación geotécnica del área en estudio.

8.2. ZONIFICACION GEOTECNICA

La zonificación geotécnica para el centro poblado de Pichari, se muestran en el mapa N° 10, Presenta la zonificación geotécnica propuesta, cuyas características y extensión se describen a continuación:

8.2.1. ZONA I

Esta zona está conformada por afloramientos rocosos, litológicamente están compuestos por secuencias de pizarras, limolitas, filitas y areniscas cuarzosas, que se distribuyen mayormente en las laderas. Estas rocas tienen un comportamiento rígido. La resistencia o capacidad portante a la profundidad de cimentación de 1.00 m de estos tipos de rocas para cimentaciones típicas varía de 2.5 Kg/cm² a 4.0 Kg/cm² (www.conanma.com/descargas/cap_12_geotecnia.pdf). Estas zonas son aptas para edificaciones.

8.2.2. ZONA II

Esta zona está conformada en su mayor parte, por depósitos de suelos mayormente de gravas y arenas, según la clasificación SUCS dentro de estos depósitos se encuentran los siguientes tipos de suelos: GW, GM-GC, GP y SM. La capacidad de carga admisible con factor de seguridad 3 según Normativa peruana varía de 1.6 Kg/cm² a 3.8 Kg/cm² a una profundidad de cimentación de 1.60 m. Estas zonas son aptas para edificaciones.

8.2.3. ZONA III

Esta zona está conformada en su mayor parte, por los depósitos de suelos de gravas, arenas y limos principalmente, según la clasificación SUCS dentro de estos depósitos se encuentran los siguientes tipos de suelos: GP, GC, GP-GC, SM-CL, ML y MH; se

tiene en cuenta la actividad geodinámica (inundaciones, flujo de detritos, etc.), que reduce su condición de habitabilidad, como el tipo de suelo SW próximos a los ríos. La capacidad de carga admisible con factor de seguridad 3 según Normativa Peruana varia de 1.5 Kg/cm² a 1.9 Kg/cm² a una profundidad de cimentación de 1.60 m. Estas zonas son aptas para edificaciones, pero se tiene que tomar consideraciones como el uso de zapatas corridas en las cimentaciones.

8.2.4. ZONA IV

Esta zona está conformada, en su mayor parte, por los depósitos de suelos mayormente de limos y arcillas de alta plasticidad, según la clasificación SUCS dentro de estos depósitos se encuentran los siguientes tipos de suelos: SC-SM, CL y CH; se tiene en cuenta la actividad geodinámica (inundaciones, flujo de detritos, etc.), que reduce su condición de habitabilidad, como los tipos de suelo GP y GM en los depósitos aluviales. La capacidad de carga admisible con factor de seguridad 3 según Normativa Peruana varia de 0.7 Kg/cm² a 1.0 Kg/cm² a una profundidad de cimentación de 1.60 m. Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, pero se tiene que tomar consideraciones como el uso de zapatas corridas en las cimentaciones o lozas de cimentación.

8.2.5. ZONA V

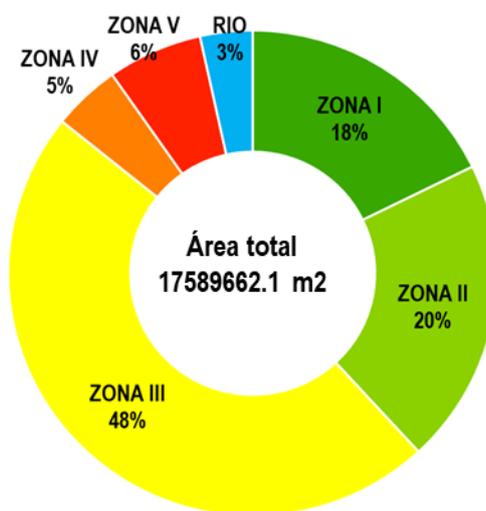
Esta zona está conformada, en su mayor parte por depósitos aluviales y fluviales según la clasificación SUCS dentro de estos depósitos se encuentran los siguientes tipos de suelos: GW, GP-SW, GM, GC-Pt y SM; así como rellenos que en la actualidad han sido urbanizados. La capacidad de carga admisible, son en su mayoría aptas para edificaciones, pero debido a la presencia de actividad geodinámica (inundaciones, flujo de detritos, etc.), que reduce su condición de habitabilidad. Estas zonas no son aptas para la edificación

8.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ZONAS GEOTÉCNICAS

Las zonas descritas anteriormente dentro del centro poblado Pichari del distrito de Pichari intervenidos para el estudio de Geotecnia, la distribución espacial de estas zonas en el centro poblado se observa en los siguientes gráficos y cuadros.

Ilustración 1: Zonificación Geotécnica ámbito urbano, Centros poblados de Pichari.

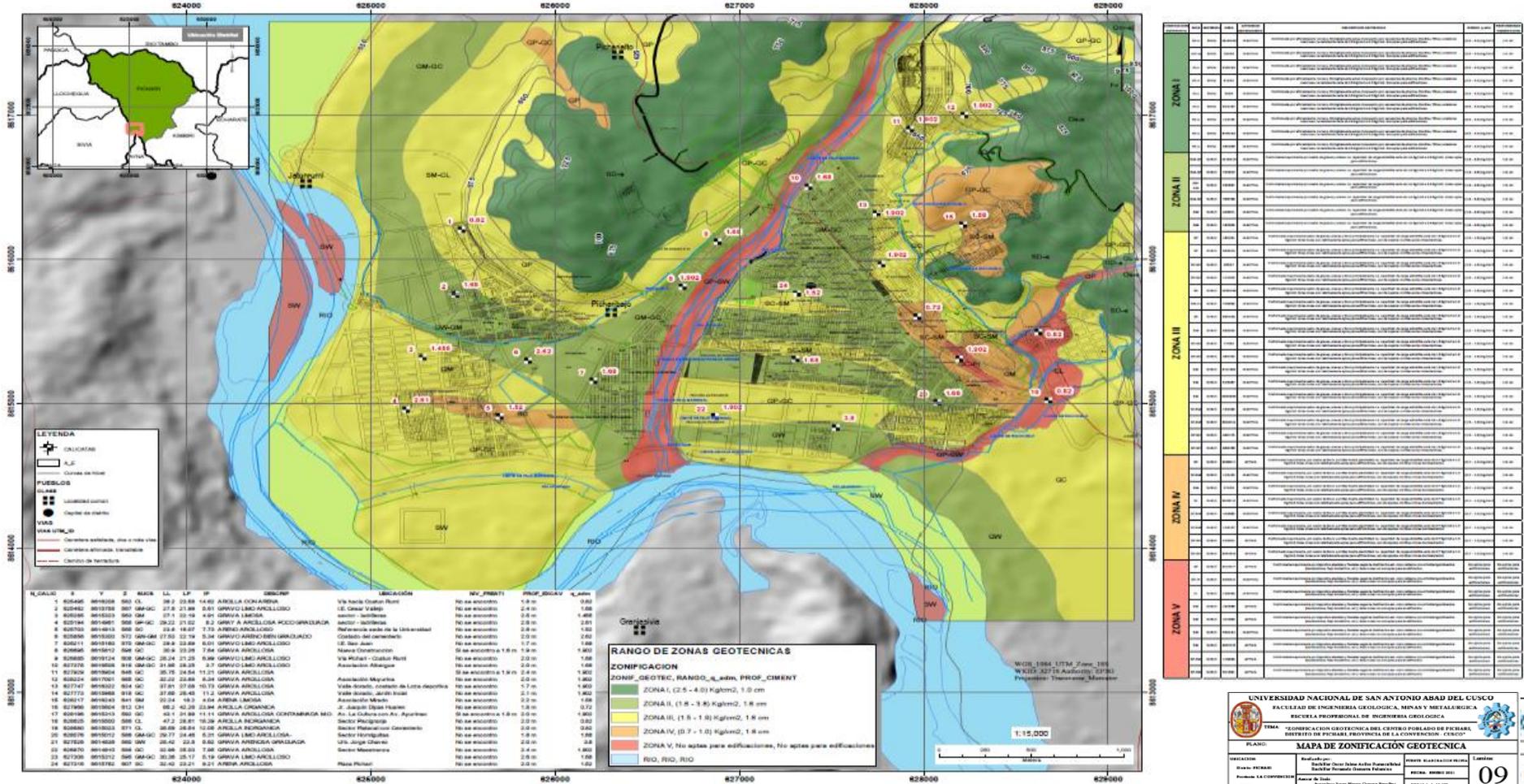
ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	ÁREA (m2)
ZONA I	3125096.4
ZONA II	3584784.4
ZONA III	8375776.2
ZONA IV	788649.7
ZONA V	1105970.8
RIO	609284.6
TOTAL	17589562.1



Fuente: Estudio de Geotecnia, 2017

Mapa N° 9: MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO

MAPA DE ZONIFICACION GEOTECNICA



CONCLUSIONES

1. Se cumplió el objetivo de determinar la zona de exploración para la investigación en los suelos del Distrito de Pichari, para ello se determinó la cantidad y el lugar de los puntos a muestrear, teniendo en consideración la topografía y el plano catastral; realizándose la exploración de 24 puntos por medio de excavación a cielo abierto de 1m a 3 m de profundidad.
2. Se han identificado y caracterizado unidades geológicas, a partir del mapa geológico de los cuadrángulos de Llohegua, Rio Picha y San Francisco, hojas: 25-o,25-p y 26-o , elaboradas por INGEMMET cuyas edades cronológicas varían desde el Proterozoico, Paleozoico, Mesozoico y el Cenozoico en que se contempla los depósitos cuaternarios.
3. Según el mapa de pendientes en el distrito de Pichari predominan en su mayor extensión las pendientes empinadas que van de 25-50% y extremadamente empinada a más de 75%.
4. El relieve del Distrito de Pichari está ampliamente extendido sobre una geomorfología montañosa, en el cual la litología que predomina es la metamórfica, representado por el Grupo San José, Grupo Cabanillas y las formaciones Sandía y Ananea. También por la parte Norte y Noreste del territorio se aprecian una litología no muy predominante de rocas sedimentarias representadas por el Grupo Ambo, Tarma, Copacabana y Oriente. Toda esta presencia del tipo de litología hace que el ámbito de estudio muestre una geomorfología típica, bien definida y caracterizada.
5. Las unidades geológicas presentan ambientes sedimentarios diversos desde marino y ambientes metamórficos.
6. La unidad Lito estratigráfica de mayor antigüedad dentro del ámbito de estudio corresponde al complejo Metamórfico de Cielo Punku, de edad precámbrica que cubren la las partes altas del distrito de Pichari. La litología está definida por Gneis, Granulitas.

7. El análisis multicriterio de las variables como la geología, geomorfología, etc. permite cuantificar y discriminar las mismas para un mejor modelo, que se aproxime a la realidad.

8. El Los trabajos de exploración geotécnica realizados han permitido caracterizar el terreno de fundación de todo el área urbana y se ha podido delimitar cinco zonas geotécnicas, de las cuales la Zona I presenta las mejores características, estando conformado por la parte del valle y la zona consolidada de la ciudad, la Zona II está conformada por la zona de, donde se ha proyectado la expansión urbana, la Zona III A y B están conformado por suelos de comportamientos especiales y áreas de topografía agreste que presentan niveles de peligro moderados, y finalmente la Zona IV que es la zona más desfavorable para el desarrollo urbano.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar las unidades geomorfológicas del distrito de Pichari, ya que es muy importante como una herramienta para la planificación del desarrollo, el inventario y evaluación de los recursos naturales, conservación del medio ambiente, estudio fisiográfico, estudio de suelos, capacidad de uso mayor de la tierra, así como contribuir con el análisis especial de la vegetación y de los tipos de bosques.
2. En referencia a la construcción de asentamientos poblacional humano se recomienda su construcción preferentemente en llanuras no inundables, por la cercanía a los cursos de agua y su relativa estabilidad ante los procesos geodinámicos.
3. Promover la difusión, discusión y aplicación de los procesos y resultados obtenidos, con las entidades involucradas en la Gestión de riesgo de desastres (GRD) CENEPRED, INDECI e INGEMMET, incluyendo a los Gobiernos Regionales y Locales.
4. Se recomienda hacer estudios hidrológicos e hidrogeológico para un mejor análisis en el sistema de aguas superficiales y subterráneas.
5. Se recomienda realizar estudios geofísicos, a través de estos equipos sondear los datos de la profundidad de los estratos en cuanto a los depósitos cuaternarios de la zona de estudio.
6. Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Pichari, a través de su área de gestión de riesgos y peligros, implementar programas de monitoreo y evaluación, en cumplimiento a las normas de Defensa Civil, como medida de prevención ante la ocurrencia de cualquier tipo de fenómeno geodinámico.
7. Desarrollar programas de entrenamientos a los vecinos para que puedan identificar los diferentes fenómenos geodinámicos.

BIBLIOGRAFÍA

- MONGE R., VALENCIA M., SANCHEZ J. (1998). Boletín N° 120, serie a: carta geológica nacional, geología de los cuadrángulos de Llochegua, Rio Picha y San Francisco (Hojas: 25-o, 25-p y 26-o). Lima, Perú.
- VILLOTA, H. (1991). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las Tierras. Primera Parte, Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- VILLOTA, H. (1992). El Sistema CIAF de Clasificación Fisiográfica del Terreno. Vol. 13, No. 1, Santa Fe de Bogotá: REVISTA CIAF.
- VILLOTA, H. (1997). Una Nueva Aproximación a la Clasificación Fisiográfica del Terreno. Vol. 15, No. 1, Santa Fe de Bogotá: REVISTA CIAF.
- CARVAJAL, H.; CORTES, R.; ROMERO, F.; MSC. MONTERO, J. Y CALDERÓN, Y; INGEOMINAS. (2004). Colombia Propuesta Metodológica para el desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica. Bogotá, Colombia.
- PÉREZ L., HERNÁNDEZ R., ROSETE F., VILLALOBOS M. Y MÉNDEZ A. (2011). “Unidades morfométricos del relieve mexicano, a escala 1:250 000 plataforma geomorfológica para la ordenación ecológica territorial”. México.
- LINARES C. RICARDO A. (2012). Análisis geomorfológico de la DAO usando GIS; Universidad Nacional Autónoma de México – Facultad de Ingeniería. México.
- CARLOTTO, V.; JAILLARD, E. Y MASCLE, G. (1992) - Relación entre sedimentación, paleogeografía y tectónica en la región de Cusco (sur del Perú) entre el Jurásico superior - Paleoceno. Boletín Sociedad Geológica del Perú, (83): 1-20.
- MONSELVAN SAENZ, G. (1999). Hidrología en la Ingeniería. 2da Edición, Editorial: Escuela Colombiana de Ingeniería.

- VAZQUEZ VILLANUEVA, A. (1997). Manejo de Cuencas Alto Andinas. Edición: Escuela Superior de Administración de Aguas “Charles Sutton”.
- REYES CARRASCO, L. (1992). Hidrología Básica. 1ra Edición, Universidad Nacional de Ingeniería.
- VEN TE CHOW, MAIDMENT R. DAVID, MAYS W. LARRY, Traducido por: SALDARIAGA G. (1994). Hidrología Aplicada. Editorial Interamericana S.A. McGraw Hill. Santa Fe de Bogotá – Colombia.
- VILLON BEJAR, M. (2005). Hidrología. 2da Edición, Editorial Villón.
- CARREÑO Y KALAFATOVICH (2006) - The Alcamayo and Cedrobamba catastrophie debris flow (January, March and April 2004) in Machupicchu area-Perú. Landslides 3:79-83.
- CENEPRED (2013) - Manual para la evaluación de riesgos originados por Fenomenos Naturales. Lima. Obtenido de <http://www.cenepred.gob.pe/web/nosotros/>
- CÓRDOVA, E. (1986) - Un bassin intramontagneux andin peruvien. Les couches rouges du bassin de Cuzco (Maestrichtien- Paleocene). Docteur du 3ème cycle, Université de Pau et des Pays de L’Adour, Laboratoire de Geodynamique des Bassins Sedimentaires, Pau, 272 p.
- CÓRDOVA, E.; ESCOBEDO, R. Y GÁRATE, V. (1994) - Evolución tectónica sedimentaria de la cuenca cuaternaria del Cusco: Formación San Sebastián. En: Congreso Peruano de Geología, 8, Lima, 1994. Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 225-227.
- CRUDEN, D. (1991) - A Simple definition of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, v. 43, p. 27-29.

- CRUDEN, D., Y VARNES, D. (1996) - Landslide Types and Processes, Special Report, Transportation Research Board, National Academy of Sciences.
- DÁVILA, J. (2011) - Diccionario Geológico. Lima.
- DOUBINGER, J. Y MAROCCO, R. (1981) - Contenu palynologique du Groupe Copacabana (Permien inférieur et moyen) sur la bordure sud de la Cordillère de Vilcabamba, región de Cuzco (Pérou). *Geologische Rundschau*, 70(3): 1086-1099.
- ERICKSEN, G.E.; FERNÁNDEZ CONCHA, J. Y SILGADO, E. (1954) - The Cuzco, Perú, earthquake of may 21, 1950. *Bulletin Seismological Society of America*, 44(2A): 97-112.
- GREGORY, H.E. (1916) - A geological reconnaissance of the Cuzco valley, Peru. *American Journal of Sciences*, 41(241): 1-100.
- HUNGR, O., EVANS, S. G., BOVIS, M., Y HUTCHINSON, J. (2001) - Review of the classification of landslides of the flow type: *Environmental and Engineering Geoscience*.
- JAILLARD, E.; CAPPETTA, H.; ELLENBERGER, P.; FEIST, M.; GRAMBAST-FESSARD, N., (1991) - Estratigrafía, sedimentología y correlaciones de la Formación Vilquechico (Senoniano, Sur del Perú).
- KALAFATOVICH, C. (1955) - El fósil de Gliptodonte hallado en el Cusco. *Revista Universitaria, Univ. Nac. San Antonio Abad del Cusco*, (108): 150- 156.
- KALAFATOVICH, C. (1957) - Edad de las calizas de la Formación Yuncaypata, Cuzco. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (32): 125-139.
- DEMEK, J. (1972) - *Manual of detailed geomorphological Mapping Academia, Prague*.

- KHOBZI, J. (1978) – Aspectos de geomorfología peri glaciar, glaciar y fluvio-glaciar en las montañas tropicales húmedas norandinas, Bogotá.
- DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO (2015). Manual de estandarización de depósitos cuaternarios para cartografiado geológico. Lima: INGEMMET.
- GABELMAN, J.W. Y JORDAN, V. (1964) Geology of the Cuzco-Anta-Urubamba area, Cuzco Department, Peru. Washington, D.C.: Atomic Energy Commission, Division Technical Information, 95 p., RME 4584.
- GOBIERNO REGIONAL CUSCO, (2012, 2013, 2014 y 2015). Proyecto de Fortalecimiento del Desarrollo de Capacidades en Ordenamiento Territorial-FOT.
- MERCEDES M. Y MÁLAGA L. (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Lima: CENEPRED.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2017). Obtenido de: <http://www.rae.es/>
- SUÁREZ Z. Y SUÁREZ S. (2006). Caracterización, análisis y diagnóstico de los flujos de lodos y detritos en la cuenca de la quebrada Angulito en Girón, Santander, Colombia.
- MORA, S. Y VARHSON, W. G. (1993).- Determinación a priori de amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos, Rev. Tecnología ICE, 3(1): 32-42.
- MORA S. Y WAHRSON W.G. (1993) - Determinación a priori de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. Revista tecnología ICE, 3 (1): 32-42.
- RAMÍREZ, J. (1958) - Mamíferos fósiles del Departamento del Cusco. Tesis Doctoral, Universidad Nacional San Antonio Abad, Cusco, 87 p.

- SILGADO, E. (1978) - Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974). Instituto de Geología y Minería, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica, 3, 130p.
- TOSKANO G. B. (2005). El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Facultad de Ciencias Matemáticas. UNMSM – Perú.
- VARNES, D. J. (1978) - Slope movements types and processes, en Schuster R.L.
- WILSON, J.J. (1963) - Cretaceous stratigraphy of Central Andes of Peru. AAPG Bulletin, 47(1):1-34.
- CASTRO, W. (2010). Geología, Informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac - VRA. Iquitos – Perú

ANEXOS

ANEXO N° 1

MANUAL DE ESTANDARIZACIÓN DE DEPÓSITOS CUATERNARIOS PARA CARTOGRAFIADO GEOLÓGICO – INGEMMET

INTRODUCCIÓN

Los depósitos de edad Cuaternario corresponden a capas de sedimentos y rocas superficiales que no están consolidados y tienen edades que no exceden a los 2.58 Ma de antigüedad. La clasificación de estos depósitos se basa en la denominación genética que presentan estas capas, y fueron anteriormente propuestas por la Dirección de Geología Ambiental del INGEMMET (Gradusov, 2002; Tinta, 2000; y Lazukov, 1970). Mencionados autores consideran como parte de los depósitos del Cuaternario a los materiales residuales de la roca erosionada in situ, los materiales transportados compuestos de minerales, rocas y fragmentos orgánicos depositados por el agua, viento, hielo, gravedad, o cualquier combinación de estos agentes, los materiales acumulados de origen biológico, material trasladado y depositado por la acción humana y sedimentos piroclásticos no consolidados.

Los materiales superficiales se clasifican según su modo de formación. Los procesos específicos de erosión, el transporte, la deposición, desgaste de masa e intemperismo producen materiales que tienen un conjunto específico de características físicas que son de crucial ayuda para diferenciarlos.

METODOLOGÍA

COLORES

Los colores para los depósitos cuaternarios se han definido en base al criterio de uso que tradicionalmente se han empleado en los mapas geológicos a escala 1:100,00 y 1:50,000 a nivel nacional por la Dirección de Geología Regional del INGEMMET. Estableciéndose de este modo el color gris como característico del Sistema Cuaternario (Fig.1) para depósitos superficiales. En algunos casos se ha considerado conveniente usar tramas para diferenciarlos de mejor manera.

ERATEMA	SISTEMA		SERIE	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Q	HOLOCENA	Qh
			PLEISTOCENA	Qp
	NEOGENO	N	PLIOCENA	Np
			MIOCENA	Nm
	PALEOGENO	P	OLIGOCENA	Po
			EOCENA	Pe
			PALEOCENA	Pp

Figura 1. Colores establecidos para los depósitos cuaternarios (Indicados en cuadro rojo).

ETIQUETAS

La etiqueta de un depósito es el conjunto de letras y símbolos ordenados en base a una estructura que define la edad, denominación genética y litología de un depósito cuaternario. Por tanto, la estandarización de las etiquetas se realizó recopilando los diferentes términos que se han usado hasta la fecha y adecuarlo al cuadro estándar que se muestra en el cuadro mostrado abajo.

Nomenclatura de las etiquetas

Para establecer la nomenclatura correcta y uniforme para los depósitos cuaternarios se ha tomado en cuenta la siguiente sucesión, separado necesariamente por un guion (-):

UNIDAD	-	NOMBRE	-	LITOLOGÍA
CRONOESTRATIGRAFI		GENETICO		

Por ejemplo:

- Depósitos Aluviales : Q-al
- Depósito Volcánico – Bloques y cenizas : Q-vl-bl,ce
- Depósito Químico – Travertinos : Q-qm-tr

Unidad Cronoestratigráfica (Edad)

Para nombrar la edad de los Depósitos Cuaternarios se tomó como referencia la tabla cronoestratigráfica, donde se tendrá que nombrar en base a estos dos casos:

Nombre Genético (Tipo de Depósito)

Para nombrar a estos depósitos se usará las dos primeras letras del depósito separado de la edad por un guion (-).

En caso de que exista combinaciones de depósitos se usará la primera letra de cada depósito. Por ejemplo: Depósito Fluvio - glaciár (Q-fg).

Para los depósitos que son clasificados en varios eventos se le agregará el evento como número después del nombre del depósito. Por ejemplo: Depósito Aluvial (Q-a11)

Tabla 1. Clasificación de depósitos cuaternarios (modificado de Gradusov, 2002); Tinta, 2000; Lazukov et al., 1970 y de la última versión del instructivo para la elaboración de mapas de la Dirección de Geología Ambiental (D GAR v01-2014).

Nº	NOMBRE GENÉTICO	ABREV.	AGENTES FORMADORES	CARACTERÍSTICAS LITOESTRATIGRAFICAS	SINONIMOS MAS FRECUENTES
1	Depósito Residual	Q-re	Alteración físico-química	Derivado de la descomposición física y química de la roca in situ (proceso de meteorización intensa). No son suelos transportados, en parte conservan la estructura de la roca original.	Suelo Residual
			Abundante humedad y lluvias		Saprolito
			Fuertes cambios de temperatura		Regolito
					Suelos tropicales
					Eluviales
2	Depósito Fluvial	Q-fl	Corrientes de agua ríos principales	Fragmentos rocosos heterométricos (arenas, cantos, bolos, etc.) transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas, removibles por el curso actual del río y ubicados en su llanura de inundación.	Deltaicos de río
3	Depósito Aluvial	Q-al	Corrientes de agua ríos principales	Fragmentos heterométricos y heterogéneos en litología (arenas, cantos, bolos, etc.), redondeados a subredondeados transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en forma de terrazas, abanicos aluviales extensos. Incluye también los depósitos de piedemonte con topografía de glaciés que descienden de los sistemas montañosos.	Piedemonte
			Corrientes temporales de aguas de lluvia	Fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc.), con relleno limo arenoso-arcilloso depositado en el fondo de valles tributarios y conos deyección en la confluencia con el río. Material arrastrado y lavado por la lluvia. Cualquier tipo de suelo cuaternario que ha sufrido movimiento o proceso de reacomodo lento o escurrimiento	Aluviación
		Saturación de suelos	Aluvional		
		Ríos	Huayco		
		Flujo de detritos	Flujos de lodo		
					Cascajales
					Llollas

Nº	NOMBRE GENÉTICO	ABREV.	AGENTES FORMADORES	CARACTERÍSTICAS LITOESTRATIGRAFICAS	SINONIMOS MAS FRECUENTES
4	Depósito	Q-pl		rápido y bajo el influjo de la fuerza de la presión de carga por hidratación. Depósitos granulares: Cantos y gravas redondeadas	Saturación del suelo
5	Depósito Deluvial	Q-dl	Erosion de suelos	Capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos, que se depositan y cubren las laderas de cerros, con taludes suaves a moderados; depósitos de ladera removidos por aena de lluvia	Derrubios de ladera
			Gravedad		Coluviales
			Lluvias		Pedregales
			Viento		Piedemontes
			Reptación de suelos		Glacis
6	Depósito Coluvial	Q-cl	Intemperismo	Bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, acumulados al pie de taludes escarpados, en forma de conos. Los bloques angulosos más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son sueltos sin cohesión. Taludes de reposo poco estables.	Conos de derrubio
			Gravedad		Coluviones
			Movimientos telúricos		Talud
			Topling, caída de rocas		Pedregales
			Derrumbes sin presencia de agua		Canchales
			Desequilibrios de taludes		
			Movimientos telúricos		
7	Depósitos Lacustrinos	Q-la	Represamientos Naturales	Sedimentos muy finos arcillo-limosos a veces con intercalaciones de lentes arenagavosos. Estratificado en capas muy finas denominadas "varves". También ocurren intercalaciones con lentes orgánicos.	Lagunares
			Decantacion de finos en aguas tranquilas		Lacustres
			Zonas Endorreicas		

Tabla 2. Estandarización de etiquetas para depósitos superficiales propuesto por la Dirección de Geología Regional del INGEMMET.

N°	ETIQUETA NUEVA		ETIQUETA ANTIGUA	
	NOMBRE	DEPÓSITO SUPERFICIAL	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Q-an	Depósito Antropógeno	Q-ant	Zonas de cultivo
				Sedimentos de relave
				Basural
2	Q-re	Depósito Residual	Q-el	Depósito eluvial
3	Q-fl	Depósito Fluvial	Q-fl	Depósito fluvial
4	Q-al	Depósito Aluvial (1, 2, 3, 4, 5)	Q-al	Depósito aluvial (1, 2, 3, 4, 5)
			Q-t	Terraza aluvial
			Q-lli	Depósito de llanura de
			Q-aba	Abanicos aluviales
				Conos de deyeccion
5	Q-pl	Depósito Proluvial	Q-fb	Flujos de barro
6	Q-cl	Depósito Coluvial	Q-alu	Depósito aluvional
			Q-co	Depósito coluvial
			Q-dl	Depósito de deslizamiento
7	Q-cd	Depósito Coluvio-Deluvial	Q-e	Escombros
8	Q-ca	Depósito Coluvio-Aluvial	Q-cd	Dep. coluviodeluvial
9	Q-la	Depósito Lacustrino	Qh-coal	Depósito coluvio-aluvial
			Q-la	Depósito lacustre
			Qm-la	Depósito mixto - lacustre
			Q-lg	Depósito lagunares
			Q-gl	Depósito glaciar
10	Q-gl	Depósito Glaciar (1, 2, 3)	Q-mo	Depósito morrénico
11	Q-fg	Depósito Fluvio-glaciar	Q-fg	Depósito fluvio-glaciar
			Q-gf	Depósito glaciofluvial
12	Q-vl	Depósito Volcánico y volcanoclástico	Q-pi	Depósito de piroclastos
			Q-c	Cenizas volcánicas
			Q-ce	Depósito de cenizas
			Q-pi	Flujos piroclásticos
			Q-ct	Caida de tefras
			Q-v	Depósito volc. Actual
			Q-bf	Áreas pantanosas
			Q-bo	Bofedal
				Pantano
			Q-h	Humedal
13	Q-bi	Depósito Biogénico	Q-tr	Depósito de travertinos
14	Q-qm	Depósito Químico	Q-s	Depósito de sinter
15	Q-eo	Depósito Eólico	Q-e	Depósito eólico
16	Q-ma	Depósito Marino	Q-ma	Depósito marino
			Q-cl	Depósito de cordón litoral
			Q-cl	Dep. mixtos de cordón litoral
			Q-pi	Depósito de playa

Unidad litológica

La litología se usará exclusivamente en Depósitos Volcánicos y Depósitos Químicos, donde se incluye la litología después de la denominación genética separado por un guion (-). La abreviatura de la litología se basa en el cuadro estandarizado de nomenclatura de rocas establecido por la Dirección de Geología Regional.

Códigos de color

El código de color es un “número” que representa el valor RGB que corresponde a cada etiqueta o Depósito Cuaternario en base a lo establecido en el ítem 9.4.1 (acerca de los Colores), descrito arriba.

Tabla 3. Etiquetas propuestas por la Dirección de Geología Regional del INGEMMET. Lo seleccionado en gris es lo que se usa actualmente en el INGEMMET.

ETIQUETA PROPUESTA				ETIQUETA ANTIGUA (Fuente: Mapas geológicos INGEMMET)				
	COD	NOMBRE	DEPÓSITO SUPERFICIAL	COD	NOMBRE	DESCRIP		
HOLOCENO	2034	Qh-an	Depósitos antropógenos	2034	relaves	ZONA DE RELAVES		
	64	Qh-fl	Depósitos fluviales	4095	Q-ant	Zona de cultivo		
	4	Qh-cl	Depósitos coluvial	64	Qh-fl	Dep. fluviales - Gravas y arenas en matriz		
	78	Qh-la	Depósitos lacustrinos	122	Qr-fl	Dep. Fluvial		
	382	Qh-ma	Depósitos marinos	1486	Qr-fl	Dep. fluviales recientes		
						2494	Qh-fl	Cuaternario fluvial (gris)
						2714	Qh-fl_1	Cuaternario holoceno,
						2715	Qh-fl_2	Cuaternario holoceno,
						2716	Qh-fl_3	Cuaternario holoceno,
						4897	Qh-tf1	Depósitos fluviales
						4896	Qh-tf2	Depósitos fluviales
				4	Qh-co	Dep. Coluvial		
				128	Qh-co	Dep. coluviales - Gravas y bloques subangulosos con matriz areniscosa v Dep. de deslizamientos - Fragmentos		
				1909	Qh-dl	subangulosos caoticos		
				2073	Qh-d	Dep. de deslizamiento		
				567	Qh-etr	Escombros, Escombros		
				3923	Qh-e	Escombros, grandes		
				78	Qh-la			
				1105	Qr-l	Dep. lacustres		
				1314	Qr-mla	Dep. mixtos lacustre		
				2142	Qh-lac	Dep. lacustrino		
				3529	Qh-la	Dep. lacustrino, arcillas		
				3879	Qrm-la	Dep. mixtos lacustres		
				346	Qh-lg	Dep. Lagunar		
				2348	Qh-lgsa	Dep. Lagunares		
				382	Qr-m	Depósitos marinos		
				1710	Qh-m	Dep. marinos		
				1946	Qh-m	Dep. marino		
				4332	Qh-ma	Cuaternario		
				3527	Qh-m1	Dep. marino, material		
				1106	Qr-cl	niveles de arena fina Dep. cordón litoral		
				3880	Qrm-cl	Dep. mixtos cordón litoral		
				1300	Qr-ml	Dep. de Playa		
				3878	Qrm-pl	Dep. mixtos de playa		
				5061	Qh-p	Depósito de playa		
	4898	Qh-ma4	Depósitos marinos	4898	Qh-tm4	Depósitos marinos		
	4899	Qh-ma3	Depósitos marinos 3	4899	Qh-tm3	Depósitos marinos		
	4900	Qh-ma2	Depósitos marinos	4900	Qh-tm2	Depósitos marinos		
	4901	Qh-ma1	Depósitos marinos 1	4901	Qh-tm1	Depósitos marinos		
				70	Qh-bf	Áreas pantanosas		

	ETIQUETA PROPUESTA			ETIQUETA ANTIGUA (Fuente: Mapas geológicos INGEMMET)		
	COD	NOMBRE	DEPÓSITO SUPERFICIAL	COD	NOMBRE	DESCRIP
HOLOCENO	2034	Qh-an	Depósitos antropógenos	2034	relaves	ZONA DE RELAVES
				4095	Q-ant	Zona de cultivo
	64	Qh-fl	Depósitos fluviales	64	Qh-fl	Dep. fluviales - Gravas y arenas en matriz
				122	Qr-fl	Dep. Fluvial
				1486	Qr-fl	Dep. fluviales recientes
				2494	Qh-fl	Cuaternario fluvial (gris)
				2714	Qh-fl_1	Cuaternario holoceno,
				2715	Qh-fl_2	Cuaternario holoceno,
				2716	Qh-fl_3	Cuaternario holoceno,
				4897	Qh-tf1	Depósitos fluviales
			4896	Qh-tf2	Depósitos fluviales	
			4	Qh-co	Dep. Coluvial	
					Dep. coluviales - Gravas y bloques subangulosos con matriz areniscosa y Dep. de deslizamientos - Fragmentos	
			128	Qh-co	Dep. de deslizamientos - Fragmentos	
			1909	Qh-dl	subangulosos caoticos	
			2073	Qh-d	Dep. de deslizamiento	
			567	Qh-etr	Escombros, Escombros	
			3923	Qh-e	Escombros, grandes	
			78	Qh-la		
			1105	Qr-l	Dep. lacustres	
			1314	Qr-mla	Dep. mixtos lacustre	
			2142	Qh-lac	Dep. lacustrino	
			3529	Qh-la	Dep. lacustrino, arcillas	
			3879	Qrm-la	Dep. mixtos lacustres	
			346	Qh-lg	Dep. Lagunar	
			2348	Qh-lgsa	Dep. Lagunares	
			382	Qr-m	Depósitos marinos	
			1710	Qh-m	Dep. marinos	
			1946	Qh-m	Dep. marino	
			4332	Qh-ma	Cuaternario	
			3527	Qh-m1	Dep. marino, material	
			376	Qh-bf1	bofedal	
			1661	Qh-b	Bofedales	
			1979	Qh-bo	Dep. de bofedal - Intercalacion de limos,	
			4895	Qh-h	Humedales	
			871	Qh-p	Depósito palustre	
			2626	Qh-pr	Depósito palustre, Limos y arcillas con materia	
			4993	Qh-pa	Depósitos palustres recientes, constituidos	
			5299	Qh-pa	Depósitos palustre, Limos y arcillas con materia	
			22	Qhr-pi	Depósitos piroclásticos	
			1693	Qh-c	Cenizas volcánicas	

	ETIQUETA PROPUESTA			ETIQUETA ANTIGUA (Fuente: Mapas geológicos INGEMMET)		
	COD	NOMBRE	DEPÓSITO SUPERFICIAL	COD	NOMBRE	DESCRIP
HOLOCENO	2034	Qh-an	Depósitos antropógenos	2034	relaves	ZONA DE RELAVES
	64	Qh-fl	Depósitos fluviales	4095	Q-ant	Zona de cultivo
	4	Qh-cl	Depósitos coluvial	64	Qh-fl	Dep. fluviales - Gravas y arenas en matriz
	78	Qh-la	Depósitos lacustrinos	122	Qr-fl	Dep. Fluvial
	382	Qh-ma	Depósitos marinos	1486	Qr-fl	Dep. fluviales recientes
	1693	Qh-vl	Depósitos volcánicos y	2494	Qh-fl	Cuaternario fluvial (gris)
	474	Qh-ca	Depósito Coluvio-aluvial	2714	Qh-fl_1	Cuaternario holoceno,
	448	Qh-pl	Depósitos Proluviales	2715	Qh-fl_2	Cuaternario holoceno,
				2716	Qh-fl_3	Cuaternario holoceno,
				4897	Qh-tf1	Depósitos fluviales
			4896	Qh-tf2	Depósitos fluviales	
			4	Qh-co	Dep. Coluvial	
			128	Qh-co	Dep. coluviales - Gravas y bloques subangulosos con matriz areniscosa v Dep. de deslizamientos - Fragmentos	
			1909	Qh-dl	subangulosos caoticos	
			2073	Qh-d	Dep. de deslizamiento	
			567	Qh-etr	Escombros, Escombros	
			3923	Qh-e	Escombros, grandes	
			78	Qh-la		
			1105	Qr-l	Dep. lacustres	
			1314	Qr-mla	Dep. mixtos lacustre	
			2142	Qh-lac	Dep. lacustrino	
			3529	Qh-la	Dep. lacustrino, arcillas	
			3879	Qrm-la	Dep. mixtos lacustres	
			346	Qh-lg	Dep. Lagunar	
			2348	Qh-lgsa	Dep. Lagunares	
			382	Qr-m	Depósitos marinos	
			1710	Qh-m	Dep. marinos	
			1946	Qh-m	Dep. marino	
			4332	Qh-ma	Cuaternario	
			3527	Qh-m1	Dep. marino, material	
			1878	Qh-ce	Dep. holoceno de cenizas	
			5422	Qh-v	Volcánico actual	
			474	Qh-coal	Dep. coluvial-aluvial, con fragmentos	
			5043	Qh-co-al	Deposito coluvio-aluviales	
			517	Qh-alu	Dep. Aluvional	
			2150	Qh-fb	Flujo de barro reciente	
			3328	Qh-lh	Dep. de flujos de barro	
			448	Qr-fg	Dep. Flujo de Barros	
			21	Qh-e	Dep. eólico	
			27	Qr-e	Dep. eólico (antes Q-pl,	
			159	Qr-e	Dep. eólico	

	ETIQUETA PROPUESTA			ETIQUETA ANTIGUA (Fuente: Mapas geológicos INGEMMET)		
	COD	NOMBRE	DEPÓSITO SUPERFICIAL	COD	NOMBRE	DESCRIP
HOLOCENO	2034	Qh-an	Depósitos antropógenos	2034	relaves	ZONA DE RELAVES
	64	Qh-fl	Depósitos fluviales	4095	Q-ant	Zona de cultivo
	4	Qh-cl	Depósitos coluvial	64	Qh-fl	Dep. fluviales - Gravas y arenas en matriz
	78	Qh-la	Depósitos lacustrinos	122	Qr-fl	Dep. Fluvial
	382	Qh-ma	Depósitos marinos	1486	Qr-fl	Dep. fluviales recientes
	21	Qh-eo	Depósitos Eólicos	2494	Qh-fl	Cuaternario fluvial (gris)
	3535	Qh-eo3	Depósitos eólicos 3	2714	Qh-fl_1	Cuaternario holoceno,
	3536	Qh-eo2	Depósitos eólicos 2	2715	Qh-fl_2	Cuaternario holoceno,
	3170	Qh-eo1	Depósitos eólicos 1	2716	Qh-fl_3	Cuaternario holoceno,
	1879	Qh-re	Depósitos residuales	4897	Qh-tf1	Depósitos fluviales
				4896	Qh-tf2	Depósitos fluviales
				4	Qh-co	Dep. Coluvial

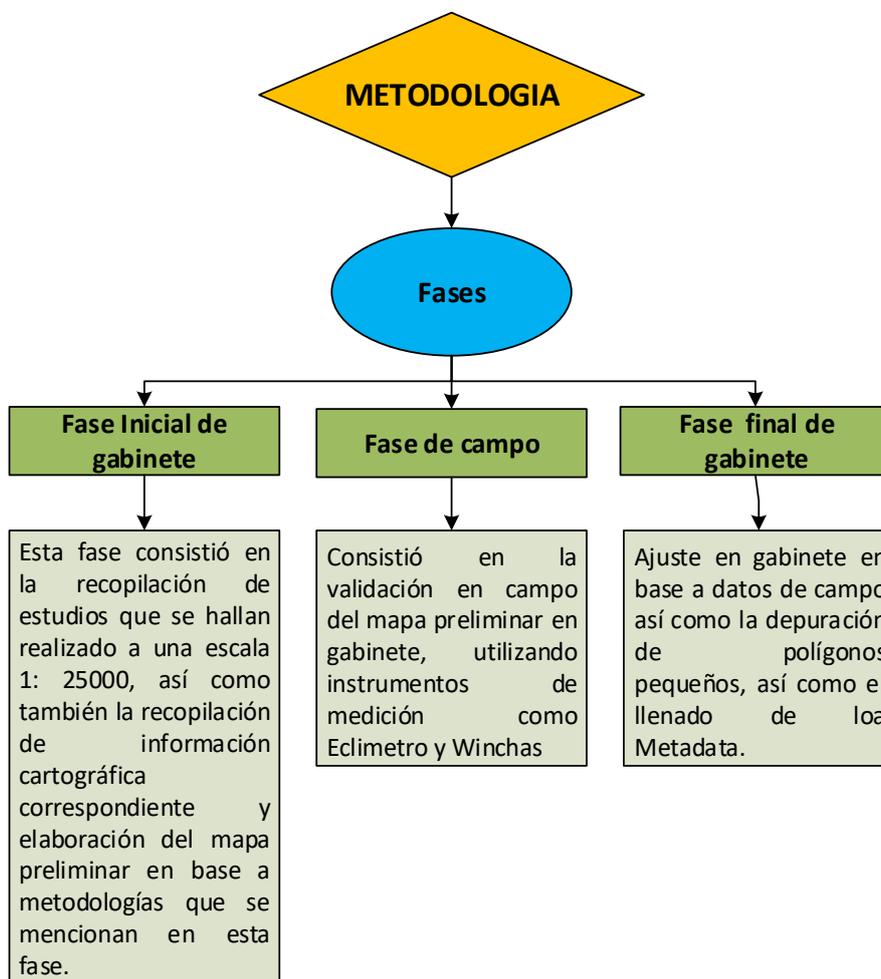
ANEXO N° 2

ESQUEMA METODOLÓGICO PARA ESPECIALIZAR UNIDADES DE PENDIENTES

Para la elaboración del presente estudio se utilizó diferentes metodologías realizadas en los procesos de Zonificación Ecológica Económica así como los rangos de pendientes establecidas en el reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor (DS N° 017 0 2009 AG).

En general las diferentes actividades desarrolladas se describen en las siguientes etapas de trabajo.

Gráfico N° 01: Esquema metodológico



FASE INICIAL DE GABINETE

Elaboración del Modelo de Elevación Digital - DEM

En esta fase, se recopiló información cartográfica correspondiente a la configuración topográfica del territorio, para ello se empleó las curvas de nivel de la base cartográfica 1:25,000, que para el caso del ámbito de estudio consta de una colección de 6 hojas. , se generó un Modelo de Elevación Digital (DEM o TIN), que es una estructura vectorial utilizada para construir modelos digitales de terreno.

El TIN o DEM fue convertido en un formato raster, a fin de ser el modelo de datos en el que la realidad se representa mediante celdas elementales que van a formar un mosaico regular, cada celda del mosaico es una unidad de superficie que recoge el valor medio de la variable representada (altitud).

Clasificación de los Rangos de Pendiente

El paso siguiente fue determinar los rangos de pendiente tomando como referencia lo establecido en el Reglamento de Clasificación de Tierras D.S. N° 017/2009-AG, en donde se proponen 7 rangos para pendientes cortas, con los cuales se procedió a realizar la interpretación respectiva. Se acondicionó una base de datos en la cual se introdujeron todos los datos inherentes a las características topográficas de las unidades del terreno identificadas; se trabajó en la Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 19 sur, el Datum utilizado fue el WGS-84.

Una de las metodologías utilizadas fue el de los anillos móviles que agrupan rangos de pendientes relativamente homogéneos y se procede con la digitalización de un polígono que encierre dichas áreas de rangos relativamente similares, contrastando y guiándose con el modelo Slope creados en función de las 7 clases de pendientes que maneja el reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor; de la misma manera acompaño a esta metodología fue el método topográfico, esto con la finalidad de corroborar en lugares de incertidumbre por el método de los anillos móviles; esta metodología consta en la diferencia entre cotas dividida sobre la distancia de las mismas.

FASE DE CAMPO

Consistió en las salidas de campo, efectuado en varios itinerarios a lo largo de las unidades de muestreo identificadas del ámbito de estudio, donde en base al modelo de elevación digital y el apoyo de la imagen satelital, se observó la variabilidad de inclinación (pendientes) que presentan los suelos.



Foto: Eclímetro, este equipo mide la pendiente en grados y porcentajes.

Además, con la finalidad de comprobar la inclinación de los terrenos expresados mediante rangos de pendiente procesados en gabinete, se determinó de una manera práctica y sencilla la pendiente de estos en los lugares visitados, comprobando que los cálculos realizados en gabinete, en su mayoría tienen una aceptable aproximación con la realidad; los pasos son los siguientes:

Utilizando GPS, ubicarse en un punto del terreno del cual se desea determinar la pendiente.

Plantar una estaca, que vendría a ser el punto A.

De la base de esta estaca que coincide con la superficie superior del terreno, tirar horizontalmente un cordel hasta una longitud de 100 cm, que debe nivelarse en este sentido utilizando un nivel cuyo extremo sería el punto B.

A esta altura plantar otra estaca la que debe estar totalmente en forma vertical que marcaría el punto C en la parte inferior de la superficie del terreno; formándose un triángulo rectángulo.

Utilizando la wincha, medir la altura, desde donde alcanza los 100 cm horizontales, hasta la superficie inferior del terreno.

Se sabe que la pendiente es igual a la tangente y esta es igual al cateto opuesto entre el cateto adyacente y para expresarlo en porcentaje se multiplica por 100.

FASE FINAL DE GABINETE

Control de calidad

El procesamiento para la elaboración del mapa de pendientes en formato raster, ha generado por defecto pixeles aislados originando áreas muy pequeñas que para el nivel de escala resulta insignificante; por ello, el control de calidad se orienta a eliminar estos pixeles, los cuales mediante filtraciones que realiza el Arc Gis 10.3, se incorporan a los pixeles contiguos que están formando áreas más grandes; de esta manera, el producto final expresa áreas homogéneas.

ANEXO N° 3

CONCEPTOS DEL MÉTODO SEMIAUTOMÁTICO PARA LA DELIMITACIÓN DE CUENCAS

MODELO DIGITAL DEL TERRENO

Un Modelo Digital del Terreno (MDT), es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, como puede ser la temperatura, la altitud o la presión atmosférica. En el caso que la variable a representar es la cota o altura del terreno se denomina Modelo Digital de Elevación. (MDE) (Ver Fig.1 y Fig.2)

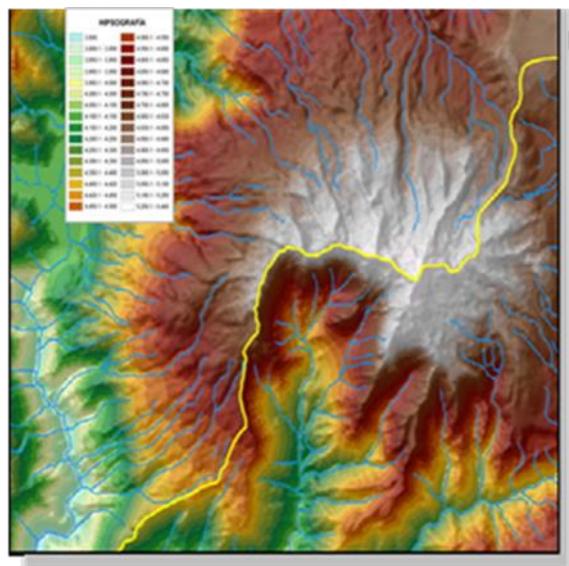


Figura 1

MODELO DIGITAL DE ELEVACION

El Modelo Digital de Elevación (MDE) es un Modelo Digital del Terreno cuyos datos almacenados representan valores de altitud.

En la actualidad es posible caracterizar la superficie y sobre todo, delimitar cuencas hidrográficas a partir de Modelos Digitales de Elevación (MDE).

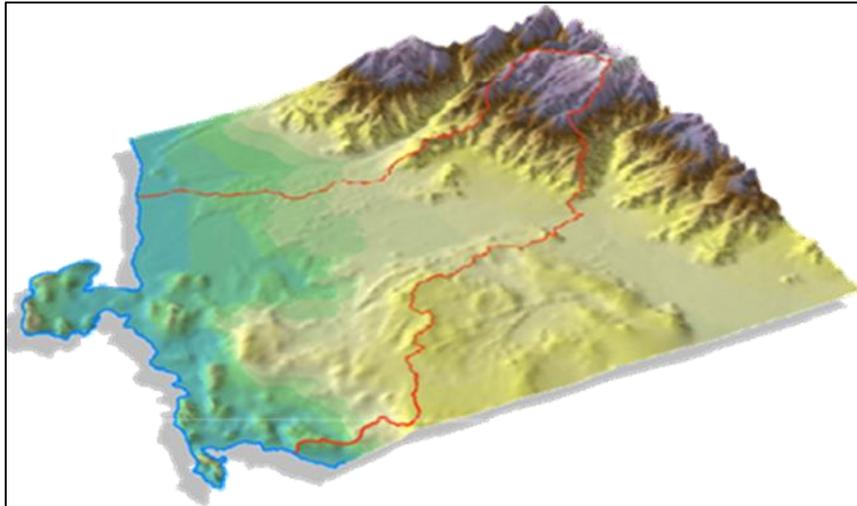


Figura 2

Estos modelos son simbólicos ya que establecen relaciones de correspondencia con el objeto real, mediante algoritmos matemáticos que son tratados mediante programas de información geográfica (software GIS) son estructuras de datos, no son sólo acumulaciones de cifras, sino que tienen una estructura interna con la cual deben interpretarse dichos datos.

Dirección de flujo (flow direction)

La dirección del flujo está determinada por la dirección más empinada de descendencia de cada celda o pixel. Esta se calcula como:

$$\text{Cambio de valor de } z / \text{distancia} * 100$$

La distancia se calcula entre los centros de las celdas. Por lo tanto, si el tamaño de la celda es de 1, la distancia ortogonal entre dos celdas es 1, y la distancia diagonal es 1,414.

El valor de salida de la dirección del flujo es un número entero (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128). Los valores para cada dirección del centro son los siguientes:

32	64	128
16		1
8	4	2

Figura 3

Por ejemplo, si la dirección de descenso más empinada está a la izquierda de la celda en proceso, su dirección del flujo sería codificada como 16.

Si la dirección de descenso a todas las celdas adyacentes tiene el mismo valor, la vecindad de ésta es ampliada hasta encontrar una empinada descendente mayor.

Si todas las celdas adyacentes son más altas que la celda en proceso, se considerará como ruido, y ésta será llenada con el valor más bajo de sus vecinos, y tendrá una dirección de flujo hacia esta celda. Sin embargo, si es una celda hundida cerca al borde físico de la matriz o que tenga al menos una celda adyacente sin datos (NODATA), entonces ésta no será llenada debido a la insuficiente información de la celda vecina. Para ser considerado como un verdadero sumidero de celdas, todas las celdas adyacentes deberán poseer información.

Este método, para la determinación de la dirección del flujo, se deriva de un modelo de elevación digital (DEM) que fue presentado por Jenson y Domingue (1988). (Ver fig. 4).

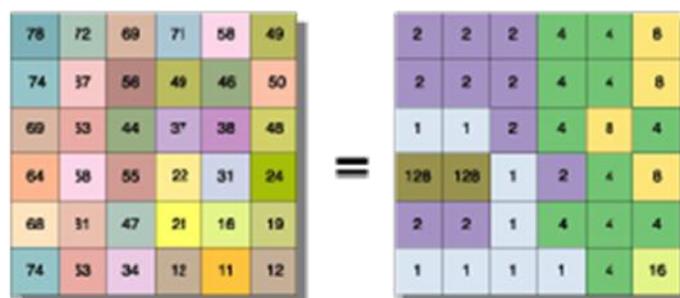


Figura 4

Acumulación de flujo (flow accumulation)

El resultado de la acumulación de flujo es una matriz que lo representa, matriz en la cual se calcula para cada celda un valor de acumulación de peso proveniente de todas las celdas que fluyen hacia ella. (Ver fig. 4)

El flujo acumulado está en función del número de celdas que fluyen hacia cada una de las celdas de la matriz de salida. La celda que está siendo procesada no se considera en tal acumulación. Las celdas de salida con una alta acumulación de flujo identifican o representan la red de drenaje.

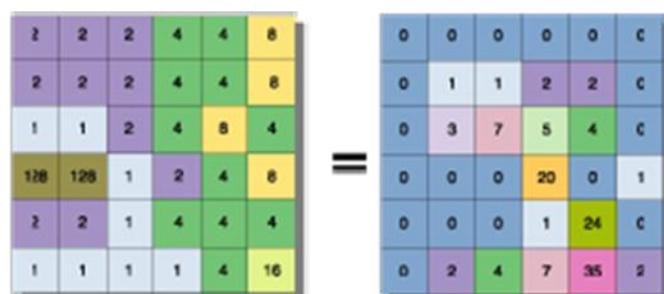


Figura 5

Stream link

Asigna únicos valores a las secciones de una red de drenaje lineal matricial, comprendida entre intersecciones.

Los enlaces “Links” son las secciones de una red de drenaje que conectan dos confluencias (junctions) sucesivas, una confluencia y la desembocadura, o un inicio (naciente) y una confluencia. (Ver fig. 5)

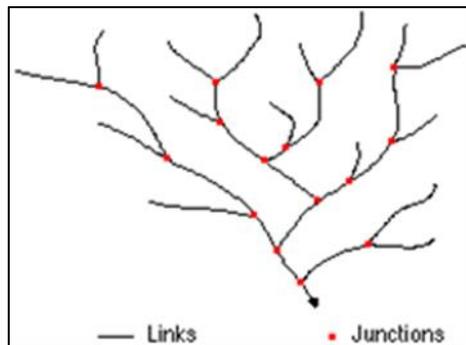


Figura 6

La matriz de la red de drenaje puede ser creada mediante el cálculo del umbral adecuado, el cual consiste en determinar el valor de la acumulación de flujo.

watershed

Determina el área de contribución por encima de un conjunto de celdas en una matriz. Un watershed es el área en el cual el agua que drena dentro de ella, se concentra en un colector común o principal. Otros términos utilizados para watershed son cuenca de captación o zona de contribución. Esta zona se define normalmente como la superficie total que fluye a una determinada salida o “pour point”. El límite entre dos cuencas se conoce como frontera de drenaje o línea

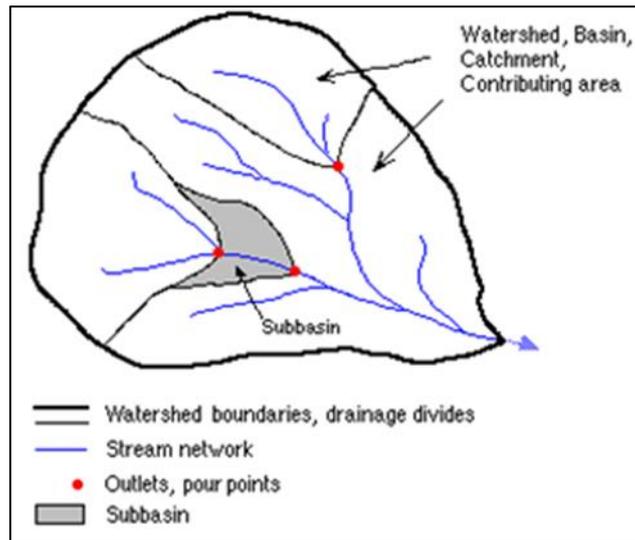


Figura 7

PROCESO DE CODIFICACIÓN

- Se codifican las unidades hidrográficas
- El sentido de la codificación es desde la desembocadura hacia la naciente del río principal.
- Las unidades tipo cuenca son enumeradas con dígitos pares (2, 4, 6,8)
- Las unidades tipo intercuenca son enumeradas con dígitos impares (1, 3, 5, 7,9)

El sistema de codificación de cuencas desarrollado por Ing. Otto Pfafstetter, en 1,989, se basa en una metodología para asignar códigos a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie del terreno. El sistema es jerárquico y las unidades son delimitadas desde las uniones de ríos.

El nivel 1 corresponde a la escala continental de unidades de drenaje.

Los niveles superiores (2, 3, 4, etc.) representan mosaicos cada vez más finos de la superficie del terreno en unidades de drenaje más pequeñas, los cuales son subunidades de niveles inferiores de la red de drenaje. A cada unidad hidrográfica se le asigna un específico código Pfafstetter, basado en su ubicación dentro del sistema total de drenaje que ocupa.

De acuerdo al sistema Pfafstetter, las unidades de drenaje son divididas en 3 tipos: cuencas, intercuenca y cuencas internas. Una cuenca Pfafstetter es un área que no recibe drenaje de ninguna otra área. Una íntercuenca Pfafstetter es un área que recibe drenaje de otras unidades

aguas arriba. Finalmente, una cuenca interna es un área de drenaje que no contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua, tales como un océano o lago.

En este método la importancia de cualquier río está relacionada con el área de su cuenca hidrográfica. Se hace una distinción entre río principal y tributario, en función del criterio del área drenada. Así, en cualquier confluencia, el río principal será siempre aquel que posee la mayor área drenada entre los dos. Denominándose cuencas las áreas drenadas por los tributarios e intercuenas las áreas restantes drenadas por el río principal.

El proceso de codificación consiste en: subdividir una cuenca hidrográfica, cualquiera que sea su tamaño, determinándose los cuatro mayores afluentes del río principal, en términos de área de sus cuencas hidrográficas. Las cuencas correspondientes a esos tributarios son enumerados con los dígitos pares (2, 4, 6 y 8), en el sentido desde la desembocadura hacia la naciente del río principal. Los otros tributarios del río principal son agrupados en las áreas restantes, denominadas intercuenas, que reciben, en el mismo sentido, los dígitos impares (1, 3, 5, 7 y 9). Cada una de esas cuencas e intercuenas, resultantes de esa primera subdivisión, pueden ser subdivididas de la misma manera, de modo que la subdivisión de la cuenca 8 genera las cuencas 82, 84, 86 y 88 y las intercuenas 81, 83, 85, 87 y 89. El mismo proceso se aplica a las intercuenas resultantes de la primera división, de modo que la intercuenca 3, por ejemplo, se subdivide en las cuencas 32, 34, 36 y 38 y en las intercuenas 31, 33, 35, 37 y 39. Los dígitos de la subdivisión son simplemente agregados al código de la cuenca (o intercuenca) que está siendo dividida.

Una complicación puede aparecer en que las dos unidades finales y más altas del río principal, son cuencas.

En este caso la unidad que presente mayor área de drenaje es asignado el código "9" y la otra, más pequeña, el código "8". Si un área contiene cuencas internas, la cuenca interna más grande es asignado código "0" y las otras cuencas internas son incorporadas a las cuencas o intercuenas aledañas.

Para regiones costeras, el sistema Pfafstetter considera que el sentido de la codificación será horario, del tal manera, que las vertientes cuyas aguas desemboquen en un mar oriental, serán codificadas de norte a sur; para el caso de una vertiente cuyas aguas desemboquen en un mar occidental, como es el caso de la vertiente peruana del Pacífico, las cuencas serán codificadas de sur a norte. Para ambos casos se seguirá con el mismo criterio de seleccionar las cuatro cuencas de mayor área de drenaje, quedando las cuencas restantes como intercuenas, y así

sucesivamente, las subdivisiones seguirán con el mismo criterio. Niveles Pfafstetter 1, 2 Y 3 - Unidades de drenaje individuales enumeradas en una dirección hacia aguas arriba

Para el Perú se ha codificado por la metodología Pfafstetter hasta el nivel 5 y en algunos casos hasta el nivel 6 sobre la base de:

- Codificación Pfafstetter en América del Sur (nivel 1 y 2) CNRH - Brasil
- Información cartográfica del Perú (topográfica IGN 1:100,000, “Digital Perú” 1:250,000 etc.)
- Información Satelital (Landsat TM en formato digital), etc.

Se utilizó también para delimitar las cuencas la divisoria de aguas o *divortium aquarum*, línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre una cuenca hidrográfica y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos.

Otro término utilizado para esta línea se denomina parte aguas. El *divortium aquarum* o línea divisoria de vertientes, es la línea que separa a dos o más cuencas vecinas. Es la divisoria de aguas, utilizada como límite entre dos espacios geográficos o cuencas hidrográficas.

El río principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud o mayor área de drenaje, aunque hay notables excepciones como el río Misisipi. Tanto el concepto de río principal como el de nacimiento del río son arbitrarios, como también lo es la distinción entre río principal y afluente. Sin embargo, la mayoría de cuencas de drenaje presentan un río principal bien definido desde la desembocadura hasta cerca de la divisoria de aguas. El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura.

En el curso de un río distinguimos tres partes:

- El curso superior, ubicado en lo más elevado del relieve, en donde la erosión de las aguas del río es vertical. Su resultado: la profundización del cauce.
- El curso medio, en donde el río empieza a zigzaguear, ensanchando el valle.
- El curso inferior, situado en las partes más bajas de las cuencas, allí el caudal del río pierde fuerza y los materiales sólidos que lleva se sedimentan, formando las llanuras aluviales o valles.

SUBDIVISIÓN CUENCAS

La cuenca puede subdividirse de varias formas, siendo común el uso del término

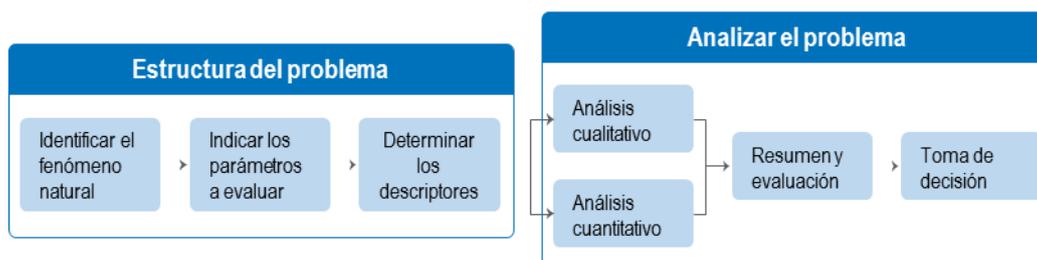
SUBCUENCA para denominar a las unidades de menor jerarquía, drenadas por un tributario del río principal. El término MICROCUENCA se emplea para definir las unidades hidrográficas más pequeñas dentro de una cuenca principal.

ANEXO N° 4

PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que le permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema de forma visual.

Gráfica N° 1 Flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones



Fuente: Adaptado de Toskano (2005)

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ (Saaty, 1990) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión (Garfi et al., 2011), la escala es la que se muestra a continuación:

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absoluta-mente muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absoluta-mente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Ponderación de los parámetros descriptores: Ejemplo “caso de sismo”

PASO 1: Parámetros.

Se identifican los parámetros que permitan caracterizar el fenómeno sísmico. En función del número de parámetros identificados tendremos el número de filas y columnas de la matriz de ponderación (matriz cuadrada).

- Magnitud
- Intensidad
- Aceleración natural del suelo

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo			
Intensidad de sismo			
Aceleración natural del suelo			

PASO 2: Matriz de Comparación de Pares.

Se realiza la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa usando la escala de Saaty.

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00		
Intensidad de sismo		1.00	
Aceleración natural del suelo			1.00

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	
Intensidad de sismo	3.00	1.00	
Aceleración natural del suelo			1.00

La intensidad es 3 veces más importante que la magnitud (moderadamente más importante)

La magnitud es 3 veces menos importante que la intensidad (moderadamente menos importante)

Terminada la comparación de pares tenemos la Matriz terminada.

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	
Aceleración natural del suelo	1/5		1.00

La aceleración natural del suelo es 5 veces menos importante que la magnitud (menos importante)

La magnitud es 5 veces más importante que la aceleración natural del suelo (menos importante)

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	1/5	1/7	1.00

La aceleración natural del suelo es 7 veces menos importante que la intensidad (mucho menos importante)

La intensidad es 7 veces más importante que la aceleración natural del suelo (mucho más importante)

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	1/5	1/7	1.00

PASO 3: Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales.

PASO 4: Matriz de Normalización.

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	0.33	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	0.20	0.14	1.00
SUMA	4.200	1.476	13.000
1/SUMA	0.238	0.677	0.077

Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente.

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	0.33	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	0.20	0.14	1.00
SUMA	4.200	1.476	13.000
1/SUMA	0.238	0.677	0.077

$0.238 \times 1.00 = 0.238$

Matriz de Normalización

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	0.238	0.226	0.385
Intensidad de sismo	0.714	0.677	0.538
Aceleración natural del suelo	0.048	0.097	0.077

PASO 4: Se determina el vector priorización (ponderación), mediante la suma promedio de cada fila. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad.

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo	Vector Priorización (Ponderación)
Magnitud de sismo	0.238	0.226	0.385	0.283
Intensidad de sismo	0.714	0.677	0.538	0.643
Aceleración natural del suelo	0.048	0.097	0.077	0.074
	1.000	1.000	1.000	1.000

$(0.238 + 0.226 + 0.385) / 3 = 0.283$

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

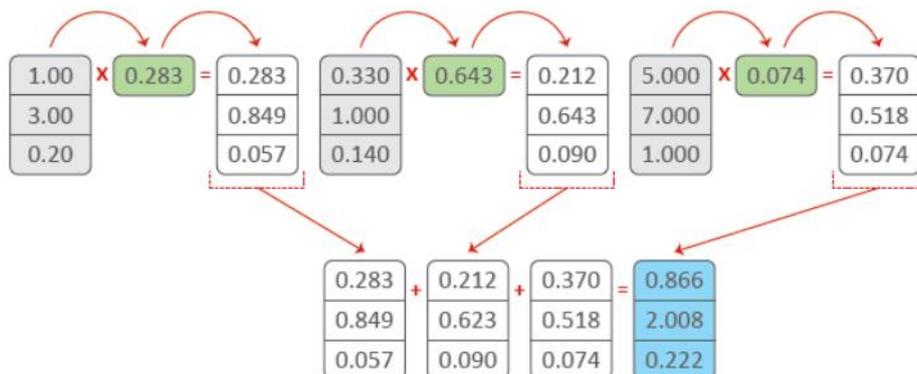
	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Magnitud de sismo	0.283	28.30 %
Intensidad de sismo	0.643	64.30 %
Aceleración natural del suelo	0.074	7.40 %

Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Paso 1: Hallando el Vector Suma Ponderada. Se obtiene por una multiplicación de matrices.

Parámetro	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo		Vector Priorización (Ponderado)		Vector Suma Ponderada
Magnitud de sismo	1.00	0.33	5.00	x	0.283	=	0.866
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00		0.643		2.008
Aceleración natural del suelo	0.20	0.14	1.00		0.074		0.222



Paso 2: Hallando λ_{max} . Se determina al dividir los valores del Vector Suma Ponderada y el Vector de Priorización.

Vector Suma Ponderada	÷	Vector Priorización (Ponderación)	=	λ_{max}
0.866		0.283		3.060
2.008		0.643		3.123
0.222		0.074		3.000

$$\lambda_{max} = \frac{3.060 + 3.123 + 3.000}{3} = 3.061$$

Paso 3: Hallando el Índice de Consistencia (IC).

$$IC = \frac{3.061 - 3}{3 - 1} = 0.0305$$

Paso 4: Hallando la Relación de Consistencia (RC).

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.0305}{0.525} = 0.058$$

ANEXO N° 5

**ENSAYOS DE LABORATORIO Y PERFILES
ESTRATIGRAFICO**

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.159 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)

CALICATA	C - 01
SUCS	CL-ML
UBICACIÓN	VIA HACIA CCATUN RUMI

Tipo de ensay CD = CONSOLIDADO DRENADO

Forma: Redonda

DATOS DEL EQUIPO

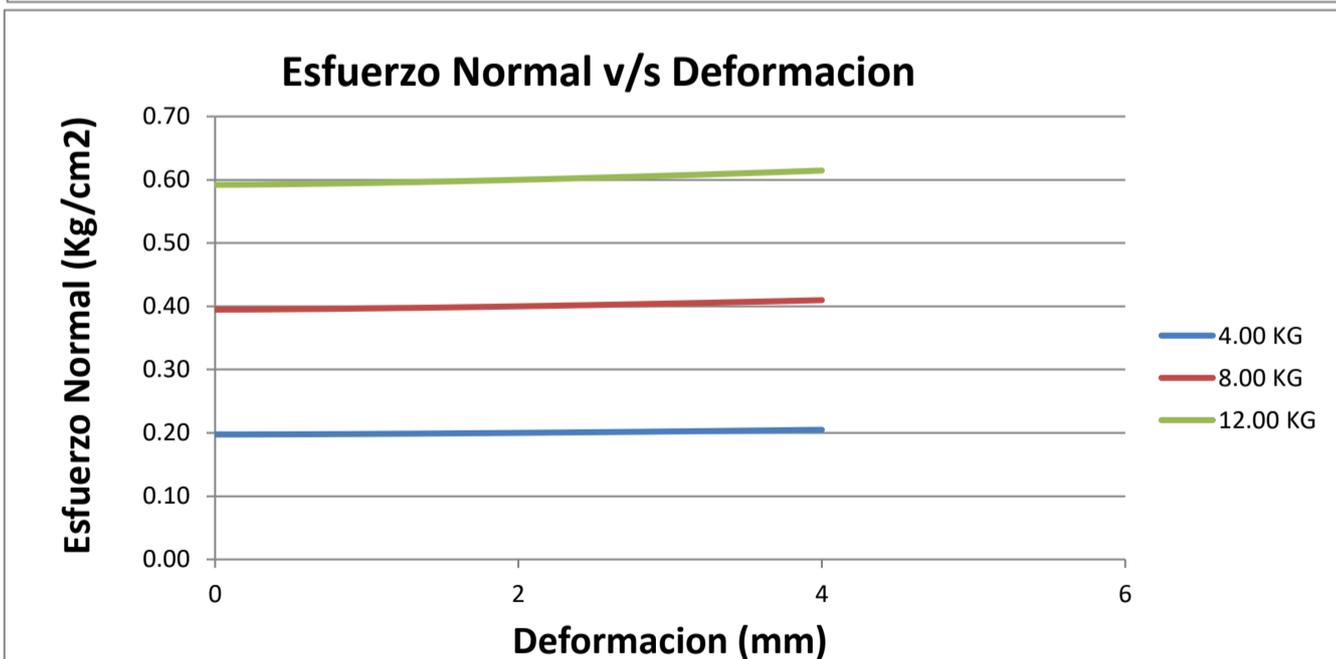
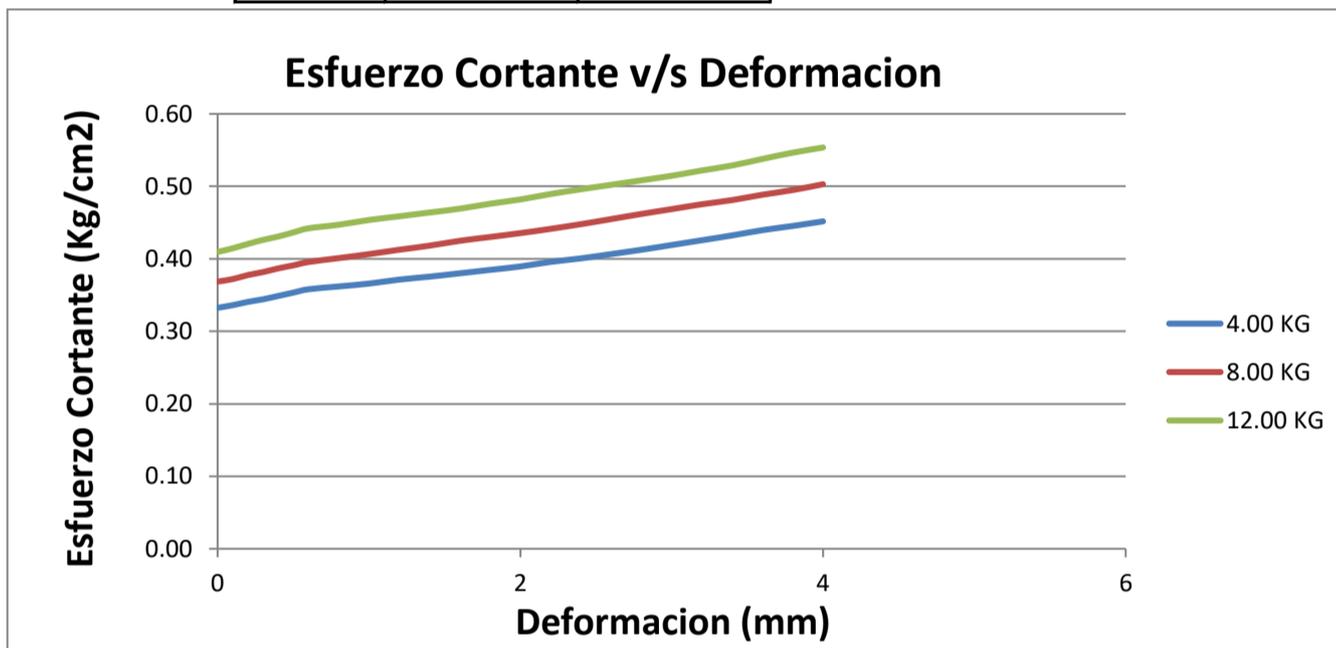
Diametro o Lado D= 5.08 cm
 Area A= 20.27 cm²
 Altura H= 2.15 cm
 Volumen V= 43.58 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 80.54 gr
 Peso Unitario Humedo= 1.85 gr/cm³
 Contenido de Humedad= 12.70%
 Peso Unitario Seco= 1.64 gr/cm³

PUNTOS MAXIMOS DE ESFUERZO NORMAL Y ESFUERZO CORTANTE

CARGA (KG)	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL
4.00	0.452 kg/cm ²	0.205 kg/cm ²
8.00	0.503 kg/cm ²	0.410 kg/cm ²
12.00	0.554 kg/cm ²	0.615 kg/cm ²



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.159 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)

CALICATA	C - 01
SUCS	CL-ML
UBICACIÓN	VIA HACIA CCATUN RUMI

Tipo de ensay CD = CONSOLIDADO DRENADO

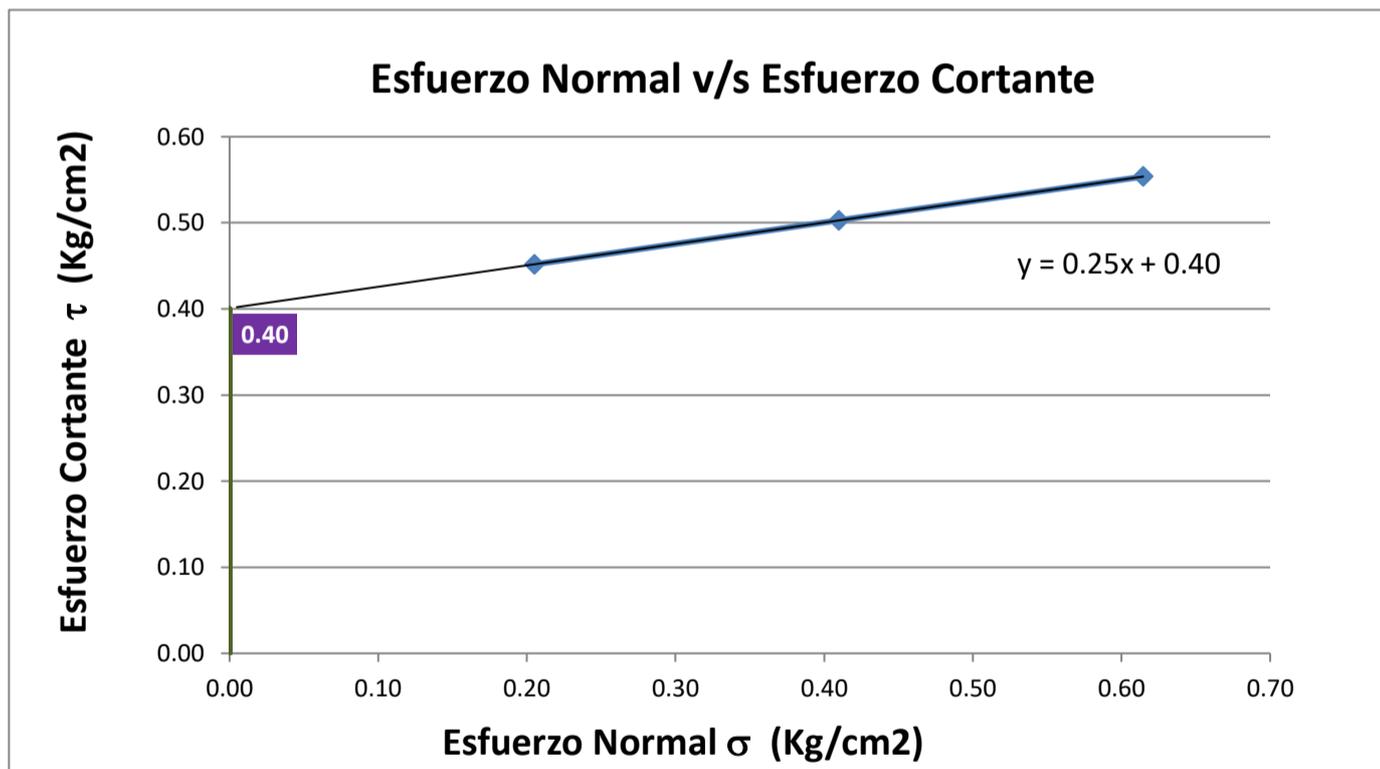
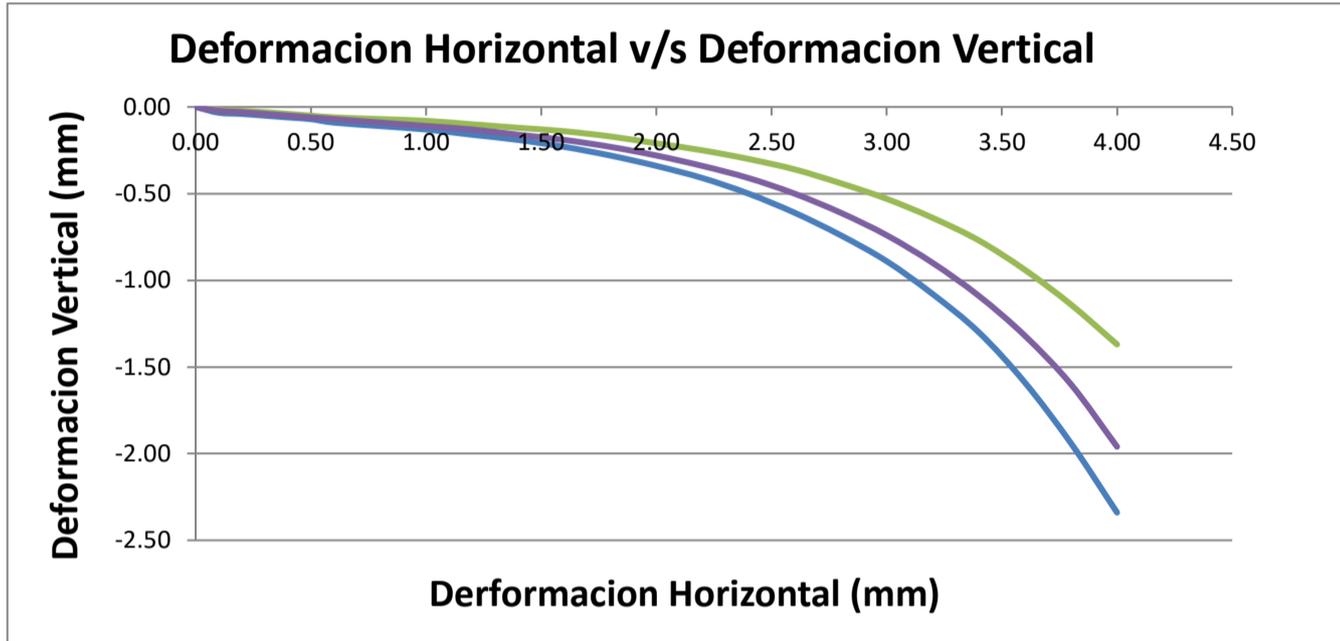
Forma: Redonda

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado D= 5.08 cm
 Area A= 20.27 cm²
 Altura H= 2.15 cm
 Volumen V= 43.58 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 80.54 gr
 Peso Unitario Humedo= 1.85 gr/cm³
 Contenido de Humedad= 12.70%
 Peso Unitario Seco= 1.64 gr/cm³



Cohesion (C)= 0.40 Kg/cm²
 tg(ϕ) = 0.250
 ϕ = 0.24 radianes
 ϕ = 14.04 °

CALICATA	C - 01
SUCS	CL-ML
UBICACIÓN	VIA HACIA CCATUN RUMI

FACTORES DE LA CAPACIDAD DE CARGA

$\gamma = 1.60 \text{ ton/m}^3$

Teoria de Skempton

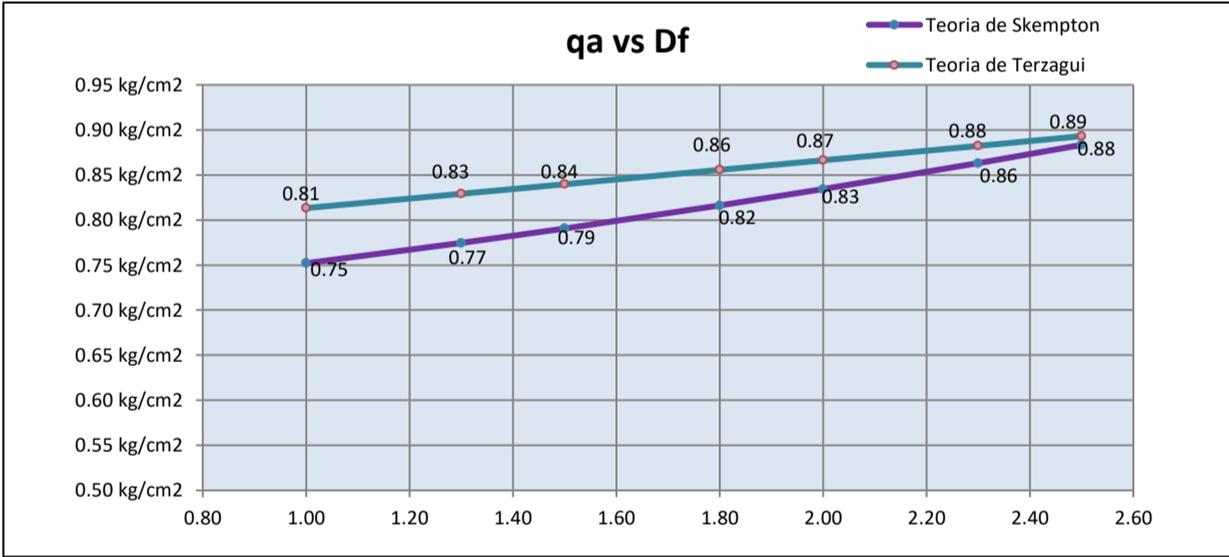
$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q$

Df	Angulo de friccion (ϕ)	Cohesion (kg/cm ²)	Nq	Nc	qc	qa
1.00	14.04	0.40	0.25	5.54	2.26 ton/m ²	0.75 kg/cm ²
1.30	14.04	0.40	0.33	5.64	2.32 ton/m ²	0.77 kg/cm ²
1.50	14.04	0.40	0.38	5.70	2.37 ton/m ²	0.79 kg/cm ²
1.80	14.04	0.40	0.45	5.80	2.45 ton/m ²	0.82 kg/cm²
2.00	14.04	0.40	0.50	5.86	2.50 ton/m ²	0.83 kg/cm ²
2.30	14.04	0.40	0.58	5.95	2.59 ton/m ²	0.86 kg/cm ²
2.50	14.04	0.40	0.63	6.00	2.65 ton/m ²	0.88 kg/cm ²

Teoria de Terzagui

$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q$

Df	Angulo de friccion (ϕ)	Cohesion (kg/cm ²)	Nq	Nc	qc	qa
1.00	14.04	0.40	1.00	5.70	2.44 ton/m ²	0.81 kg/cm ²
1.30	14.04	0.40	1.00	5.70	2.49 ton/m ²	0.83 kg/cm ²
1.50	14.04	0.40	1.00	5.70	2.52 ton/m ²	0.84 kg/cm ²
1.80	14.04	0.40	1.00	5.70	2.57 ton/m ²	0.86 kg/cm ²
2.00	14.04	0.40	1.00	5.70	2.60 ton/m ²	0.87 kg/cm ²
2.30	14.04	0.40	1.00	5.70	2.65 ton/m ²	0.88 kg/cm ²
2.50	14.04	0.40	1.00	5.70	2.68 ton/m ²	0.89 kg/cm ²



CALICATA	C - 01
SUCS	CL-ML
UBICACIÓN	VIA HACIA CCATUN RUMI

CALCULO DE ASENTAMIENTO INMEDIATO EN LA CIMENTACION

CENTRO

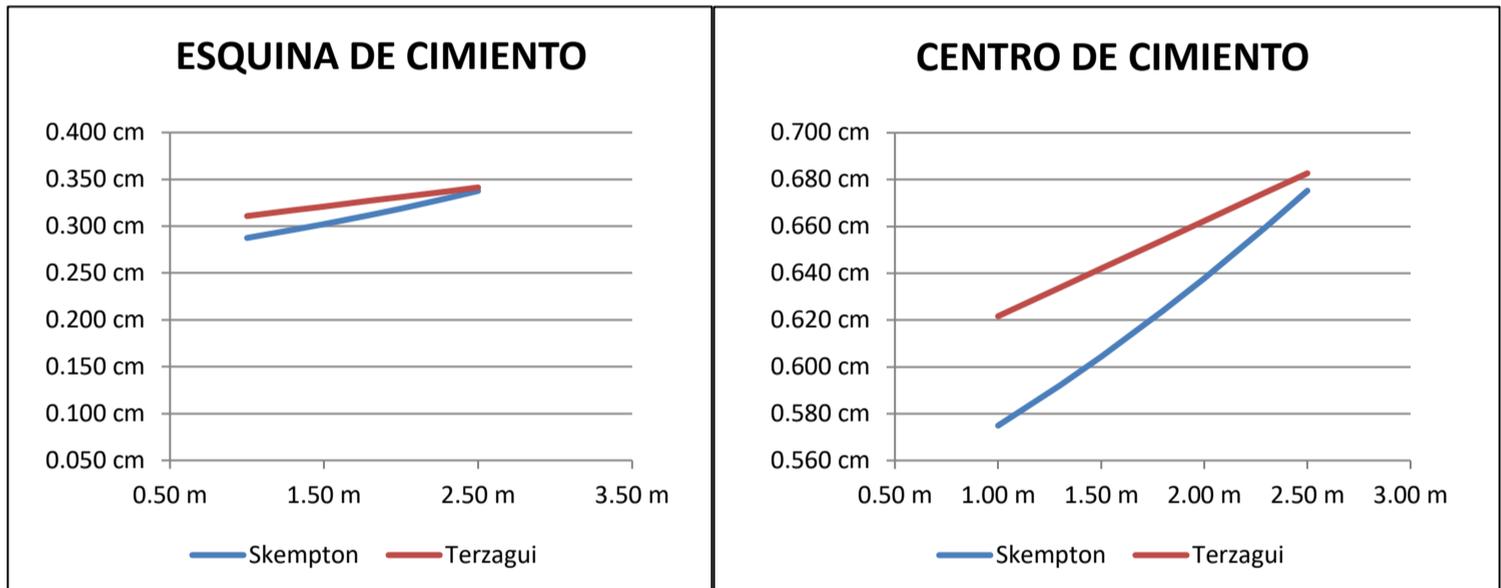
ESQUINA

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

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

B= 4.00 m
L= 4.00 m
E= 100.00 Kg/cm²
N= 0.56
μ= 0.30

Df	qa		Acentamiento			
			Skempton		Terzagui	
	Skempton	Terzagui	Esquina	Centro	Esquina	Centro
1.00 m	0.75 kg/cm ²	0.81 kg/cm ²	0.287 cm	0.575 cm	0.311 cm	0.622 cm
1.30 m	0.77 kg/cm ²	0.83 kg/cm ²	0.296 cm	0.592 cm	0.317 cm	0.634 cm
1.50 m	0.79 kg/cm ²	0.84 kg/cm ²	0.302 cm	0.604 cm	0.321 cm	0.642 cm
1.80 m	0.82 kg/cm ²	0.86 kg/cm ²	0.312 cm	0.624 cm	0.327 cm	0.654 cm
2.00 m	0.83 kg/cm ²	0.87 kg/cm ²	0.319 cm	0.638 cm	0.331 cm	0.662 cm
2.30 m	0.86 kg/cm ²	0.88 kg/cm ²	0.330 cm	0.660 cm	0.337 cm	0.675 cm
2.50 m	0.88 kg/cm ²	0.89 kg/cm ²	0.338 cm	0.675 cm	0.341 cm	0.683 cm



S= Asentamiento, en cm
 qa= Presion de contacto, en Kg/cm²
 B= Ancho del area cargada, en cm
 E= Modulo de elasticidad del suelo, en Kg/cm²
 N= Valor de influencia que depende de la relacion largo a ancho (L/B) del area cargada
 μ= Modulo de poisson que depende del tipo de suelo

Si; Df=B se considerara 75% del asentamiento
 Si; Df>B se considerara 50% del asentamiento

Smax= 0.683 cm okj Sdif= 0.512 cm okj

Se puede observar que los asentamientos a diferentes profundidades estan dentro de los parametros permisibles

CALICATA	C - 01
SUCS	CL-ML
UBICACIÓN	VIA HACIA CCATUN RUMI

BULBO DE PRESIONES

$$\sigma_z = \left(\frac{3P}{2 * \pi * z^2} \right) * \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r}{z} \right)^2} \right)^{5/2}$$

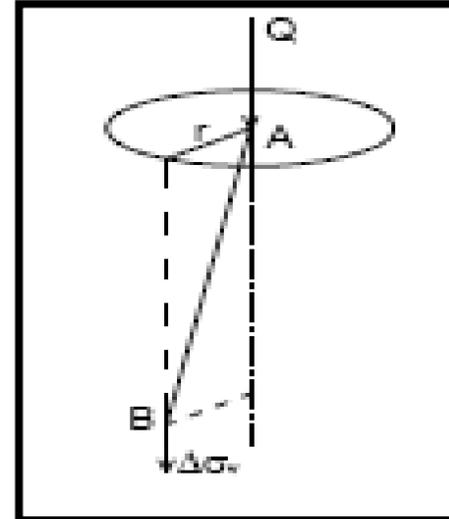
Tambien se puede expresar de la siguiente manera

$$\sigma_z = K_B * \frac{P}{z^2}$$

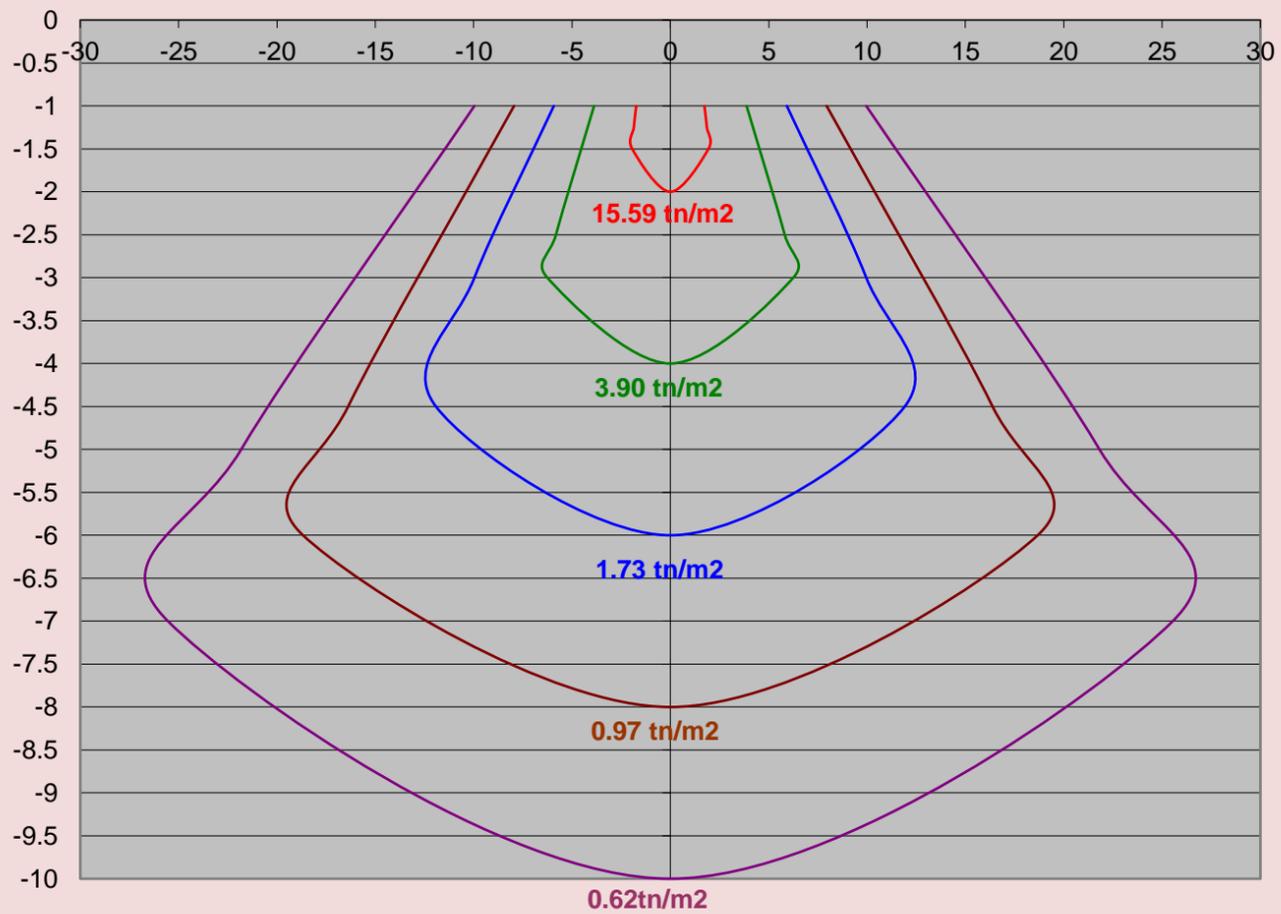
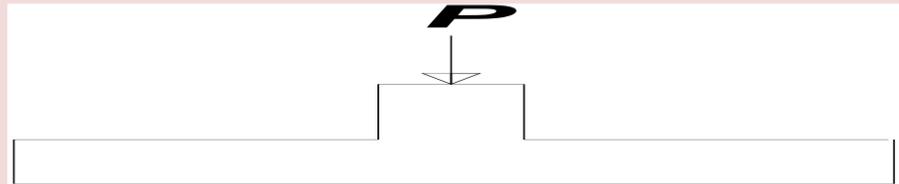
Donde:

$$K_B = \frac{0.4775}{\left(1 + \left(\frac{r}{z} \right)^2 \right)^{5/2}}$$

P= 130.59 Ton



BULBO DE PRESIONES

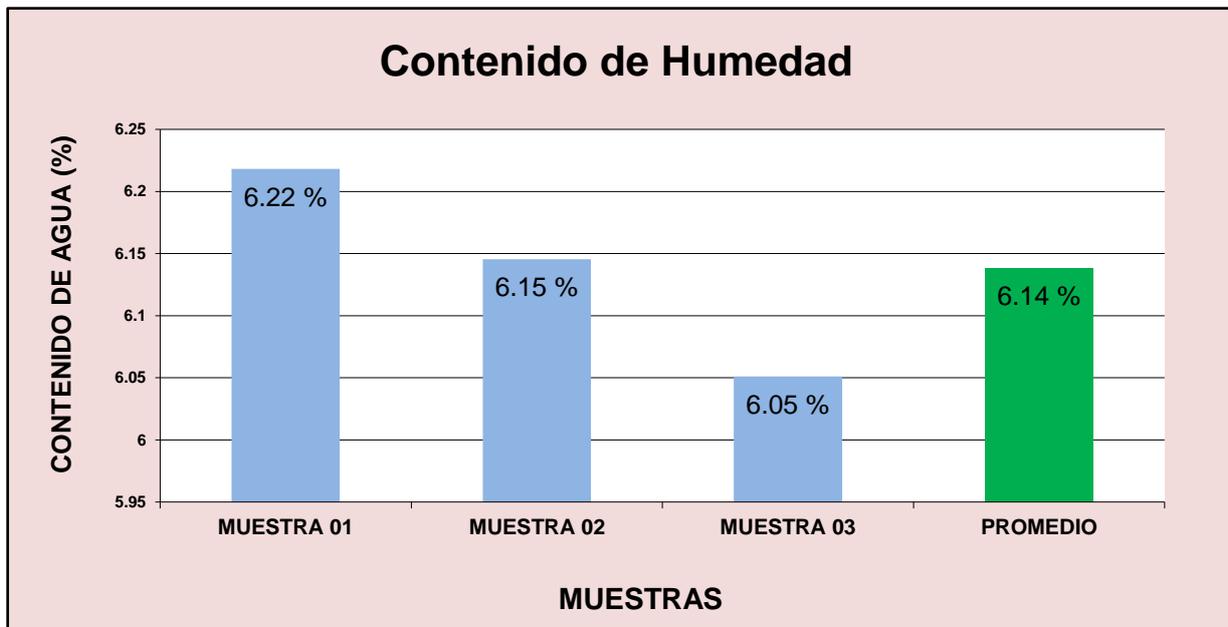


CALICATA	C - 01
SUCS	CL-ML
UBICACIÓN	VIA HACIA CCATUN RUMI

NTP-339.127 - ASTM-D2216

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA	29.53	30.32	30.96	
PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO	117.96	120.33	123.62	
PESO CAPS + MATERIAL SECO	112.78	115.12	118.33	
PESO DEL AGUA	5.18	5.21	5.29	
PESO DEL SUELO SECO	83.25	84.80	87.37	
CONTENIDO DE AGUA (%)	6.22	6.15	6.05	6.14

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA = 6.14%



PESO ESPECIFICO DE SOLIDOS ASTM D854 - 58

Peso Especifico de masa (Pem)

W_s = Peso del solido, gr : 1958.33 gr
 W_o = Peso de inicial, gr : 1913.02 gr
 W_f = Peso final de la muestra, gr : 2645.05 gr
 γ_w = Peso especifico del agua : 1.00 gr/cm³

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = \frac{W_s}{\frac{W_o + W_s - W_f}{\gamma_w}} = 1.60 \text{ gr/cm}^3$$

SUCS	CL-ML
UBICACIÓN	VIA HACIA CCATUN RUMI
CALICATA	C - 01

PESO INICIAL=	2450.00 gr
% de perdidas=	0.95%
PESO FINAL=	2426.87 gr
% Max de Perdida=	2.00%

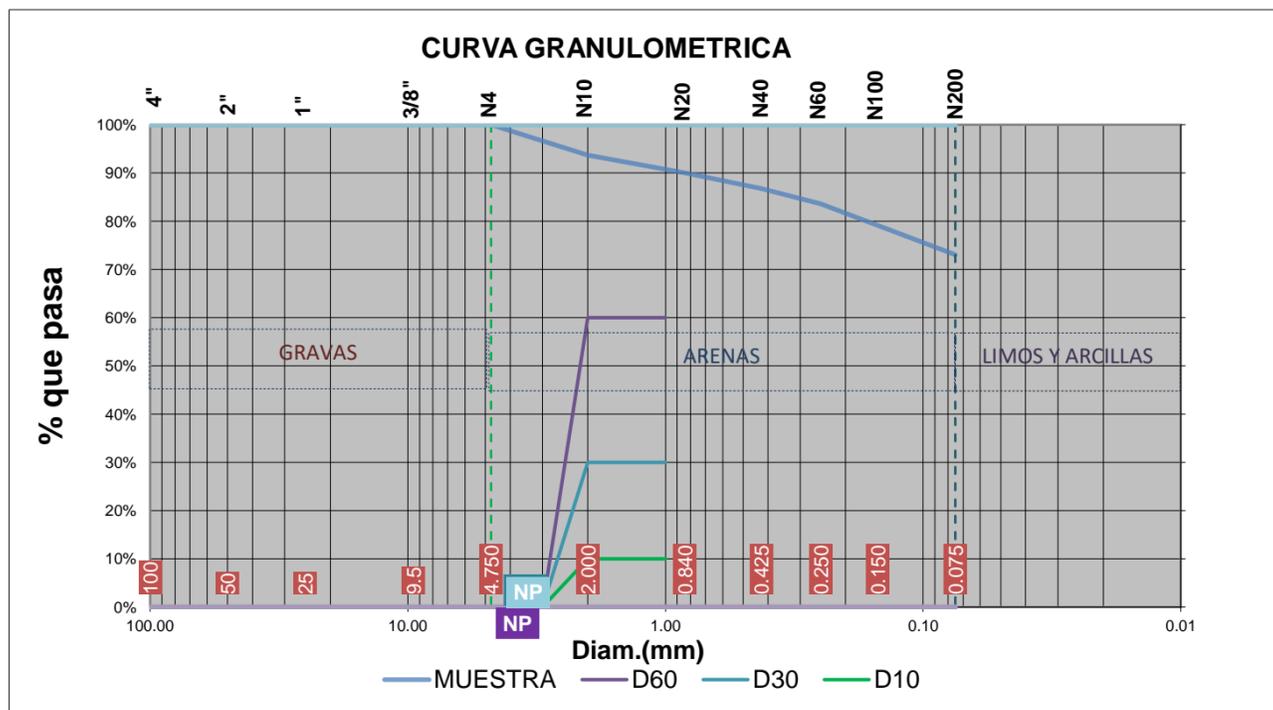
OKiii

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E-107-200

Tamiz N°	Diam.(mm)	Peso retenido	%retenido	%que pasa
4"	100	0.00	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	9.5	0.00	0.00%	100.00%
4	4.750	0.00	0.00%	100.00%
10	2.000	153.19	6.31%	93.69%
20	0.840	89.57	3.69%	90.00%
40	0.425	77.94	3.21%	86.79%
60	0.250	76.33	3.15%	83.64%
100	0.150	108.75	4.48%	79.16%
200	0.075	148.19	6.11%	73.05%
bandeja	0.000	1772.90	73.05%	0.00%
		2426.87	100.00%	



% de gruesos=	26.95%	% de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4=	0.00%	(Grava)
% de finos=	73.05%	% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4=	100.00%	(Arenas)
% de grava=	0.00%			
% de arena=	26.95%			



D60= NP	Cu= NP
D30= NP	Cc= NP
D10= NP	

SUCS	CL-ML
UBICACIÓN	VIA HACIA CCATUN RUMI
CALICATA	C - 01

PESO INICIAL= 2450.00 gr
 % de perdidas= 0.95%
 PESO FINAL= 2426.87 gr

LIMITES DE CONSISTENCIA

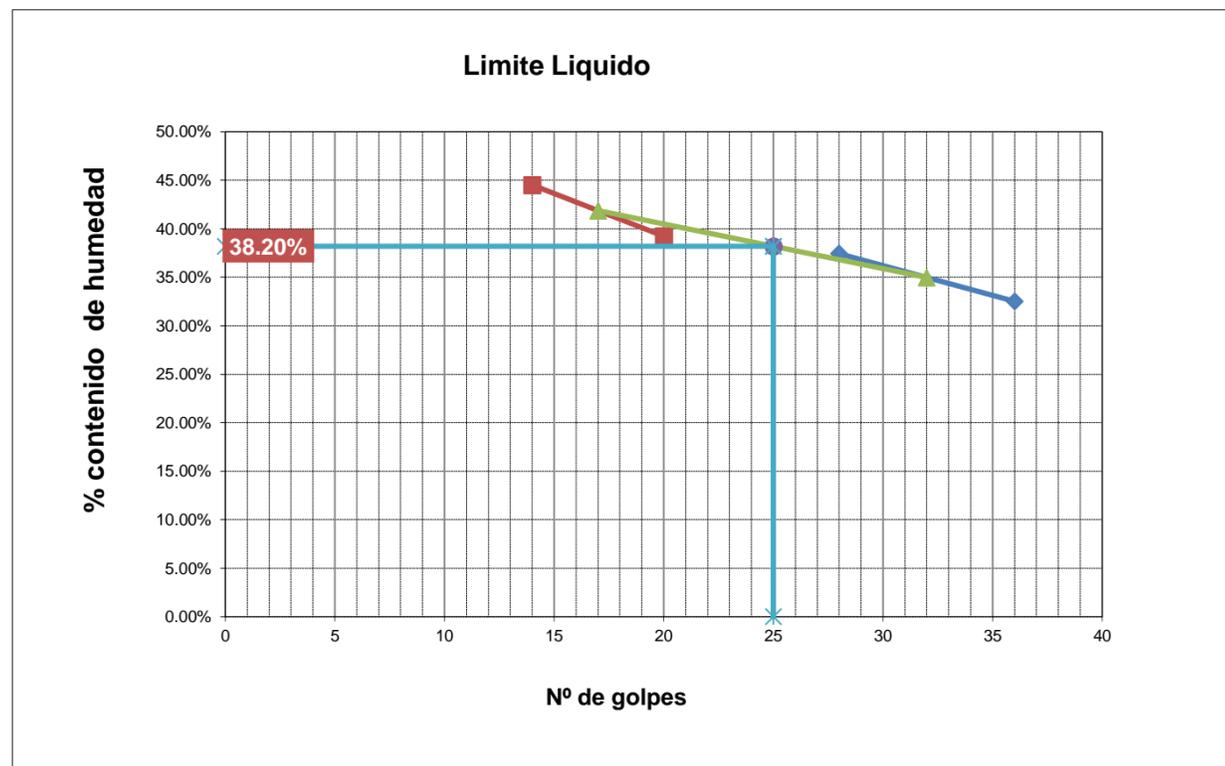
LIMITE PLASTICO

Nº de lata	1	2	3
peso de suelo humedo + lata(gr)	11.42	12.46	11.12
peso de suelo seco + lata(gr)	10.19	11.26	10.15
peso de lata(gr)	5.23	5.64	6.22
peso de suelo seco(gr)	4.96	5.62	3.93
peso de suelo humedo(gr)	6.19	6.82	4.90
peso de agua(gr)	1.23	1.20	0.97
contenido de humedad	24.86%	21.31%	24.56%



LIMITE LIQUIDO MTC E-110

Nº de lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo + lata(gr)	98.82	106.10	90.85	96.53
peso de suelo seco + lata(gr)	77.99	79.99	68.73	69.95
peso de lata(gr)	13.95	10.25	12.35	10.25
peso de suelo seco(gr)	64.04	69.74	56.38	59.70
peso de suelo humedo(gr)	84.87	95.85	78.50	86.28
peso de agua(gr)	20.83	26.11	22.12	26.58
contenido de humedad	32.52%	37.44%	39.24%	44.52%
Numero de golpes;N	36	28	20	14
LL aproximado	33.99%	37.95%	38.19%	41.50%



LL= 38.20%
 LP= 23.58%
 IP= 14.62%

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Clasificación de suelos			
			Símbolo de grupo	Nombre del grupo		
Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada	
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada	
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa	
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa	
	Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200		Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo	
			Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla	
			Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo	
			Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla	
	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada	
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada	
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa	
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa	
		Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200		Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo
				Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad	
			IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad	
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno < 0.75	OL	Arcilla orgánica	
			limite liquido - no secado		Limo orgánico	
	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad	
			IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad	
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno < 0.75	OH	Arcilla orgánica	
			limite liquido - no secado		Limo orgánica	
		Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro	PT	Turba	

SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

Datos para la clasificación

De la granulometría

% de gruesos= 26.95%
 % de finos= 73.05% Retenido en malla N 200= 26.95%
 % de grava= 0.00% Retenido en malla N 4= 0.00%
 % de arena= 26.95%
 % de la fracción gruesa retenida en la malla N 4= 0.00% (Grava)
 % de la fracción gruesa pasa la malla N 4= 100.00% (Arena)

Cu= NP

Cc= NP

De los límites de consistencia

LL= 38.20%

LP= 23.58%

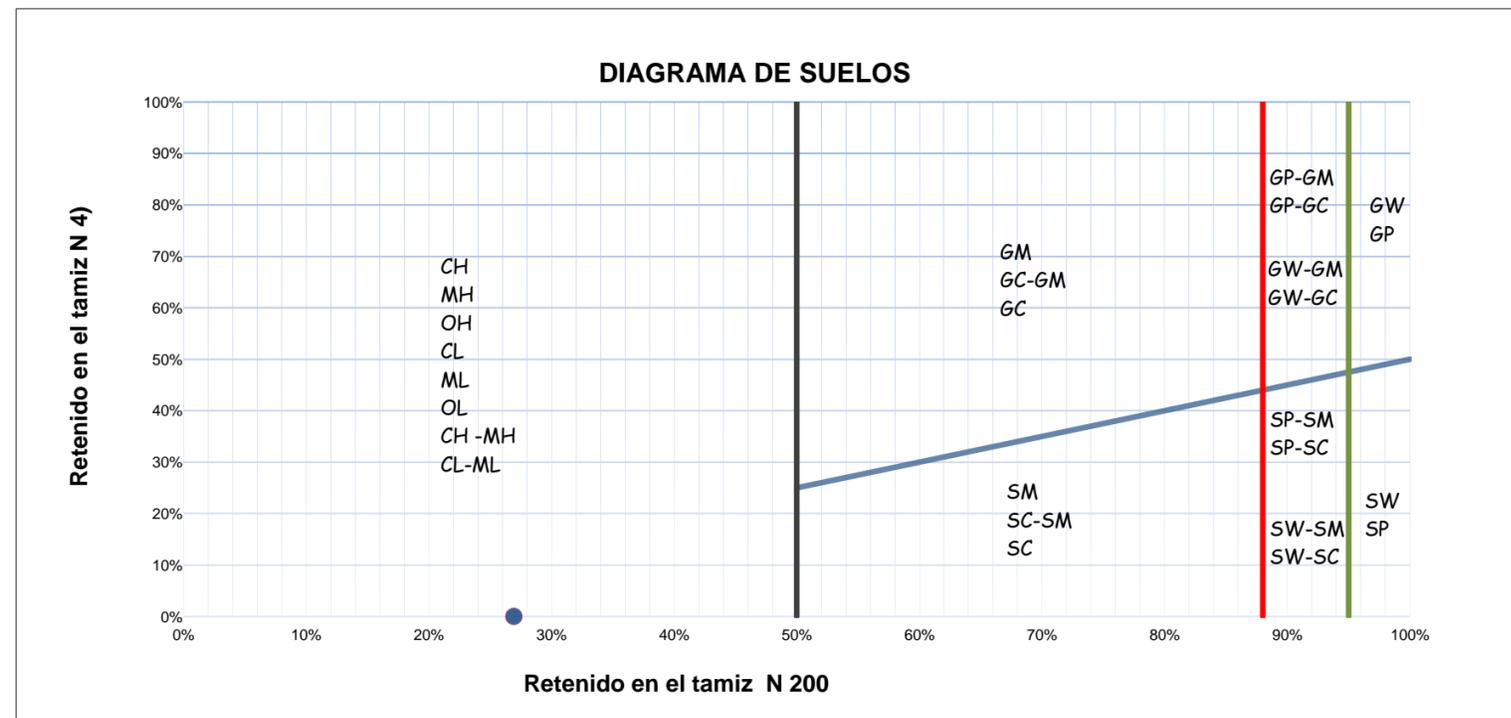
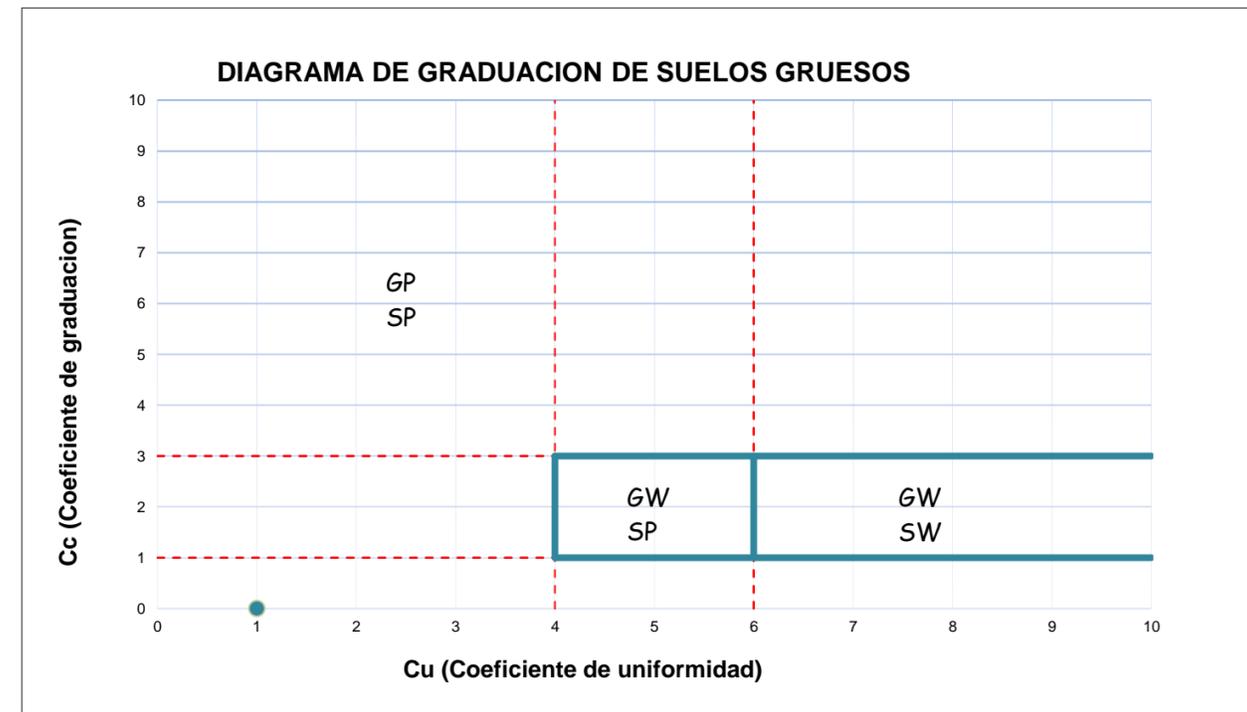
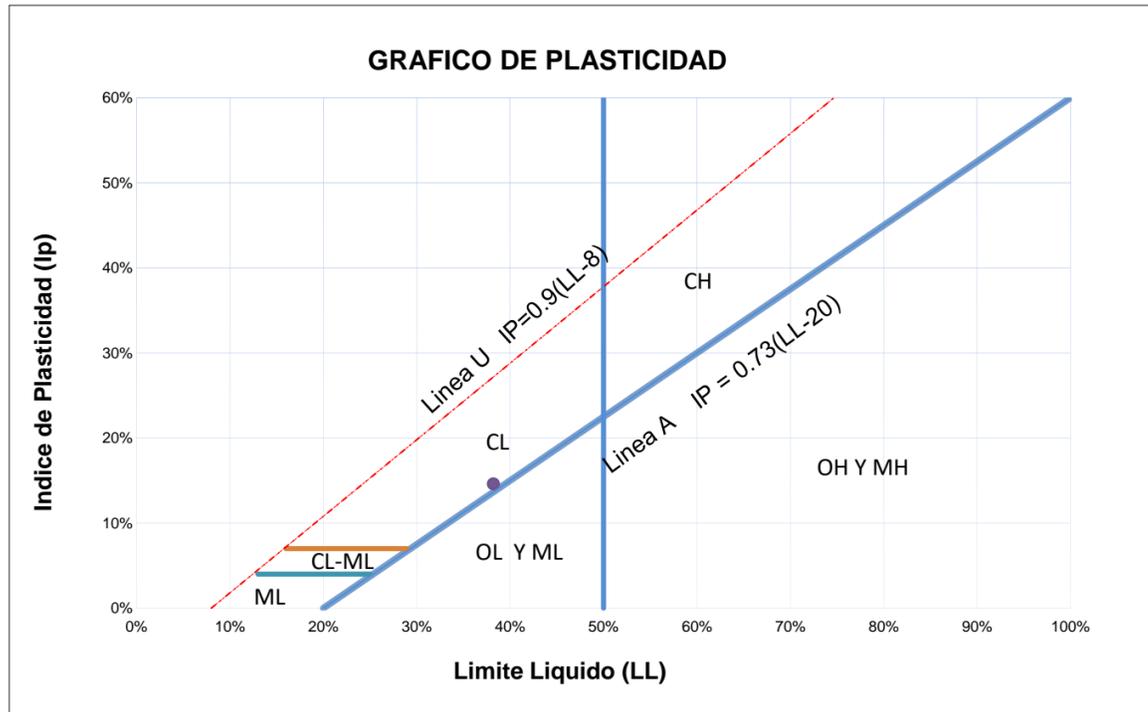
IP= 14.62%

CALICATA	C - 01
SUCS	CL-ML
UBICACIÓN	HACIA CCATUN RI

DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS

SUELOS																									
GRUESOS MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200															FINOS MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200										
GRAVAS					ARENAS										LIMOS Y ARCILLAS					ORG (Turba)					
LIMPIAS		COMBINACIONES			CON FINOS			LIMPIAS		COMBINACIONES				CON FINOS				LL < 50%		LL > 50%					
GW	GP	GW-GM	GW-GC	GP-GM	GP-GC	GM	GC	GC-GM	SW	SP	SW-SM	SW-SC	SP-SM	SP-SC	SM	SC	SC-SM	CL	CL-ML	ML	OL	CH	MH	OH	Pt





RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION

Calicata	UBICACIÓN	Df	qa=capacidad de carga		ϕ interna	Cohesion (kg/cm ²)	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	SUCS	P.E. gr/cm ³
			Skempton (kg/cm ²)	Terzagui (kg/cm ²)										
C - 01	VIA HACIA CCATUN RUMI	1.80 m	0.82	0.86	14.04 °	0.40	0.00%	26.95%	73.05%	38.20%	23.58%	14.62%	CL-ML	1.60
C - 16	JR. JUAQUIN DIPAS HUAREN	1.30 m	0.72	0.76	10.76 °	0.35	0.00%	22.01%	77.99%	66.20%	42.26%	23.94%	OH	1.59

Calicata	UBICACIÓN	Df	qa=capacidad de		ϕ interna	Cohesion (kg/cm ²)	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	SUCS	P.E. gr/cm ³
			Meyerhof (kg/cm ²)	Vesic (kg/cm ²)										
C-02	I.E. CESAR VALLEJO	2.40 m	1.68	2.26	29.68 °	0.09	60.94%	33.81%	5.25%	27.60%	21.99%	5.61%	GC-GM	1.94

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.159 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)

Tipo de ensayo: CD = CONSOLIDADO DRENADO
 Forma: Redonda

CALICATA	C - 02
SUCS	GC-GM
UBICACIÓN	I.E. CESAR VALLEJO

DATOS DEL EQUIPO

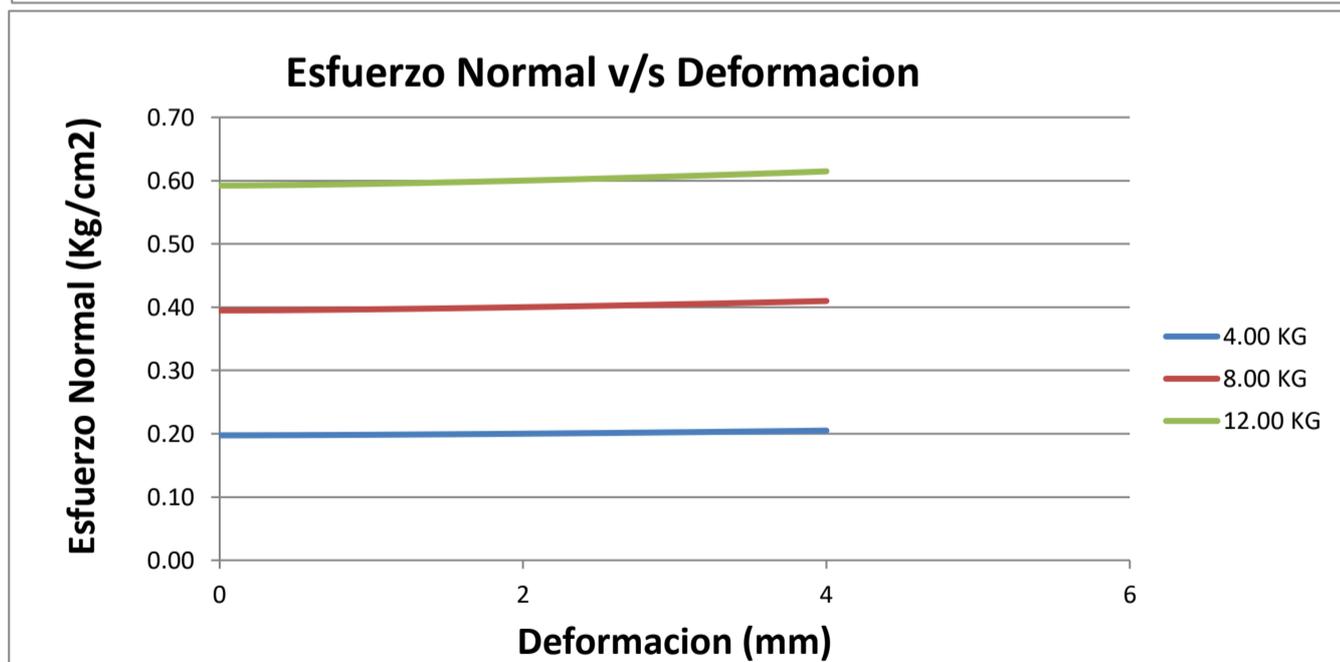
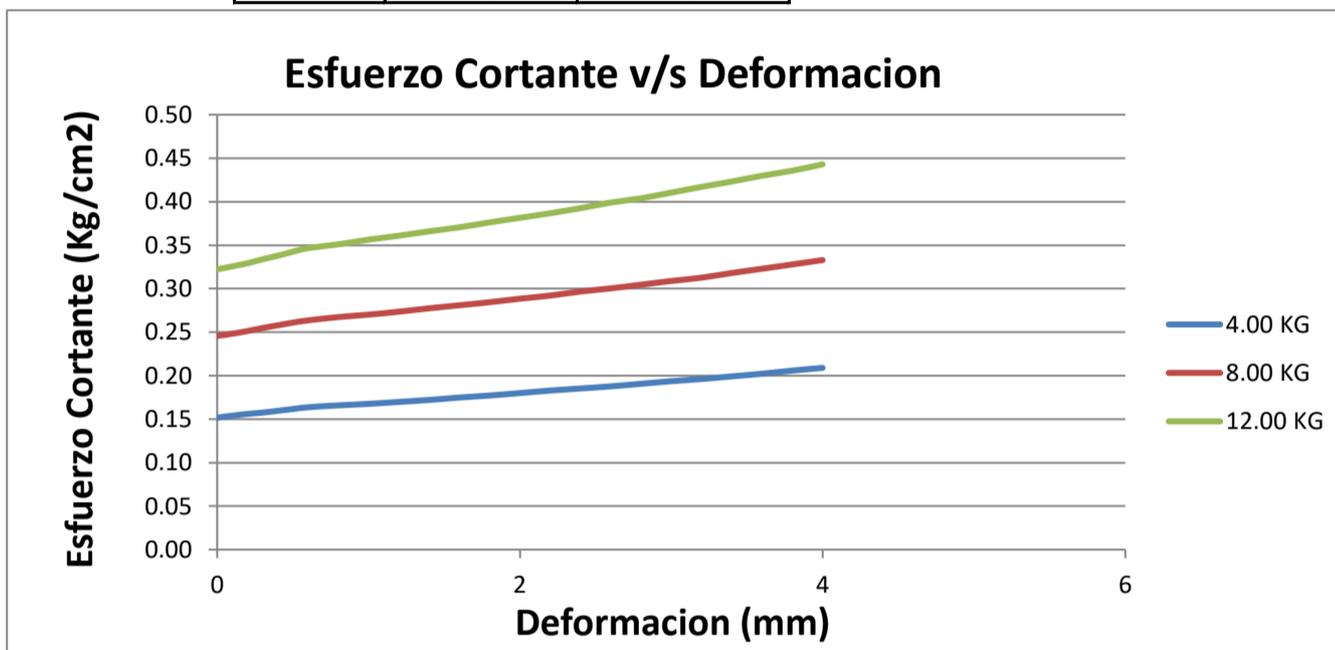
Diametro o Lado D= 5.08 cm
 Area A= 20.27 cm²
 Altura H= 2.15 cm
 Volumen V= 43.58 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 80.54 gr
 Peso Unitario Humedo= 1.85 gr/cm³
 Contenido de Humedad= 12.70%
 Peso Unitario Seco= 1.64 gr/cm³

PUNTOS MAXIMOS DE ESFUERZO NORMAL Y ESFUERZO CORTANTE

CARGA (KG)	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL
4.00	0.209 kg/cm ²	0.205 kg/cm ²
8.00	0.333 kg/cm ²	0.410 kg/cm ²
12.00	0.443 kg/cm ²	0.615 kg/cm ²



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.159 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)

Tipo de ensayo: CD = CONSOLIDADO DRENADO
Forma: Redonda

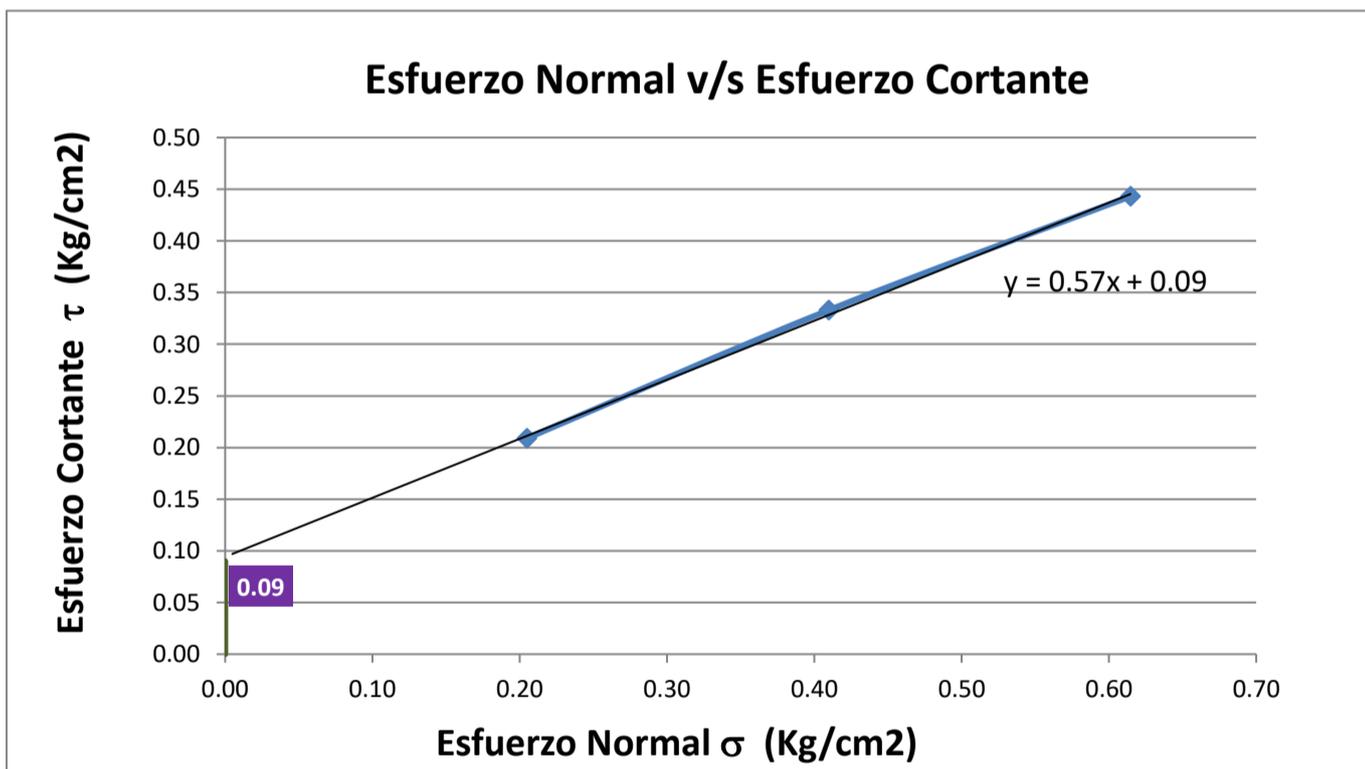
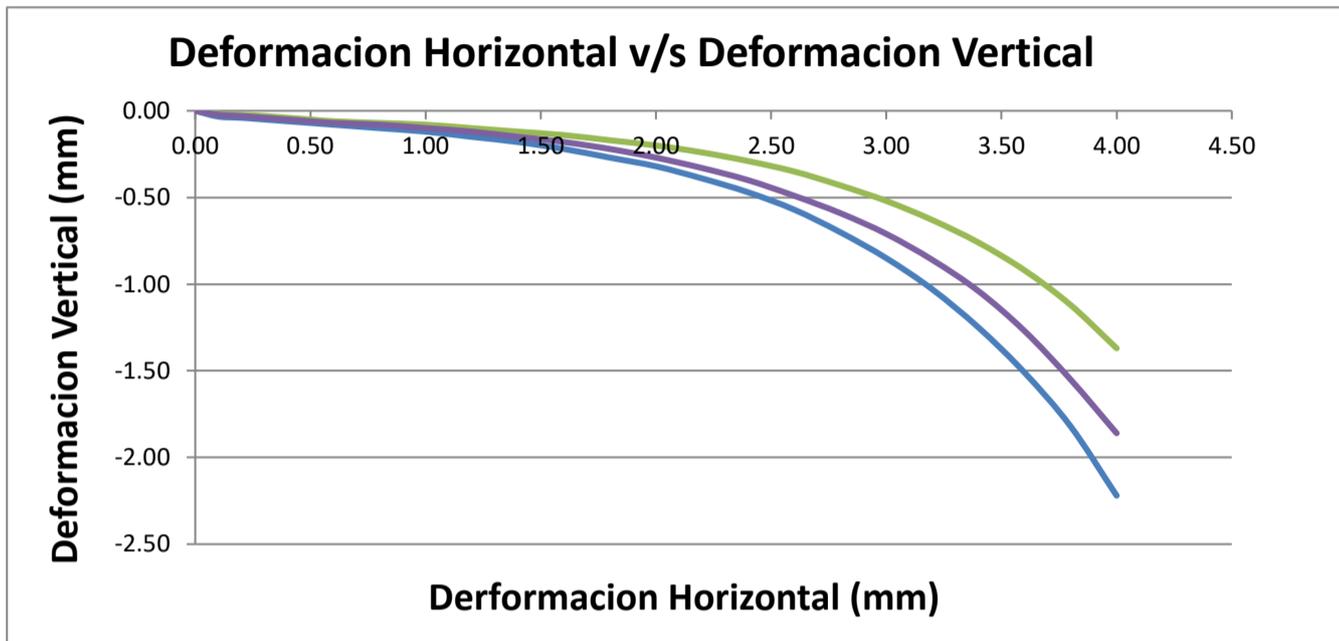
CALICATA	C - 02
SUCS	GC-GM
UBICACIÓN	I.E. CESAR VALLEJO

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado D= 5.08 cm
Area A= 20.27 cm²
Altura H= 2.15 cm
Volumen V= 43.58 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 80.54 gr
Peso Unitario Humedo= 1.85 gr/cm³
Contenido de Humedad= 12.70%
Peso Unitario Seco= 1.64 gr/cm³



Cohesion (C)= 0.09 Kg/cm²
tg(φ) = 0.570
φ= 0.52 radianes
φ= 29.68 °

UBICACIÓN	I.E. CESAR VALLEJO
CALICATA	C - 02
SUCS	GC-GM

TEORIA DE MEYERHOF

$$\Phi = 29.68$$

I.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N\phi = \tan(45 + \phi/2)$$

$$N\phi = 1.72$$

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} N\phi^2$$

$$e^{\pi \tan \phi} = 1.99$$

$$Nq = 17.75$$

$$Nc = C_t \phi (Nq - 1) = 29.39$$

$$Nc = 29.39$$

$$N\gamma = (Nq - 1) \tan(1.4\phi) = 14.85$$

$$N\gamma = 14.85$$

II.- FACTORES DE FORMA

Para $\phi=0$

Para $\phi \geq 10$

$$Fcs = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L} \right) \quad 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L} \right) \tan^2(45 + \phi/2) = 1.59$$

$$Fqs = 1.00 \quad 1 + 0.1 \left(\frac{B}{L} \right) \tan^2(45 + \phi/2) = 1.30$$

$$F\gamma_s = 1.00 \quad 1 + 0.1 \left(\frac{B}{L} \right) \tan^2(45 + \phi/2) = 1.30$$

III.- FACTORES DE PROFUNDIDAD

Para $\phi=0$

Para $\phi \geq 10$

$$Fcd = 1 + 0.2 \left(\frac{Df}{B} \right) \quad 1 + 0.2 \left(\frac{Df}{B} \right) \tan(45 + \phi/2) = 1.34$$

$$Fqd = 1.00 \quad 1 + 0.1 \left(\frac{Df}{B} \right) \tan(45 + \phi/2) = 1.17$$

$$F\gamma_d = 1.00 \quad 1 + 0.1 \left(\frac{Df}{B} \right) \tan(45 + \phi/2) = 1.17$$

IV.- FACTORES DE INCLINACION

$$Fci = \left(1 - \frac{\beta}{90} \right)^2 = 1.00$$

Aquí β = Inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical

$$Fqi = \left(1 - \frac{\beta}{90} \right)^2 = 1.00$$

$$F\gamma_i = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2 = 1.00$$

UBICACIÓN	I.E. CESAR VALLEJO
CALICATA	C - 02
SUCS	GC-GM

V.- FACTORES DE COMPRESIBILIDAD DEL SUELO

$$I_r = \frac{G_s}{c' + q' \tan \phi} = 258.17$$

Donde:

G_s= Modulo cortante del suelo

q'= Presion efectiva de sobre carga a una profundidad de D_f+B/2

$$I_r(cr) = \frac{1}{2} \left\{ \exp \left[\left(3.30 - 0.45 \frac{B}{L} \right) \cot \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \right] \right\} = 67.48$$

Si I_r >= I_r(cr)

F_{cc}, F_{qc} y F_{yc} = 1

Si I_r < I_r(cr)

$$F_{qc} = F_{yc} = \exp \left[\left(-4.4 - 0.60 \frac{B}{L} \right) \tan \phi + \left[\frac{(3.07 \sin \phi)(\log 2 I_r)}{1 + \sin \phi} \right] \right]$$

F_{qc} = F_{yc} = 0.91

$$F_{cc} = 0.32 + 0.12 \frac{B}{L} + 0.60 \log I_r = 1.89$$

$$G_s = \frac{E_s}{2(1 + \mu)} = 76.92$$

E= Modulo de Elasticidad = 200.00 kg/cm²

μ= Relacion de poisson = 0.30

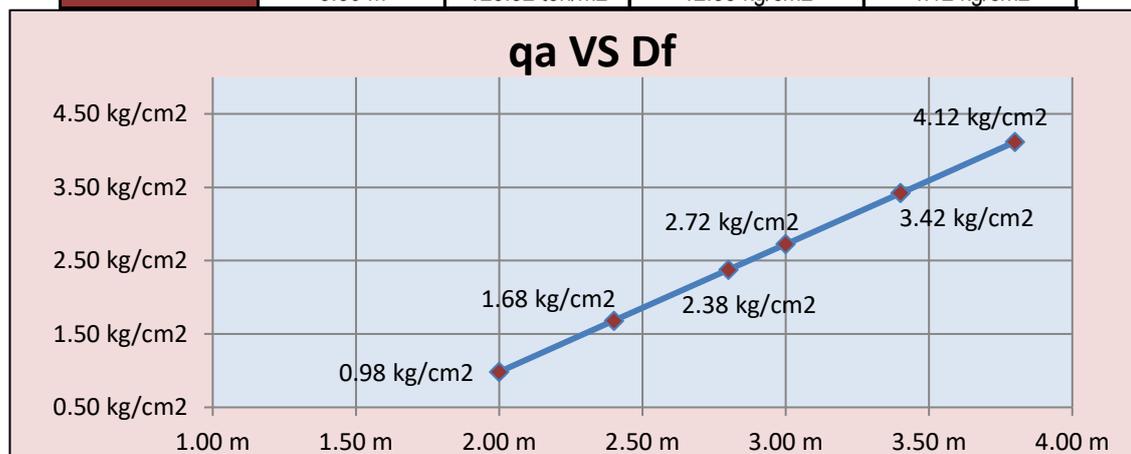
VI.- RESUMEN DE FACTORES Y VALORES

γ _{esp} = 1.94	c = 0.00	
N _q = 17.75	N _c = 29.39	N _γ = 14.85
F _{cs} = 1.59	F _{qs} = 1.30	F _{γs} = 1.30
F _{cd} = 1.34	F _{qd} = 1.17	F _{γd} = 1.17
F _{ci} = 1.00	F _{qi} = 1.00	F _{γi} = 1.00
F _{cc} = 1.00	F _{qc} = 1.00	F _{yc} = 1.00

ECUACION GENERAL DE LA CAPACIDAD DE CARGA: q_c

$$q_c = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} F_{cc} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} F_{qc} + 0.5 \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} F_{\gamma c}$$

		q _c	q _c	q _a
D _f	2.00 m	29.52 ton/m ²	2.95 kg/cm ²	0.98 kg/cm ²
	2.40 m	50.41 ton/m ²	5.04 kg/cm ²	1.68 kg/cm ²
	2.80 m	71.30 ton/m ²	7.13 kg/cm ²	2.38 kg/cm ²
	3.00 m	81.74 ton/m ²	8.17 kg/cm ²	2.72 kg/cm ²
	3.40 m	102.63 ton/m ²	10.26 kg/cm ²	3.42 kg/cm ²
	3.80 m	123.52 ton/m ²	12.35 kg/cm ²	4.12 kg/cm ²



UBICACIÓN	I.E. CESAR VALLEJO
CALICATA	C - 02
SUCS	GC-GM

TEORIA DE VESIC

$$\Phi = 29.68$$

I.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N\phi = \text{tg}(45 + \phi/2)$$

$$N\phi = 1.72$$

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} N\phi^2$$

$$e^{\pi \tan \phi} = 5.99$$

$$Nq = 17.75$$

$$Nc = Ct \phi (Nq - 1) = 19.39$$

$$Nc = 29.39$$

$$N\gamma = 2(Nq + 1) \tan \phi = 1.38$$

$$N\gamma = 21.38$$

II.- FACTORES DE FORMA

$$Fcs = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{Nq}{Nc}\right) = 1.60$$

$$Fqs = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi = 1.57$$

$$F\gamma_s = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L}\right) = 0.60$$

III.- FACTORES DE PROFUNDIDAD

Para $Df/B \leq 1$

$$Fcd = 1 + 0.4 \left(\frac{Df}{B}\right)$$

$$Fqd = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{Df}{B}$$

$$F\gamma_d = 1.00$$

Para $Df/B > 1$

$$1 + 0.4 \tan^{-1} \left(\frac{Df}{B}\right) = 1.40$$

$$1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \frac{Df}{B} = 1.29$$

$$1.00 = 1.00$$

IV.- FACTORES DE INCLINACION

$$Fci = \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2 = 1.00$$

$$Fqi = \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2 = 1.00$$

$$F\gamma_i = \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)^2 = 1.00$$

Aquí β = Inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical

UBICACION	I.E. CESAR VALLEJO
CALICATA	C - 02
SUCS	GC-GM

V.- FACTORES DE COMPRESIBILIDAD DEL SUELO

$$I_r = \frac{G_s}{c' + q' \tan \phi} = 258.17$$

Donde:

G_s= Modulo cortante del suelo

q'= Presion efectiva de sobre carga a una profundidad de Df+B/2

$$I_r(cr) = \frac{1}{2} \left\{ \exp \left[\left(3.30 - 0.45 \frac{B}{L} \right) \cot \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \right] \right\} = 67.48$$

Si I_r > I_r(cr)

F_{cc}, F_{qc} y F_{γc} = 1

Si I_r < I_r(cr)

$$F_{qc} = F_{\gamma c} = \exp \left[\left(-4.4 - 0.60 \frac{B}{L} \right) \tan \phi + \left[\frac{(3.07 \sin \phi)(\log 2 I_r)}{1 + \sin \phi} \right] \right]$$

$$F_{cc} = F_{\gamma} = 0.32 + 0.12 \frac{B}{L} + 0.60 \log I_r = 1.89$$

$$G_s = \frac{E_s}{2(1 + \mu)} = 76.92$$

E= Modulo de Elasticidad = 200.00 kg/cm²
 μ= Relacion de poisson = 0.30

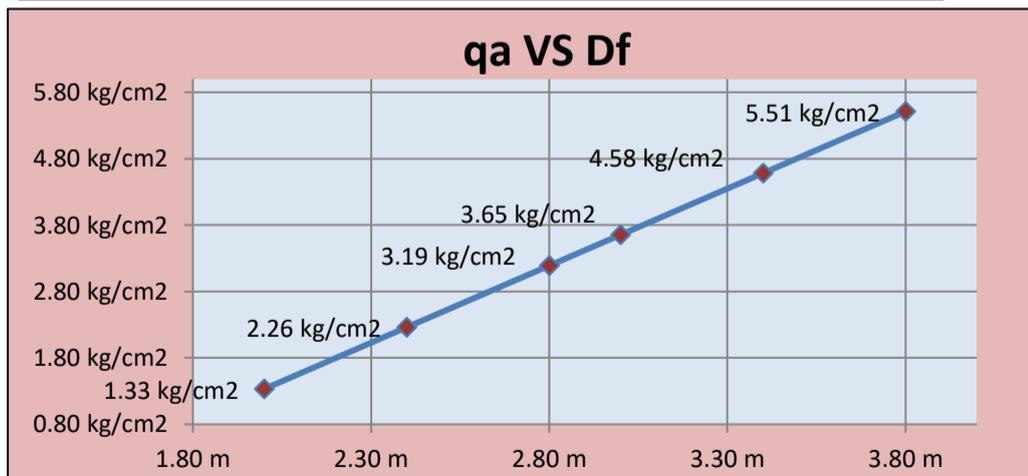
VI.- RESUMEN DE FACTORES Y VALORES

γ _{esp} = 1.94	c = 0.00	
N _q = 17.75	N _c = 29.39	N _γ = 21.38
F _{cs} = 1.60	F _{qs} = 1.57	F _{γs} = 0.60
F _{cd} = 1.40	F _{qd} = 1.29	F _{γd} = 1.00
F _{ci} = 1.00	F _{qi} = 1.00	F _{γi} = 1.00
F _{cc} = 1.00	F _{qc} = 1.00	F _{γc} = 1.00

ECUACION GENERAL DE LA CAPACIDAD DE CARGA: q_c

$$q_c = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} F_{cc} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} F_{qc} + 0.5 \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} F_{\gamma c}$$

	q _c	q _c	q _a
Df	2.00 m	39.94 ton/m ²	3.99 kg/cm ²
	2.40 m	67.80 ton/m ²	6.78 kg/cm ²
	2.80 m	95.65 ton/m ²	9.57 kg/cm ²
	3.00 m	109.58 ton/m ²	10.96 kg/cm ²
	3.40 m	137.44 ton/m ²	13.74 kg/cm ²
	3.80 m	165.29 ton/m ²	16.53 kg/cm ²



CALICATA	C - 02
SUCS	GC-GM
UBICACIÓN	I.E. CESAR VALLEJO

BULBO DE PRESIONES

$$\sigma_z = \left(\frac{3P}{2 * \pi * z^2} \right) * \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r}{z} \right)^2} \right)^{5/2}$$

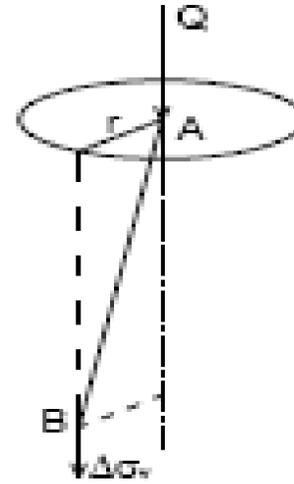
Tambien se puede expresar de la siguiente manera

$$\sigma_z = K_B * \frac{P}{z^2}$$

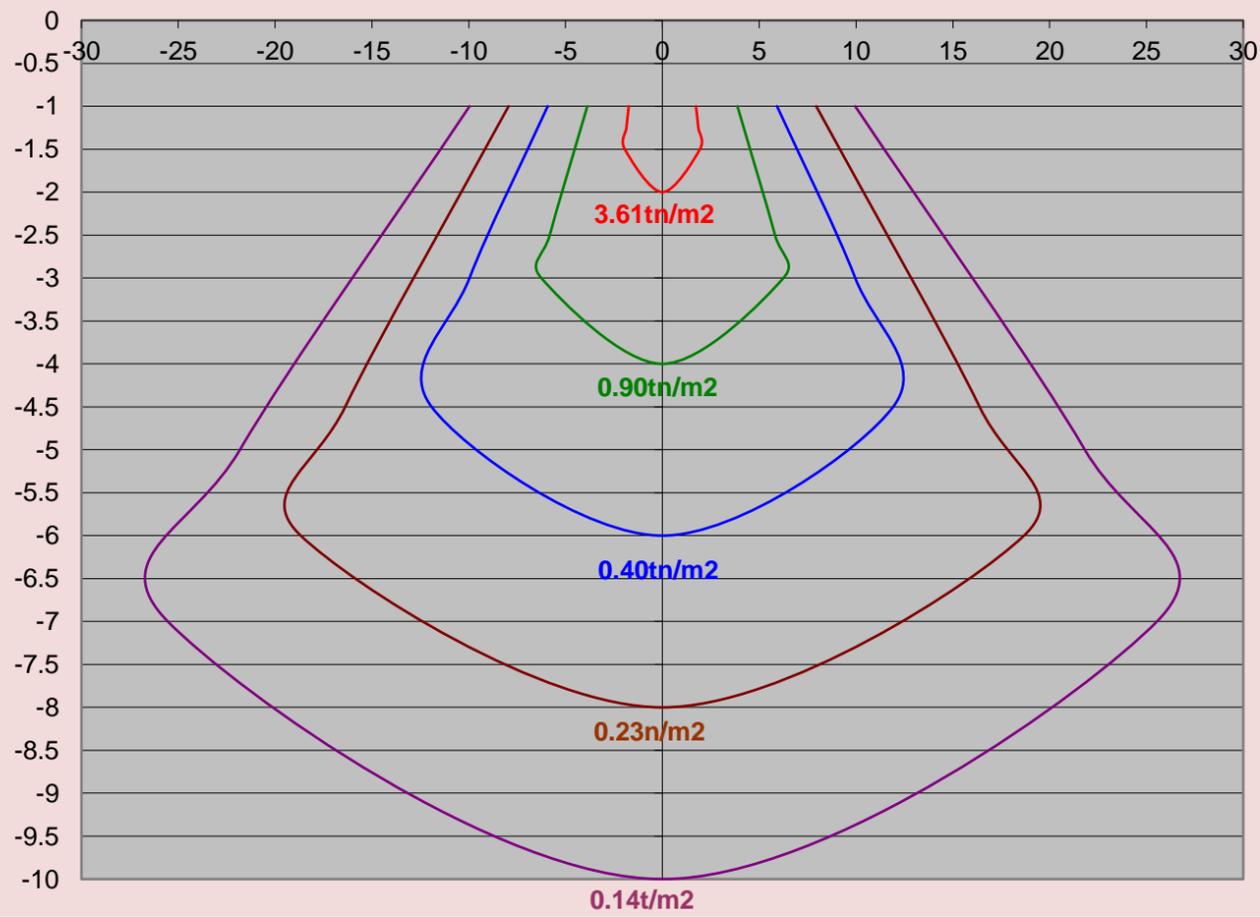
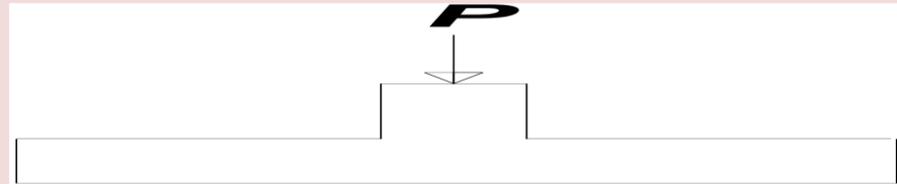
Donde:

$$K_B = \frac{0.4775}{\left(1 + \left(\frac{r}{z} \right)^2 \right)^{5/2}}$$

P= 30.25 Ton



BULBO DE PRESIONES

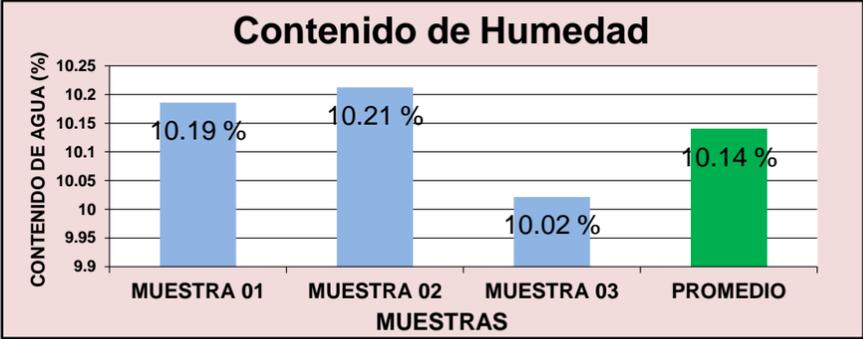


CALICATA	C - 02
SUCS	GC-GM
UBICACIÓN	I.E. CESAR VALLEJO

NTP-339.127 - ASTM-D2216

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA	30.54	30.28	30.40	
PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO	132.96	130.06	132.40	
PESO CAPS + MATERIAL SECO	123.49	120.81	123.11	
PESO DEL AGUA	9.47	9.25	9.29	
PESO DEL SUELO SECO	92.95	90.53	92.71	
CONTENIDO DE AGUA (%)	10.19	10.21	10.02	10.14

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA = 10.14%



PESO ESPECIFICO DE SOLIDOS ASTM D854 - 58

Peso Especifico de masa (Pem)

- Ws= Peso del solido, gr : 1752.00 gr
- Wo= Peso de inicial, gr : 1552.00 gr
- Wf= Peso final de la muestra, gr : 2399.07 gr
- γ_w = Peso especifico del agua : 1.00 gr/cm³

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = \frac{W_s}{\frac{W_0 + W_s - W_f}{\gamma_w}} = 1.94 \text{ gr/cm}^3$$

CALICATA	C - 02
SUCS	GC-GM
UBICACIÓN	I.E. CESAR VALLEJO

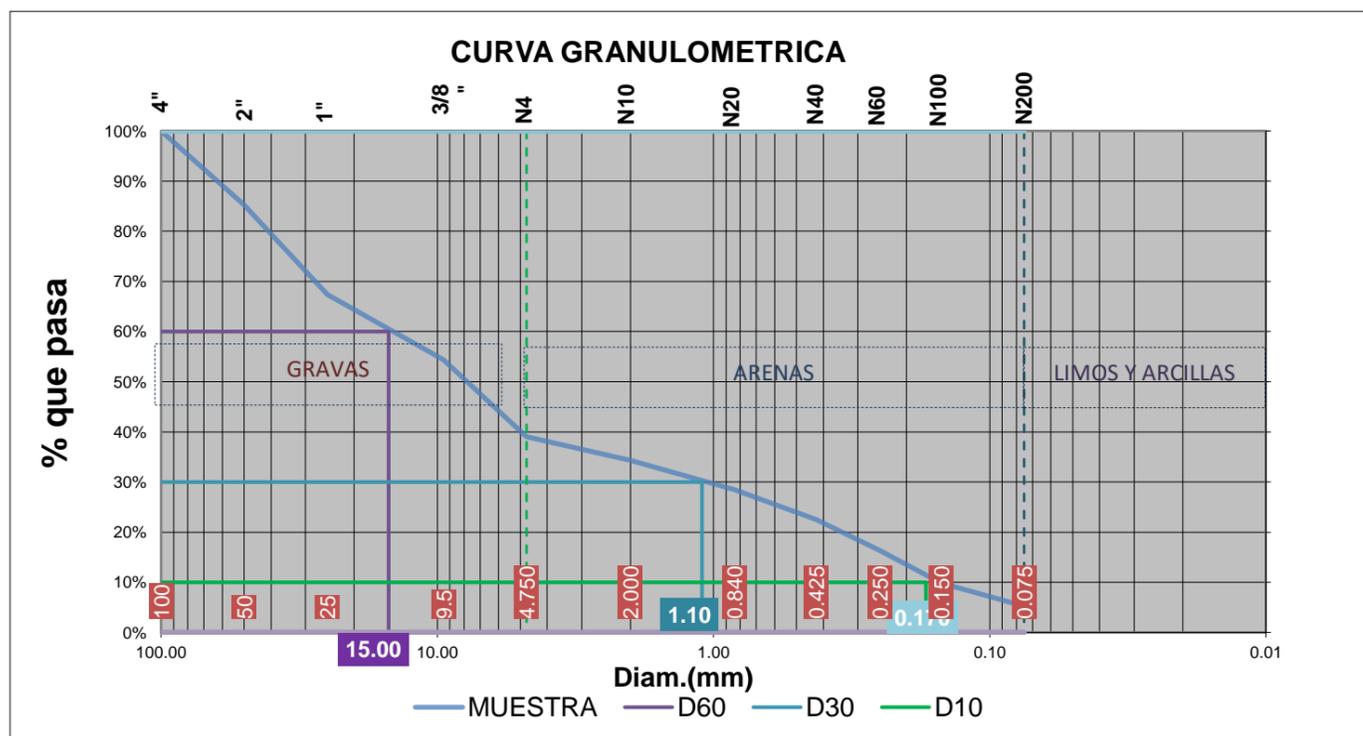
PESO INICIAL= 2232.00 gr
 % de perdidas= 1.14%
 PESO FINAL= 2206.86 gr
 % Max de Perdida= 2.00% OKiii

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E-107-200

Tamiz N°	Diam.(mm)	Peso retenido	%retenido	%que pasa
4"	100	0.00	0.00%	100.00%
2"	50	326.23	14.78%	85.22%
1"	25	393.95	17.85%	67.37%
3/8"	9.5	285.65	12.94%	54.42%
4	4.750	339.00	15.36%	39.06%
10	2.000	105.36	4.77%	34.29%
20	0.840	127.13	5.76%	28.53%
40	0.425	132.36	6.00%	22.53%
60	0.250	137.27	6.22%	16.31%
100	0.150	142.23	6.44%	9.86%
200	0.075	101.79	4.61%	5.25%
bandeja	0.000	115.89	5.25%	0.00%
		2206.86	100.00%	



% de gruesos= 94.75% % de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 64.32% (Grava)
 % de finos= 5.25% % de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 35.68% (Arenas)
 % de grava= 60.94%
 % de arena= 33.81%



D60= 15.00 Cu= 88.24
 D30= 1.10 Cc= 0.47
 D10= 0.170

CALICATA	C - 02
SUCS	GC-GM
UBICACIÓN	I.E. CESAR VALLEJO

PESO INICIAL= 2232.00 gr
 % de perdidas= 1.14%
 PESO FINAL= 2206.86 gr

LIMITES DE CONSISTENCIA

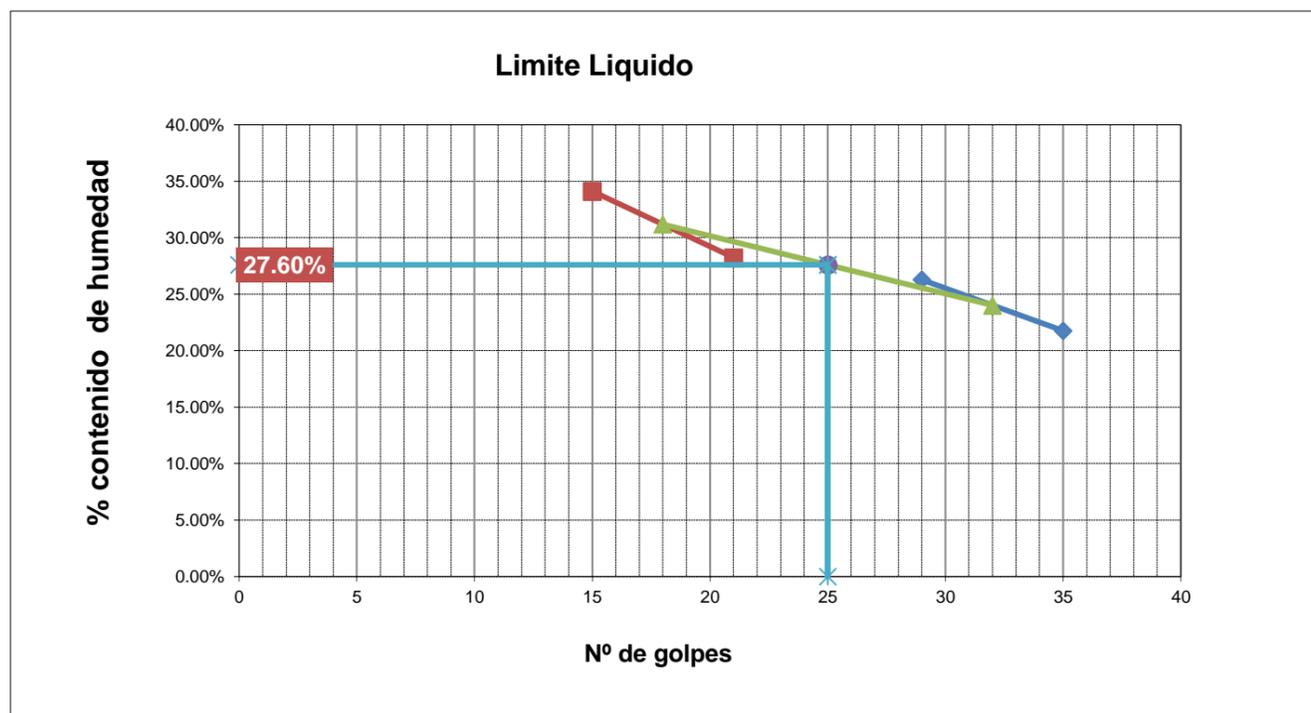
LIMITE PLASTICO

Nº de lata	1	2	3
peso de suelo humedo + lata(gr)	11.15	12.56	11.57
peso de suelo seco + lata(gr)	10.12	11.35	10.54
peso de lata(gr)	5.23	5.64	6.22
peso de suelo seco(gr)	4.89	5.71	4.32
peso de suelo humedo(gr)	5.92	6.92	5.35
peso de agua(gr)	1.03	1.21	1.03
contenido de humedad	21.08%	21.13%	23.76%



LIMITE LIQUIDO MTC E-110

Nº de lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo + lata(gr)	91.73	93.98	88.97	91.75
peso de suelo seco + lata(gr)	77.83	76.56	72.09	71.02
peso de lata(gr)	13.95	10.25	12.35	10.25
peso de suelo seco(gr)	63.88	66.31	59.74	60.77
peso de suelo humedo(gr)	77.78	83.73	76.62	81.50
peso de agua(gr)	13.90	17.42	16.88	20.73
contenido de humedad	21.76%	26.28%	28.25%	34.12%
Numero de golpes;N	35	29	21	15
LL aproximado	22.67%	26.75%	27.66%	32.07%



LL= 27.60%
 LP= 21.99%
 IP= 5.61%

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

Datos para la clasificacion

De la granulometria

% de gruesos= 94.75%
 % de finos= 5.25% Retenido en malla N 200= 94.75%
 % de grava= 60.94% Retenido en malla N 4= 60.94%
 % de arena= 33.81%
 % de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 64.32% (Grava)
 % de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 35.68% (Arena)
 Cu= 88.24
 Cc= 0.47

De los limites de consistencia

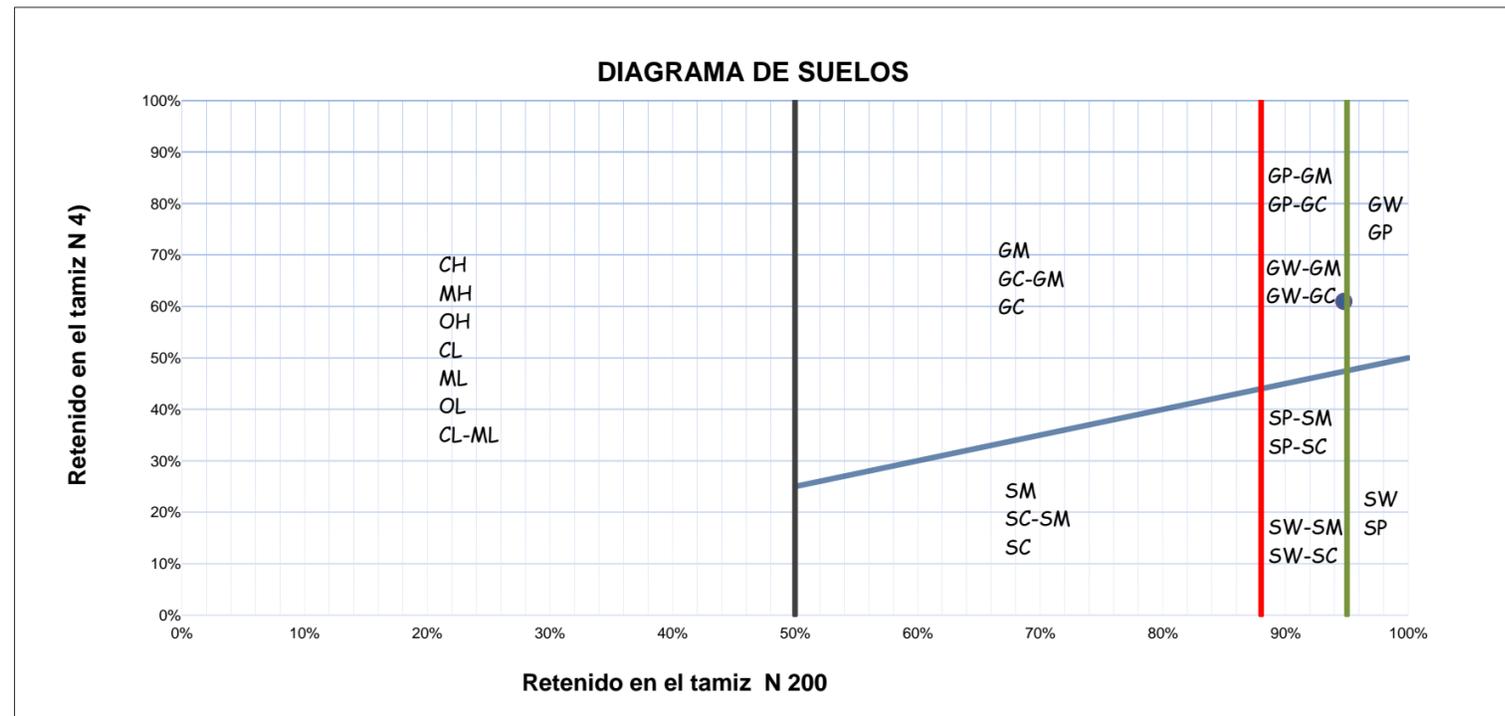
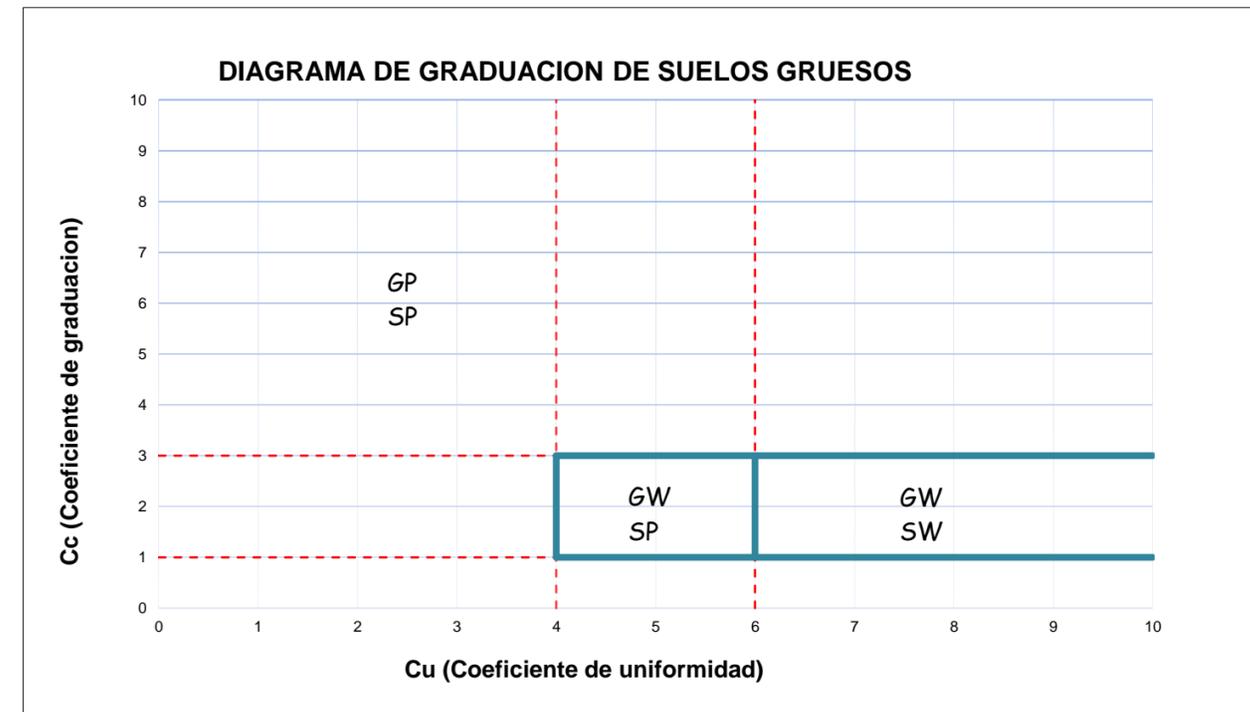
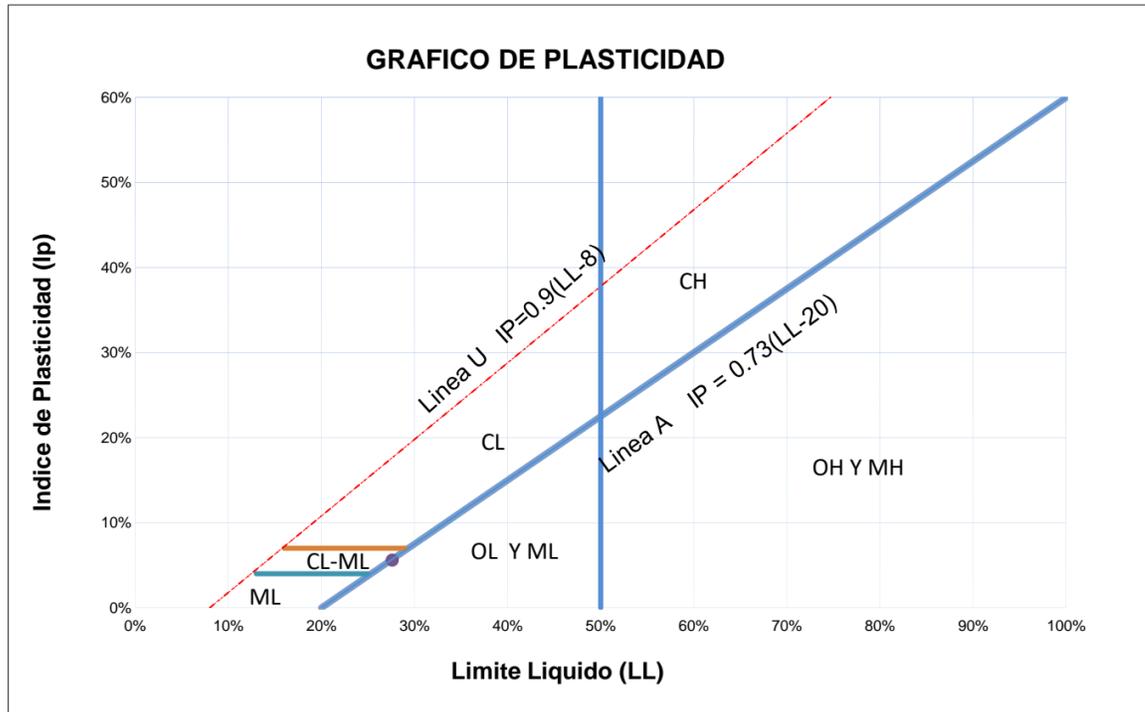
LL= 27.60%
 LP= 21.99%
 IP= 5.61%

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Clasificación de suelos			
			Símbolo de grupo	Nombre del grupo		
Suelos de partículas gruesas más del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada		
		$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada		
	Gravas con finos Más del 12% pasa la malla No. 200	$IP < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa		
		$IP > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa		
	Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo		
		Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla		
		Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo		
		Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla		
	Suelos de partículas finas El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla No. 200	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada	
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada	
Arenas con finos Más del 12% pasa la malla No. 200		$IP < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa		
		$IP > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa		
Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200		Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo		
		Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla		
		Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal graduada con limo		
		Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla		
Suelos altamente orgánicos	Limos y arcillas Limite Líquido menor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad	
		Inorgánicos	$IP < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad	
	Limos y arcillas Limite Líquido mayor que 50	Orgánicos	Limite líquido - secado al horno < 0.75	OL	Arcilla orgánica	
		Orgánicos	limite líquido - no secado		Limo orgánico	
	Suelos altamente orgánicos	Limos y arcillas Limite Líquido mayor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
			Inorgánicos	$IP < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		Limos y arcillas Limite Líquido mayor que 50	Orgánicos	Limite líquido - secado al horno < 0.75	OH	Arcilla orgánica
			Orgánicos	limite líquido - no secado		Limo orgánica
Principalmente materia orgánica de color oscuro			PT	Turba		

DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS

SUELOS																									
GRUESOS MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200													FINOS MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200												
GRAVAS						ARENAS							LIMOS Y ARCILLAS						ORG (Turba)						
LIMPIAS		COMBINACIONES				CON FINOS		LIMPIAS		COMBINACIONES			CON FINOS		LL<50%			LL>50%							
GW	GP	GW-GM	GW-GC	GP-GM	GP-GC	GM	GC	GC-GM	SW	SP	SW-SM	SW-SC	SP-SM	SP-SC	SM	SC	SC-SM	CL	CL-ML	ML	OL	CH	MH	OH	Pt

GC-GM (SUCS) Grava arcillo limosa.



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.159 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)

CALICATA	C - 16
SUCS	OH
UBICACIÓN	JR. JUAQUIN DIPAS HUAREN

Tipo de ensay CD = CONSOLIDADO DRENADO

Forma: Redonda

DATOS DEL EQUIPO

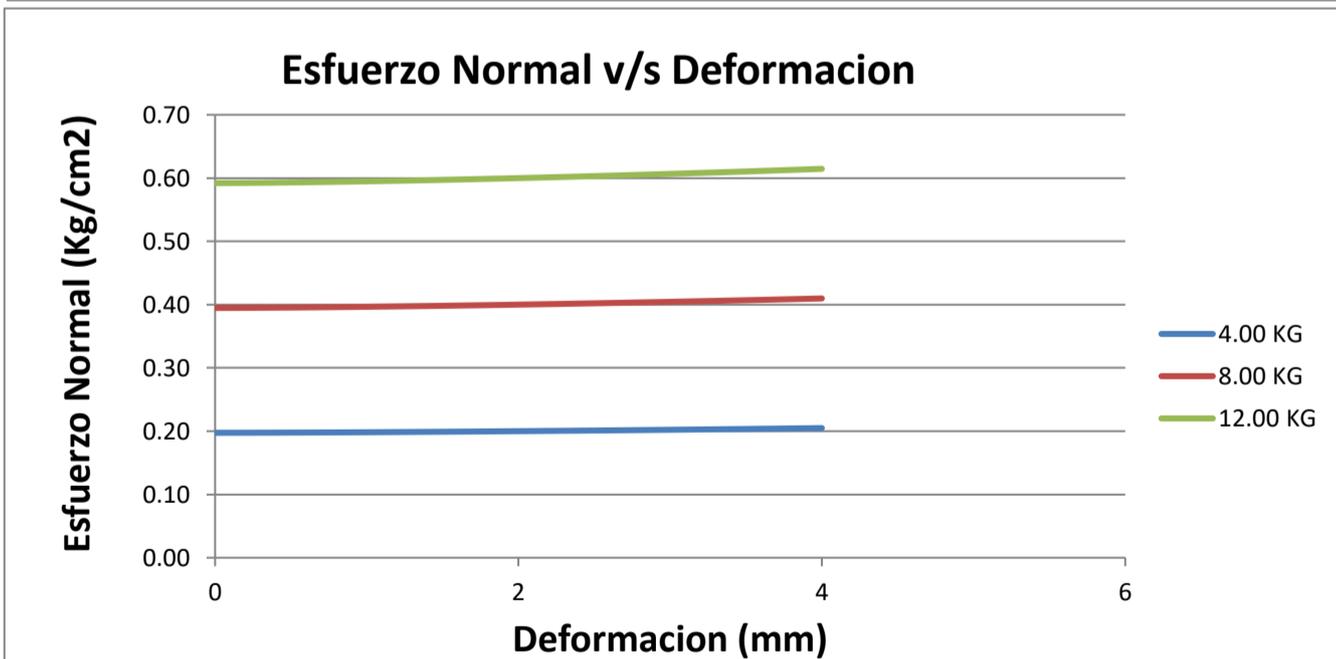
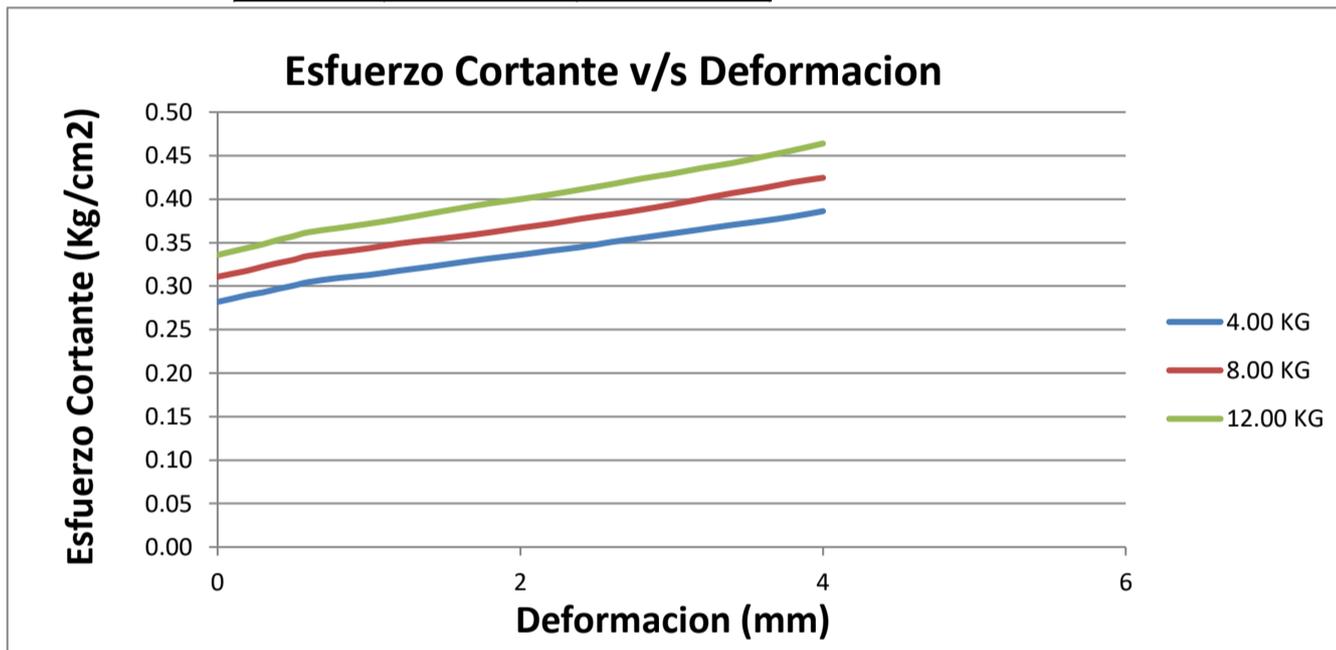
Diametro o Lado D= 5.08 cm
 Area A= 20.27 cm²
 Altura H= 2.15 cm
 Volumen V= 43.58 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 80.54 gr
 Peso Unitario Humedo= 1.85 gr/cm³
 Contenido de Humedad= 12.70%
 Peso Unitario Seco= 1.64 gr/cm³

PUNTOS MAXIMOS DE ESFUERZO NORMAL Y ESFUERZO CORTANTE

CARGA (KG)	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL
4.00	0.386 kg/cm ²	0.205 kg/cm ²
8.00	0.425 kg/cm ²	0.410 kg/cm ²
12.00	0.464 kg/cm ²	0.615 kg/cm ²



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.159 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)

CALICATA	C - 16
SUCS	OH
UBICACIÓN	JR. JUAQUIN DIPAS HUAREN

Tipo de ensay CD = CONSOLIDADO DRENADO

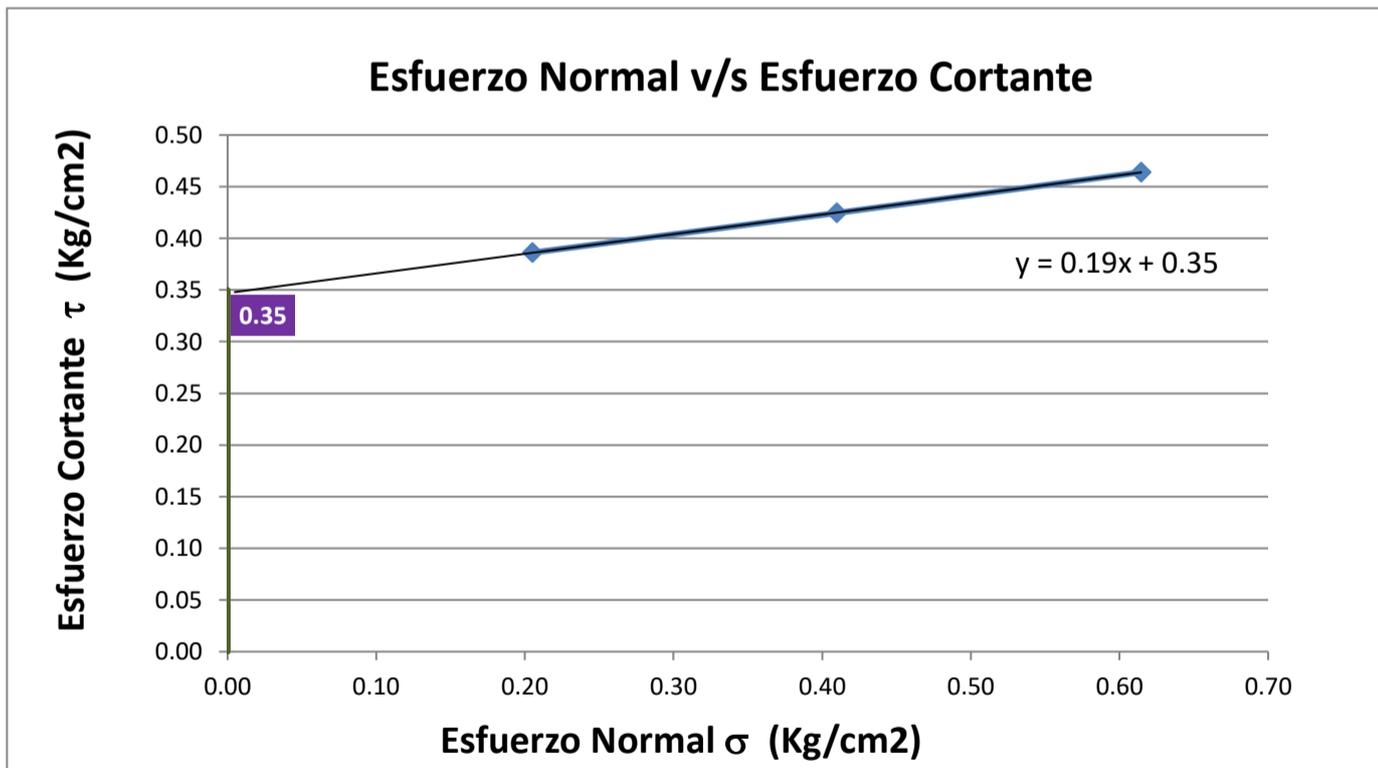
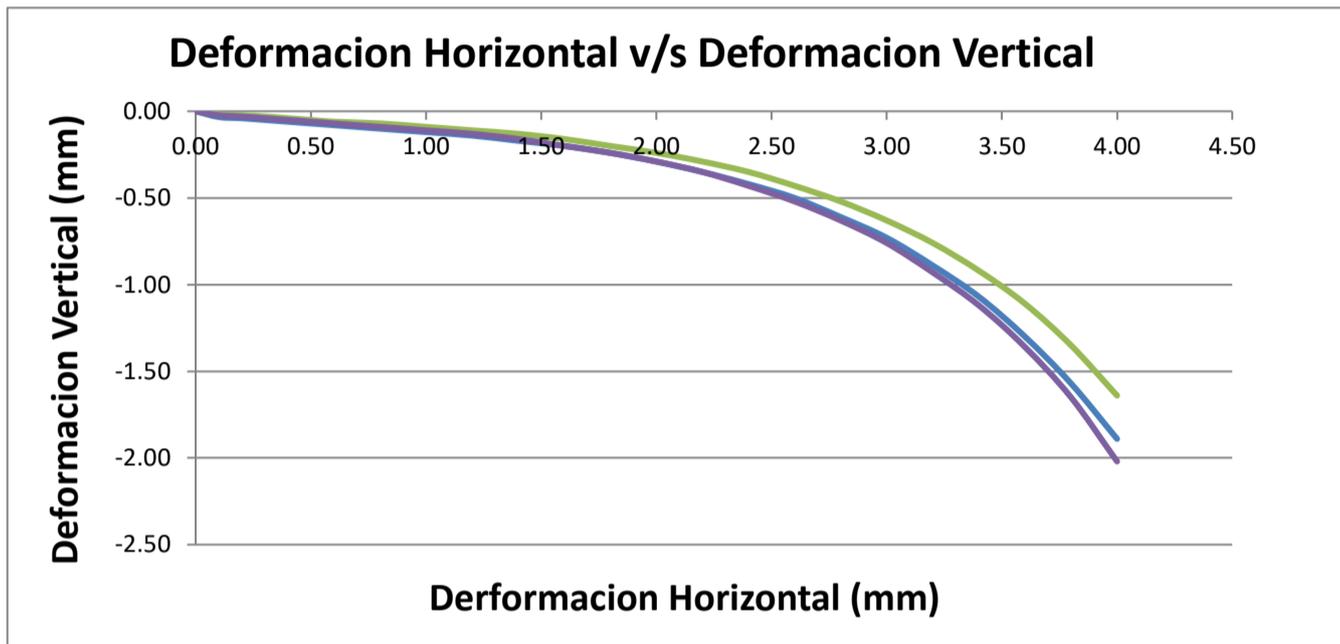
Forma: Redonda

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado D= 5.08 cm
 Area A= 20.27 cm²
 Altura H= 2.15 cm
 Volumen V= 43.58 cm³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= 80.54 gr
 Peso Unitario Humedo= 1.85 gr/cm³
 Contenido de Humedad= 12.70%
 Peso Unitario Seco= 1.64 gr/cm³



Cohesion (C)= 0.35 Kg/cm²
 tg(φ) = 0.190
 φ= 0.19 radianes
 φ= 10.76 °

CALICATA	C - 16
SUCS	OH
UBICACIÓN	JR. JUAQUIN DIPAS HUAREN

FACTORES DE LA CAPACIDAD DE CARGA

$\gamma = 1.59 \text{ ton/m}^3$

Teoria de Skempton

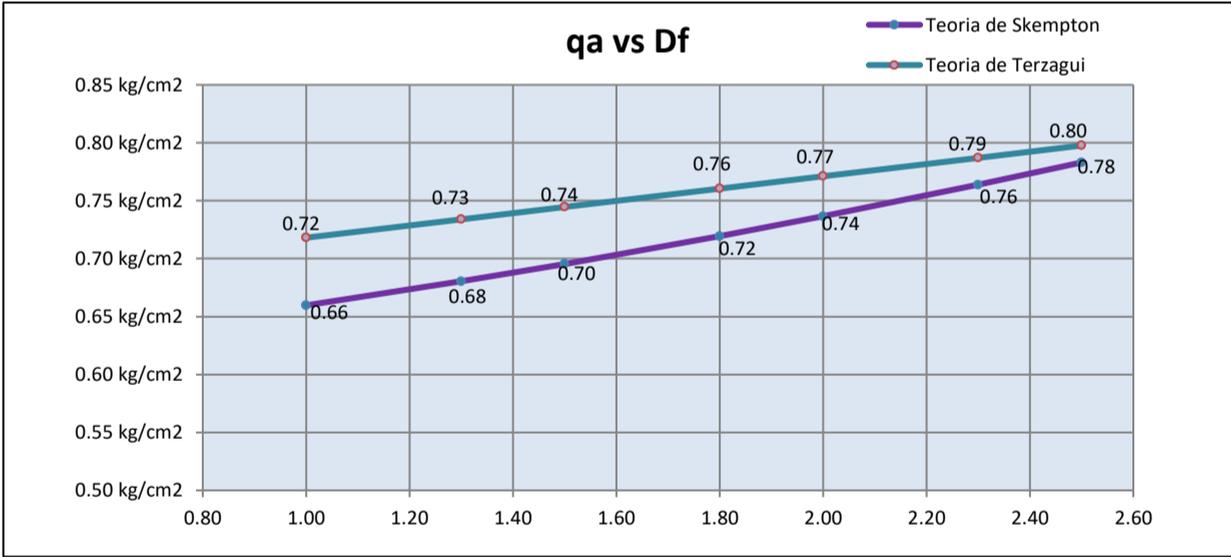
$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q$

Df	Angulo de friccion (ϕ)	Cohesion (kg/cm ²)	Nq	Nc	qc	qa
1.00	10.76	0.35	0.25	5.54	1.98 ton/m ²	0.66 kg/cm ²
1.30	10.76	0.35	0.33	5.64	2.04 ton/m ²	0.68 kg/cm ²
1.50	10.76	0.35	0.38	5.70	2.09 ton/m ²	0.70 kg/cm ²
1.80	10.76	0.35	0.45	5.80	2.16 ton/m ²	0.72 kg/cm²
2.00	10.76	0.35	0.50	5.86	2.21 ton/m ²	0.74 kg/cm ²
2.30	10.76	0.35	0.58	5.95	2.29 ton/m ²	0.76 kg/cm ²
2.50	10.76	0.35	0.63	6.00	2.35 ton/m ²	0.78 kg/cm ²

Teoria de Terzagui

$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q$

Df	Angulo de friccion (ϕ)	Cohesion (kg/cm ²)	Nq	Nc	qc	qa
1.00	10.76	0.35	1.00	5.70	2.15 ton/m ²	0.72 kg/cm ²
1.30	10.76	0.35	1.00	5.70	2.20 ton/m ²	0.73 kg/cm ²
1.50	10.76	0.35	1.00	5.70	2.23 ton/m ²	0.74 kg/cm ²
1.80	10.76	0.35	1.00	5.70	2.28 ton/m ²	0.76 kg/cm ²
2.00	10.76	0.35	1.00	5.70	2.31 ton/m ²	0.77 kg/cm ²
2.30	10.76	0.35	1.00	5.70	2.36 ton/m ²	0.79 kg/cm ²
2.50	10.76	0.35	1.00	5.70	2.39 ton/m ²	0.80 kg/cm ²



CALICATA	C - 16
SUCS	OH
UBICACIÓN	JR. JUAQUIN DIPAS HUAREN

CALCULO DE ASENTAMIENTO INMEDIATO EN LA CIMENTACION

CENTRO

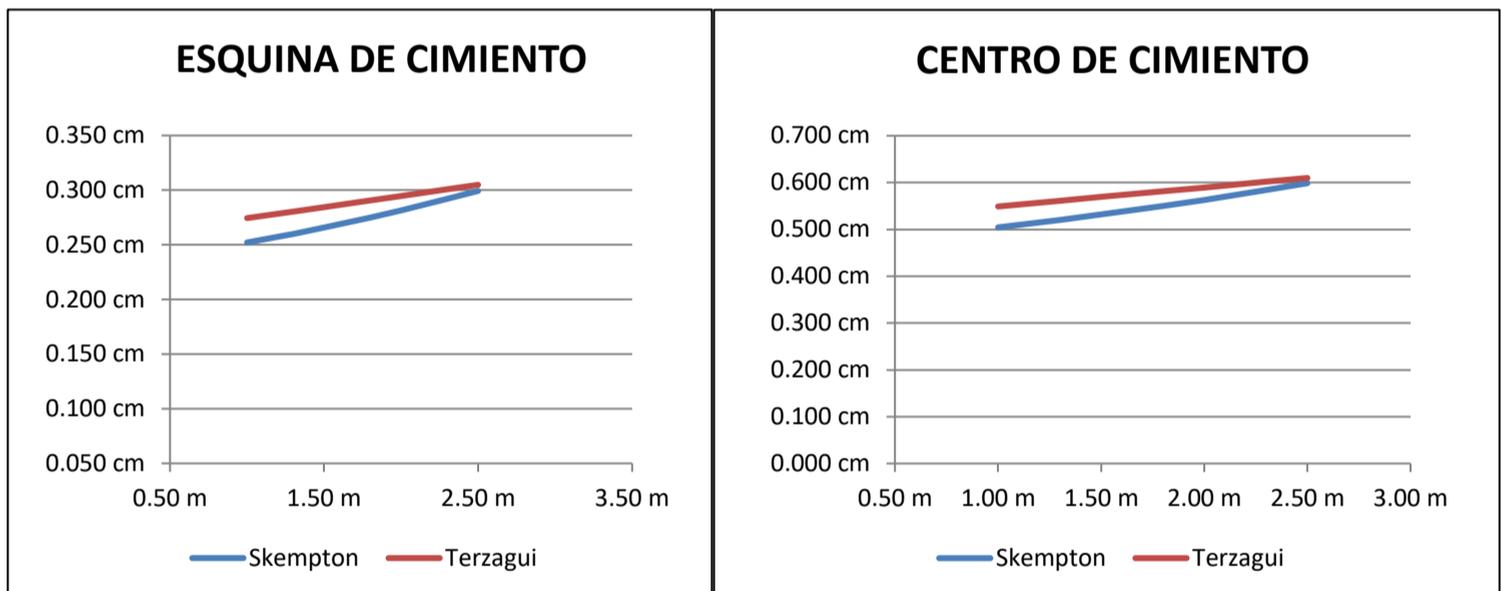
ESQUINA

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

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

B= 4.00 m
L= 4.00 m
E= 100.00 Kg/cm²
N= 0.56
μ= 0.30

Df	qa		Acentamiento			
			Skempton		Terzagui	
	Skempton	Terzagui	Esquina	Centro	Esquina	Centro
1.00 m	0.66 kg/cm ²	0.72 kg/cm ²	0.252 cm	0.504 cm	0.274 cm	0.549 cm
1.30 m	0.68 kg/cm ²	0.73 kg/cm ²	0.260 cm	0.520 cm	0.281 cm	0.561 cm
1.50 m	0.70 kg/cm ²	0.74 kg/cm ²	0.266 cm	0.532 cm	0.285 cm	0.569 cm
1.80 m	0.72 kg/cm ²	0.76 kg/cm ²	0.275 cm	0.550 cm	0.291 cm	0.581 cm
2.00 m	0.74 kg/cm ²	0.77 kg/cm ²	0.281 cm	0.563 cm	0.295 cm	0.589 cm
2.30 m	0.76 kg/cm ²	0.79 kg/cm ²	0.292 cm	0.584 cm	0.301 cm	0.602 cm
2.50 m	0.78 kg/cm ²	0.80 kg/cm ²	0.299 cm	0.599 cm	0.305 cm	0.610 cm



S= Asentamiento, en cm
 qa= Presion de contacto, en Kg/cm²
 B= Ancho del area cargada, en cm
 E= Modulo de elasticidad del suelo, en Kg/cm²
 N= Valor de influencia que depende de la relacion largo a ancho (L/B) del area cargada
 μ= Modulo de poisson que depende del tipo de suelo

Si; Df=B se considerara 75% del asentamiento
 Si; Df>B se considerara 50% del asentamiento

Smax= 0.610 cm okj Sdif= 0.457 cm okj

Se puede observar que los asentamientos a diferentes profundidades estan dentro de los parametros permisibles

CALICATA	C - 16
SUCS	OH
UBICACIÓN	JR. JUAQUIN DIPAS HUAREN

BULBO DE PRESIONES

$$\sigma_z = \left(\frac{3P}{2 * \pi * z^2} \right) * \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r}{z} \right)^2} \right)^{5/2}$$

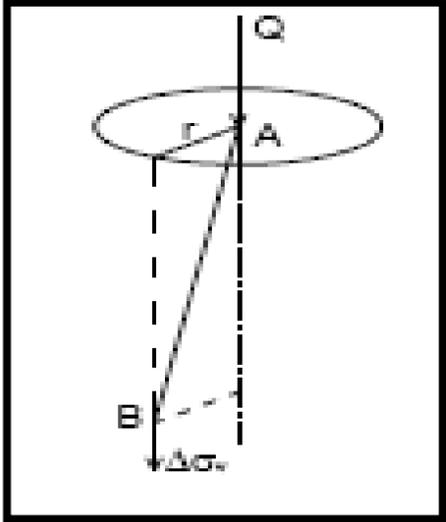
Tambien se puede expresar de la siguiente manera

$$\sigma_z = K_B * \frac{P}{z^2}$$

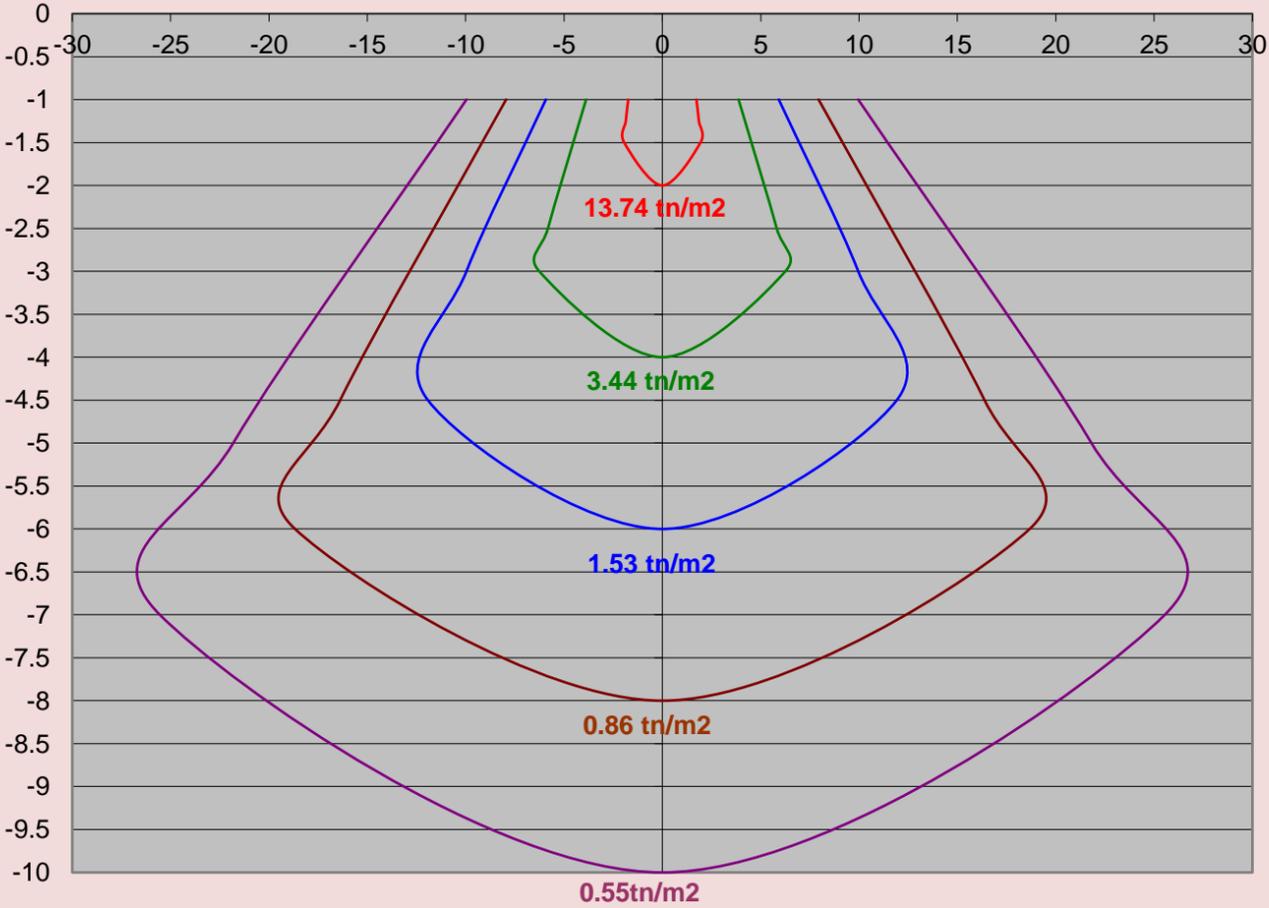
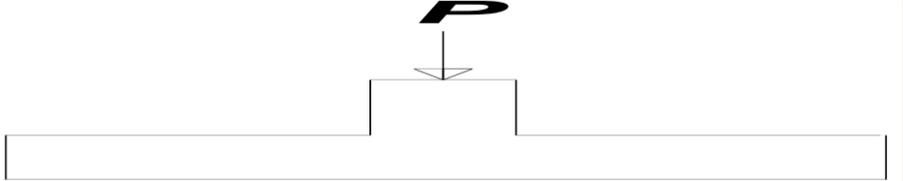
Donde:

$$K_B = \frac{0.4775}{\left(1 + \left(\frac{r}{z} \right)^2 \right)^{5/2}}$$

P= 115.11 Ton



BULBO DE PRESIONES

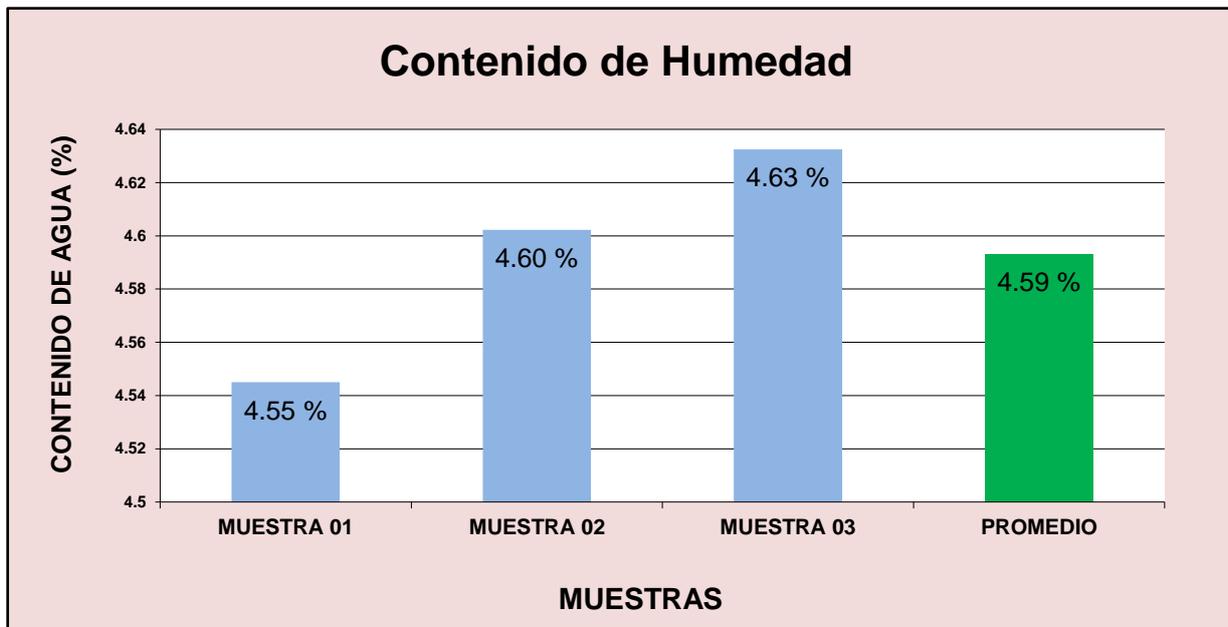


CALICATA	C - 16
SUCS	OH
UBICACIÓN	JR. JUAQUIN DIPAS HUAREN

NTP-339.127 - ASTM-D2216

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA	29.53	30.32	30.96	
PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO	123.31	115.15	113.70	
PESO CAPS + MATERIAL SECO	119.23	111.42	110.04	
PESO DEL AGUA	4.08	3.73	3.66	
PESO DEL SUELO SECO	89.70	81.10	79.08	
CONTENIDO DE AGUA (%)	4.55	4.60	4.63	4.59

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA = **4.59%**



PESO ESPECIFICO DE SOLIDOS ASTM D854 - 58

Peso Especifico de masa (Pem)

W_s = Peso del solido, gr : 1958.55 gr
 W_o = Peso de inicial, gr : 1918.82 gr
 W_f = Peso final de la muestra, gr : 2647.05 gr
 γ_w = Peso especifico del agua : 1.00 gr/cm³

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = \frac{W_s}{\frac{W_o + W_s - W_f}{\gamma_w}} = 1.59 \text{ gr/cm}^3$$

SUCS	OH
UBICACIÓN	JR. JUAQUIN DIPAS HUAREN
CALICATA	C - 16

PESO INICIAL=	2300.00 gr
% de perdidas=	0.01%
PESO FINAL=	2299.70 gr
% Max de Perdida=	2.00%

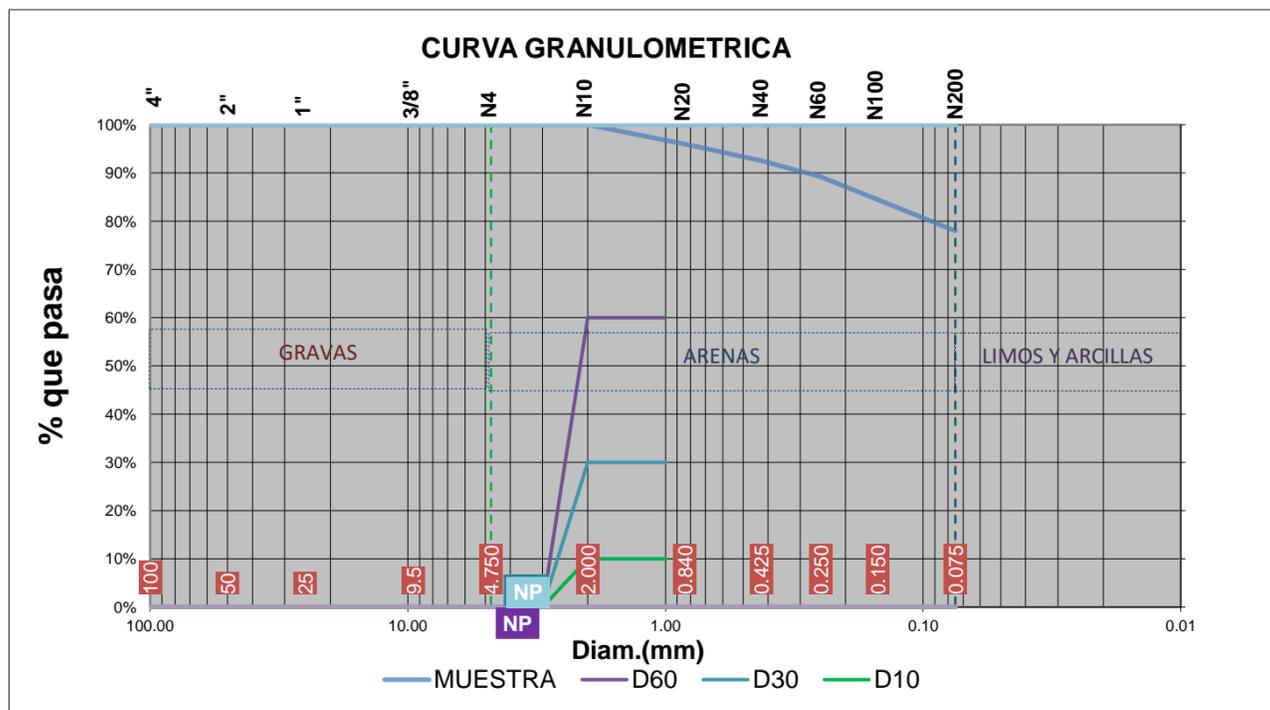
OKjii

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E-107-200

Tamiz N°	Diam.(mm)	Peso retenido	%retenido	%que pasa
4"	100	0.00	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	9.5	0.00	0.00%	100.00%
4	4.750	0.00	0.00%	100.00%
10	2.000	0.00	0.00%	100.00%
20	0.840	91.70	3.99%	96.01%
40	0.425	79.12	3.44%	92.57%
60	0.250	77.07	3.35%	89.22%
100	0.150	109.58	4.76%	84.46%
200	0.075	148.74	6.47%	77.99%
bandeja	0.000	1793.49	77.99%	0.00%
		2299.70	100.00%	



% de gruesos=	22.01%	% de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4=	0.00%	(Grava)
% de finos=	77.99%	% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4=	100.00%	(Arenas)
% de grava=	0.00%			
% de arena=	22.01%			



D60= NP	Cu= NP
D30= NP	Cc= NP
D10= NP	

SUCS	OH
UBICACIÓN	JR. JUAQUIN DIPAS HUAREN
CALICATA	C - 16

PESO INICIAL= 2300.00 gr
 % de perdidas= 0.01%
 PESO FINAL= 2299.70 gr

LIMITES DE CONSISTENCIA

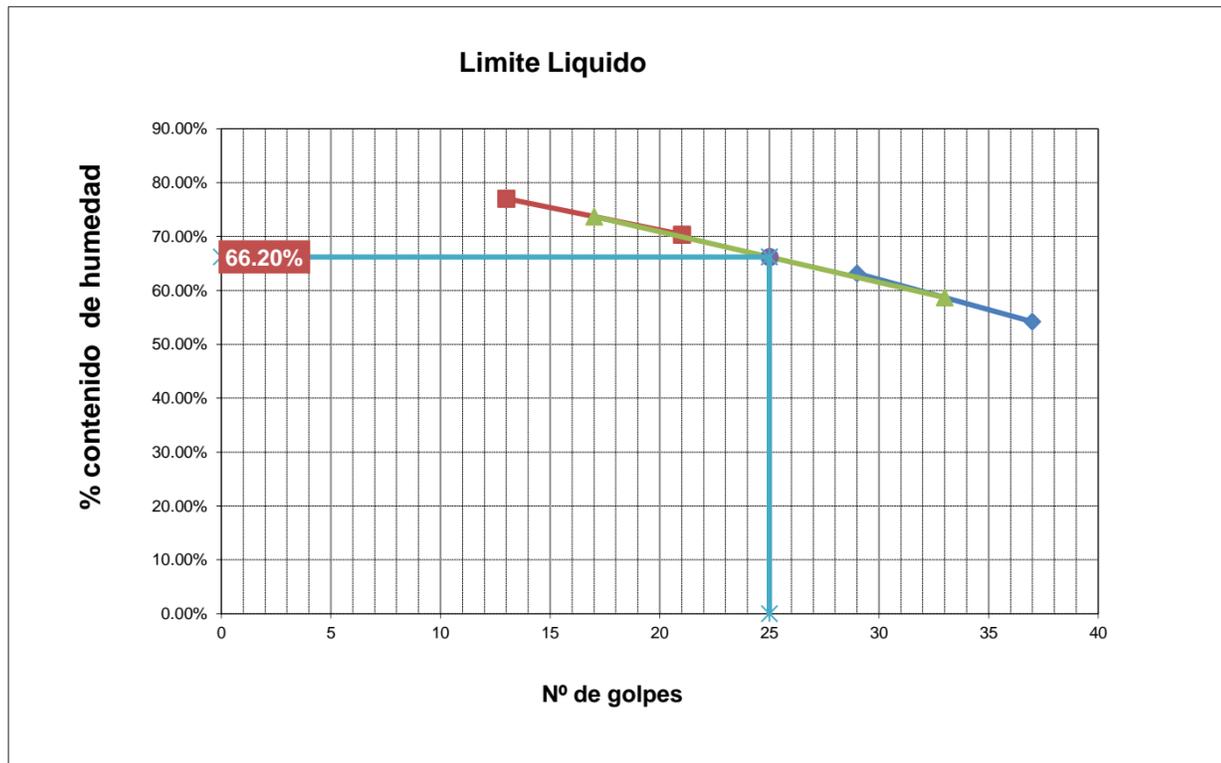
LIMITE PLASTICO

Nº de lata	1	2	3
peso de suelo humedo + lata(gr)	12.32	13.56	11.84
peso de suelo seco + lata(gr)	10.19	11.26	10.15
peso de lata(gr)	5.23	5.64	6.22
peso de suelo seco(gr)	4.96	5.62	3.93
peso de suelo humedo(gr)	7.09	7.92	5.62
peso de agua(gr)	2.13	2.30	1.69
contenido de humedad	43.01%	40.88%	42.88%



LIMITE LIQUIDO MTC E-110

Nº de lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo + lata(gr)	98.82	106.10	90.85	96.54
peso de suelo seco + lata(gr)	68.99	68.99	58.42	58.99
peso de lata(gr)	13.95	10.25	12.35	10.25
peso de suelo seco(gr)	55.04	58.74	46.07	48.74
peso de suelo humedo(gr)	84.87	95.85	78.50	86.29
peso de agua(gr)	29.83	37.11	32.43	37.55
contenido de humedad	54.19%	63.17%	70.40%	77.04%
Numero de golpes;N	37	29	21	13
LL aproximado	56.82%	64.32%	68.93%	71.18%



LL= 66.20%
 LP= 42.26%
 IP= 23.94%

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Clasificación de suelos			
			Símbolo de grupo	Nombre del grupo		
Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada	
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada	
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa	
	Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200		IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
				Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo
				Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
				Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo
	Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
				$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
			Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200		Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200		IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
				Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo
				Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla
				Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal graduada con limo
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200		Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad
				IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
		Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Orgánicos	Limite liquido - secado al horno < 0.75	OL
				limite liquido - no secado		Limo orgánico
	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50		Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
				IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
	Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro	Orgánicos	Limite liquido - secado al horno < 0.75	OH	Arcilla orgánica
				limite liquido - no secado		Limo orgánica
	Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro			PT	Turba

SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

Datos para la clasificacion

De la granulometria

% de gruesos= 22.01%
 % de finos= 77.99% Retenido en malla N 200= 22.01%
 % de grava= 0.00% Retenido en malla N 4= 0.00%
 % de arena= 22.01%
 % de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 0.00% (Grava)
 % de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 100.00% (Arena)

Cu= NP

Cc= NP

De los limites de consistencia

LL= 66.20%

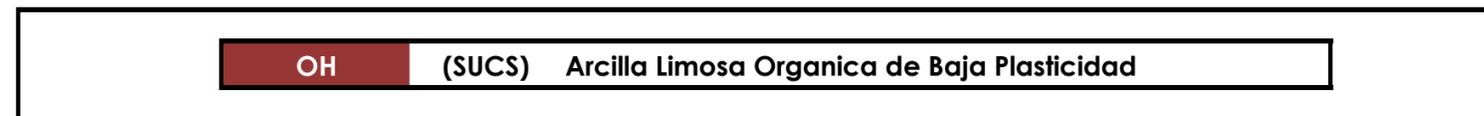
LP= 42.26%

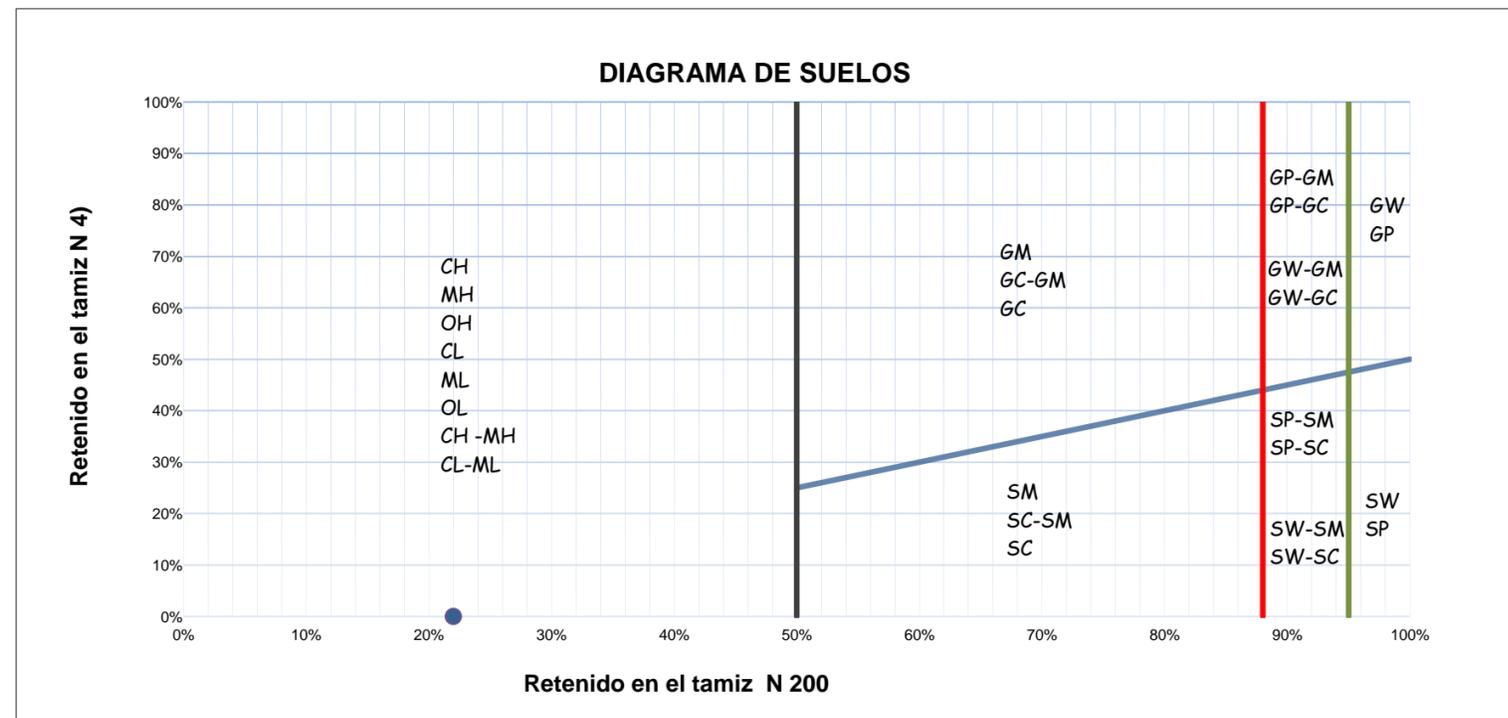
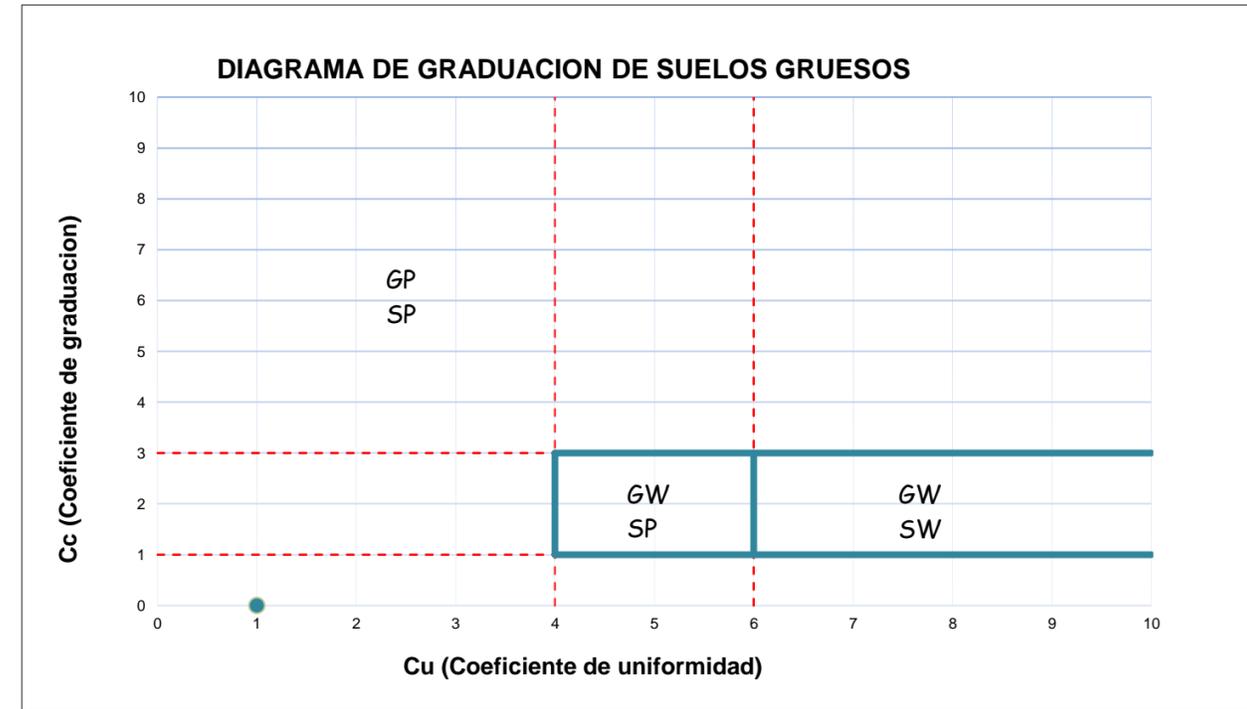
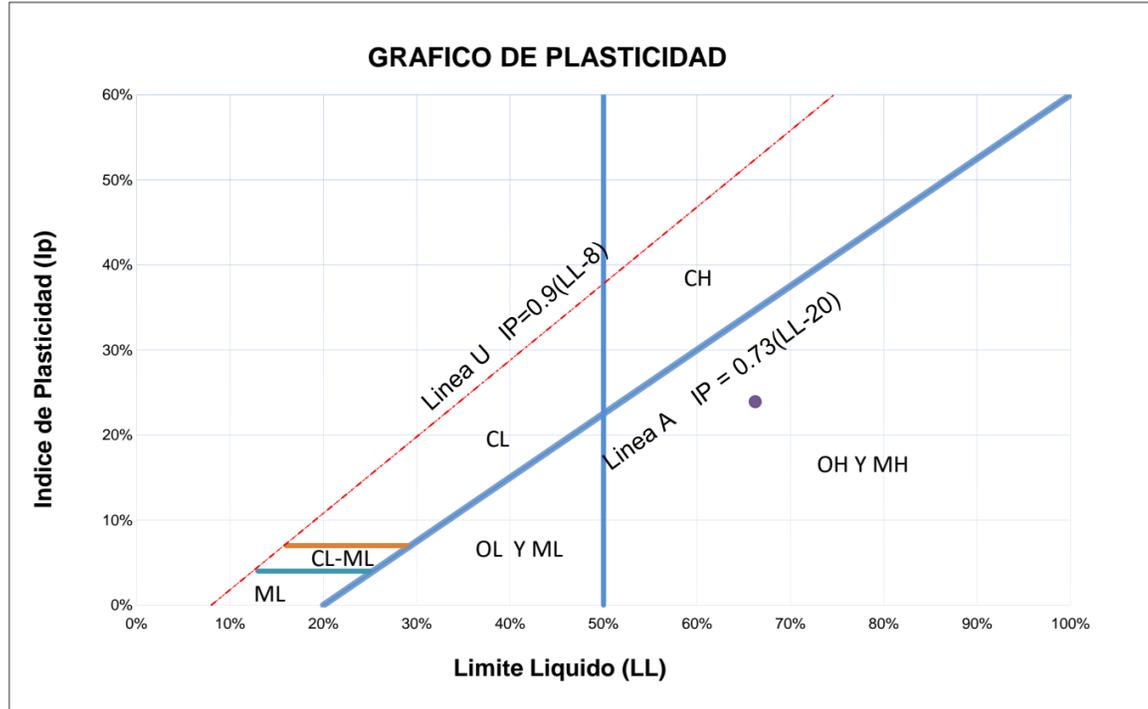
IP= 23.94%

CALICATA	C - 16
SUCS	OH
UBICACIÓN	JR. JUAQUIN DIPAS HUAREN

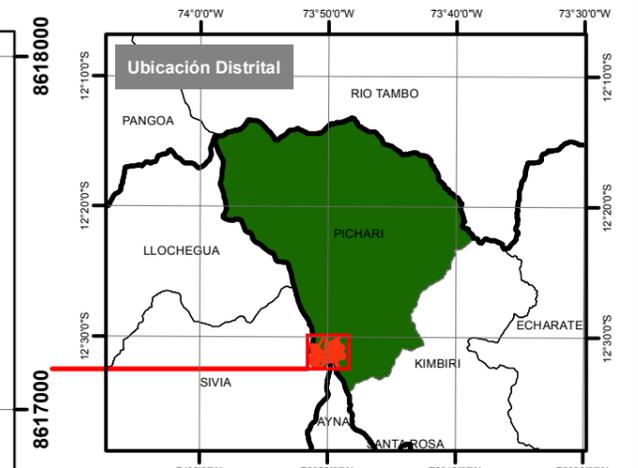
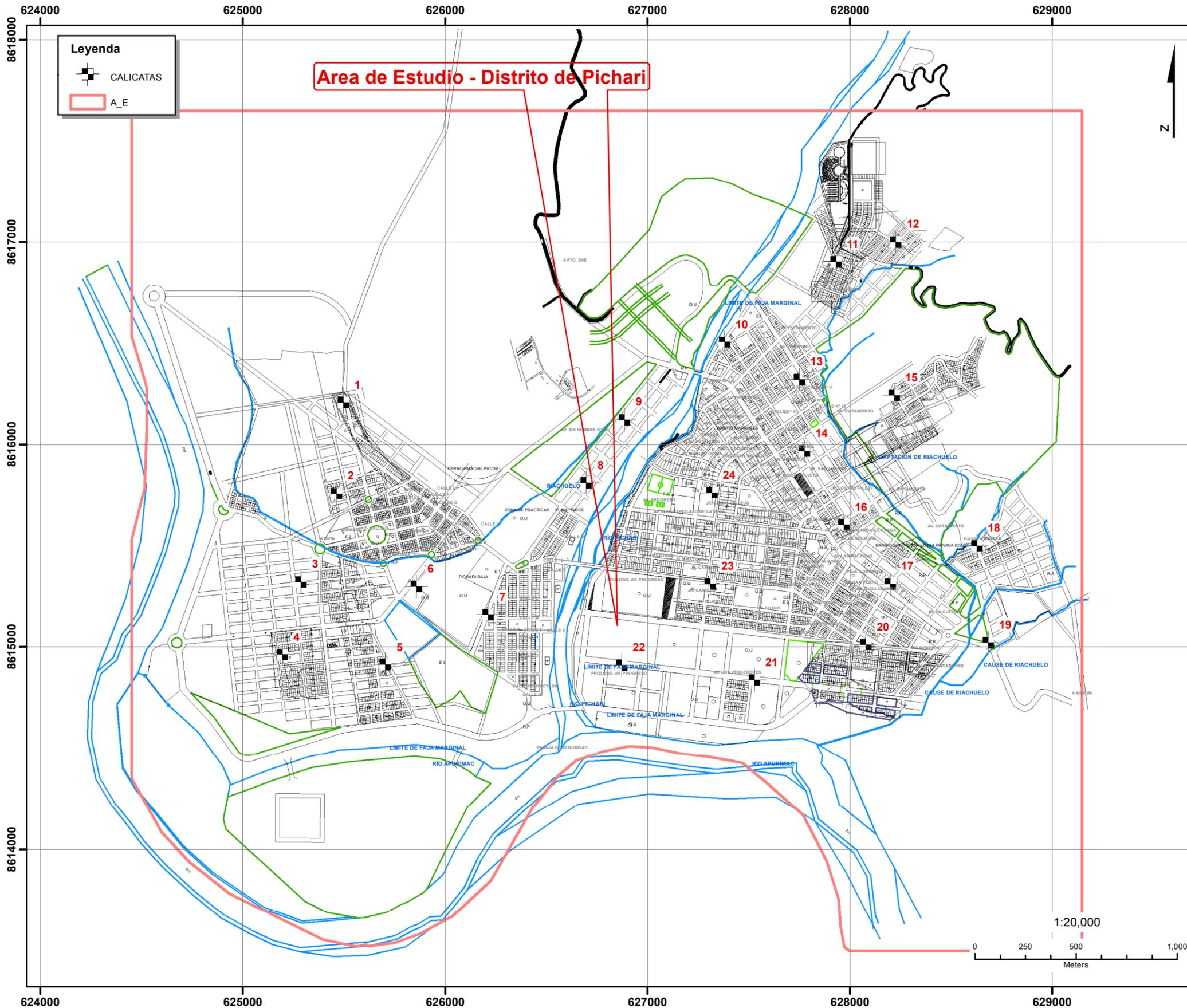
DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS

SUELOS																									
GRUESOS MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200															FINOS MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200										
GRAVAS					ARENAS										LIMOS Y ARCILLAS					ORG (Turba)					
LIMPIAS		COMBINACIONES			CON FINOS			LIMPIAS		COMBINACIONES				CON FINOS				LL < 50%		LL > 50%					
GW	GP	GW-GM	GW-GC	GP-GM	GP-GC	GM	GC	GC-GM	SW	SP	SW-SM	SW-SC	SP-SM	SP-SC	SM	SC	SC-SM	CL	CL-ML	ML	OL	CH	MH	OH	PT





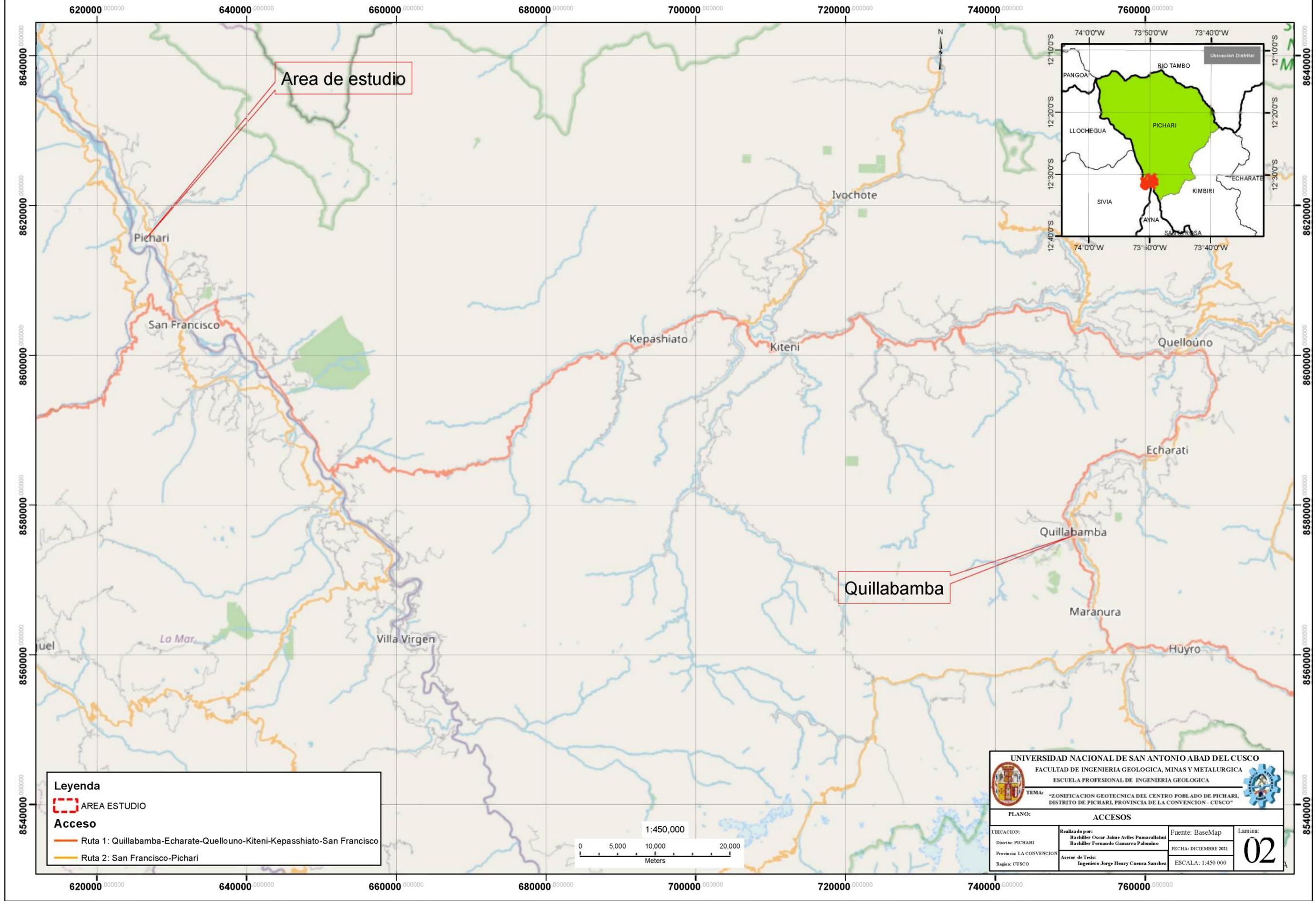
UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



WGS 1984 UTM_Zone 18S
 WKID: 32718 Authority: EPSG
 Projection: Transverse_Mercator

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TEMA: -ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CENTRO POBLADO DE PICHARI, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA DE LA CONVENCION -CUSCO-			
PLANO:		UBICACION	
UBICACION: Distrito: PICHARI Provincia: LA CONVENCION Region: CUSCO	Realizado por: Bachiller Oscar Jaime Aviles Pumacallani Bachiller Fernando Gamarra Palomino Asesor de Tesis: Ingeniero Jorge Henry Cuenca Sanchez	Fuente: Elaboracion Propia FECHA: ENERO 2021	Lamina: <b style="font-size: 2em;">01

ACCESO AL AREA DE ESTUDIO



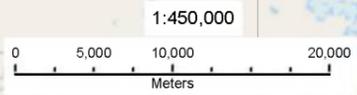
Leyenda

AREA ESTUDIO

Acceso

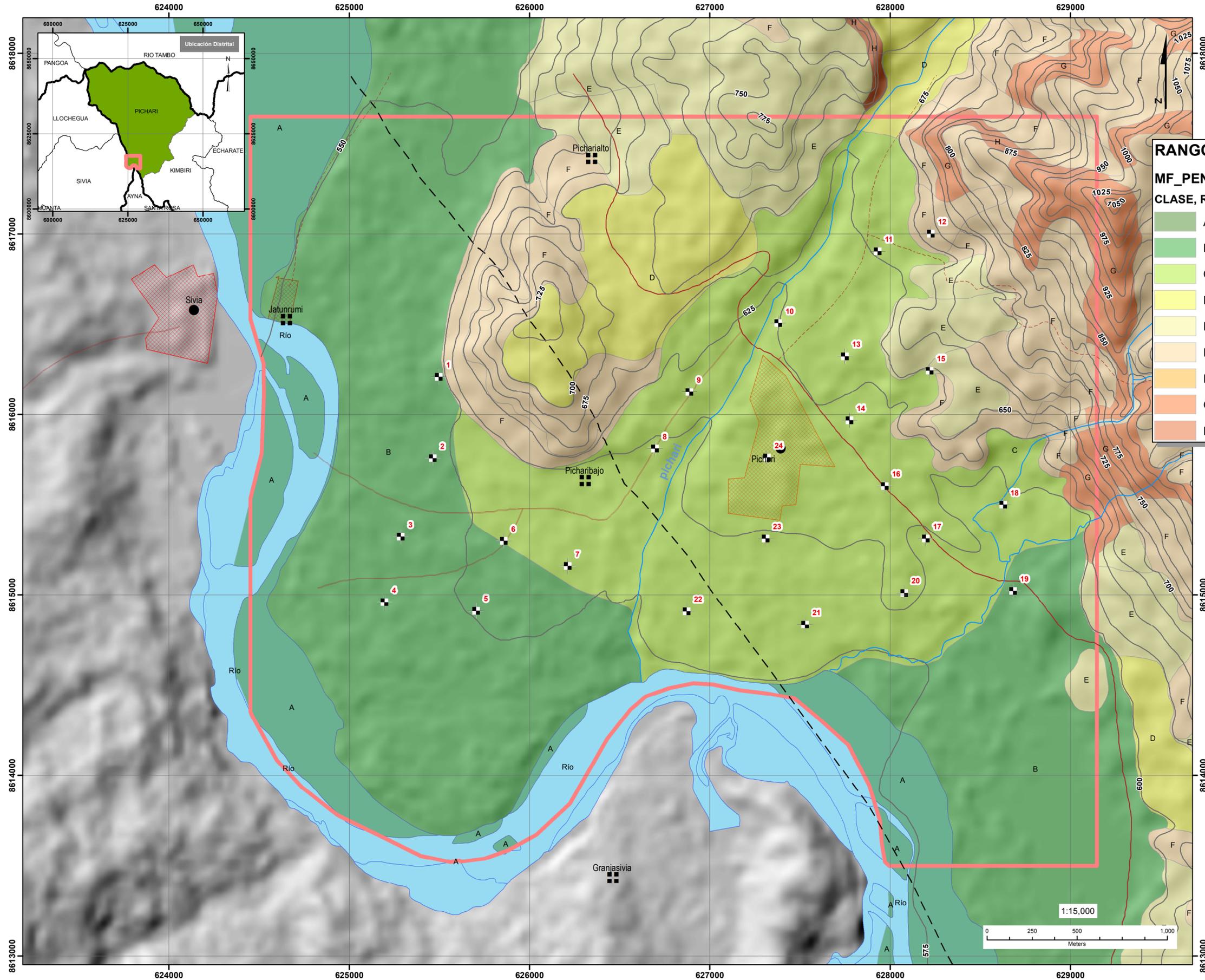
— Ruta 1: Quillabamba-Echarate-Quellouno-Kiteni-Kepasshiato-San Francisco

— Ruta 2: San Francisco-Pichari



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TEMA: "ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CENTRO POBLADO DE PICHARI, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - CUSCO"			
PLANO:		ACCESOS	
UBICACION: Distrito: PICHARI Provincia: LA CONVENCIÓN Region: CUSCO	Realizado por: Ba. Civil Oscar Jaime Aviles Pumacallanti Bachiller Fernando Gamarrera Palomino Asesor de Tesis: Ingeniero Jorge Henry Cuenca Sanchez	Fuente: BaseMap FECHA: DICIEMBRE 2021 ESCALA: 1:450 000	Lamina: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">02</div>

MAPA DE PENDIENTES



RANGO EN PORCENTAJE DE PENDIENTES

MF_PENDIENT

CLASE, RANGO_PORCENTAJE, TERMINO_DESCRIPTIVO

A	0-2	Plano a casi plano
B	2-4	Ligeramente inclinado
C	4-8	Moderadamente inclinado
D	8-15	Fuertemente inclinado
E	15-25	Moderadamente empinado
F	25-50	Empinado
H	25-50	Empinado
G	50-75	Muy empinado
H	>75	Extremadamente empinado

LEYENDA

- CALICATAS
- A_E
- Contorno de Ciudad
- Curvas de Nivel

PUEBLOS

CLASE

- Localidad común
- Capital de distrito

VIAS

VIAS UTM_ID

- Carretera asfaltada, dos o más vías
- Carretera afirmada, transitable
- Camino de herradura

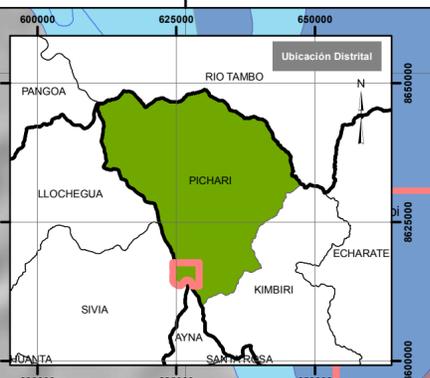
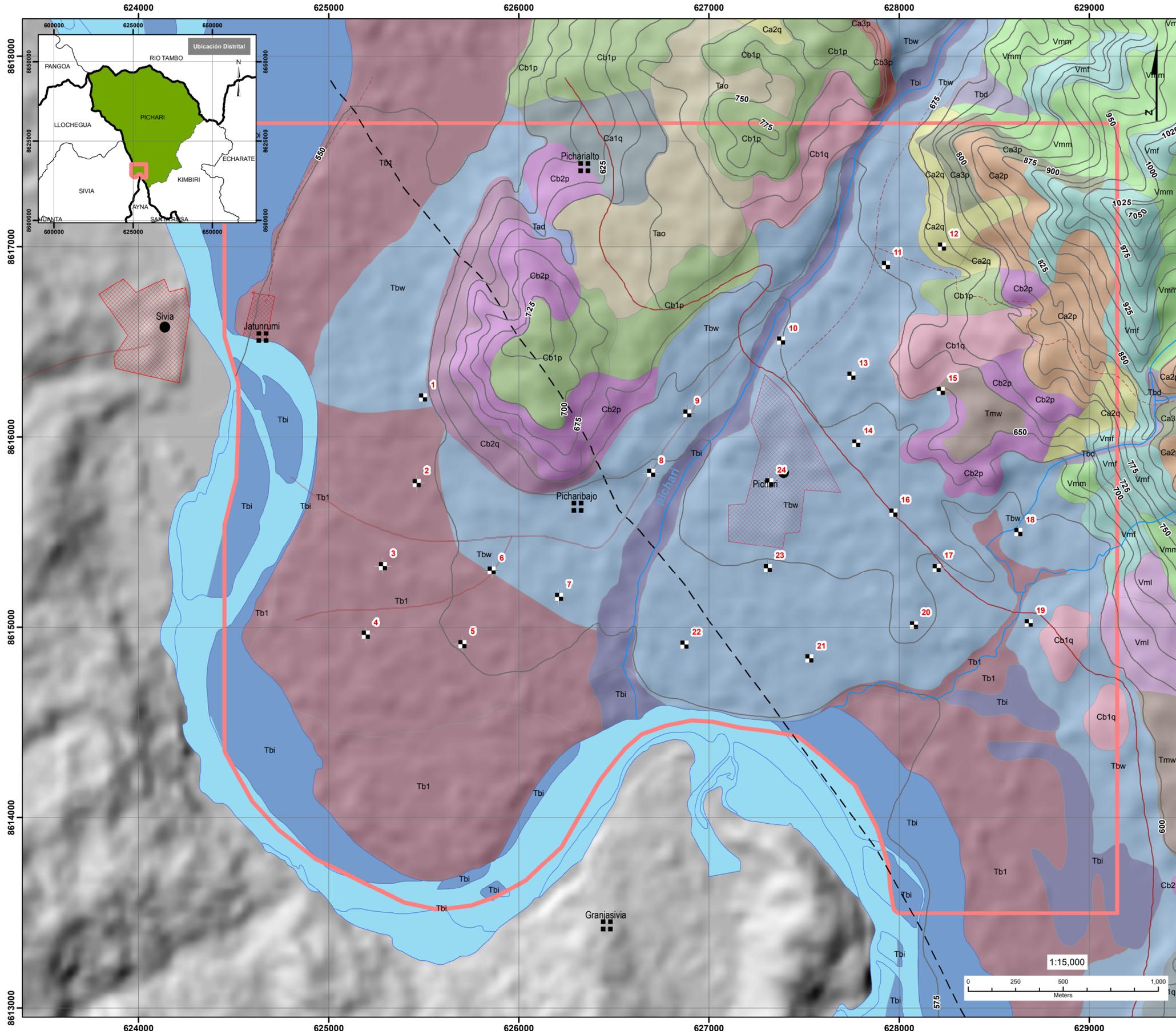
WGS 1984 UTM Zone 18S
WKID: 32718 Authority: EPSG
Projection: Transverse_Mercator

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

TEMA: "ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CENTRO POBLADO DE PICHARI, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - CUSCO"

PLANO: PENDIENTES	Realizado por: Bachiller Oscar Jaime Aviles Pumacallahu Bachiller Fernando Gamara Palomino	FUENTE: ELABORACION PROPIA	Lamina: 03
UBICACION: Distrito: PICHARI Provincia: LA CONVENCIÓN Región: CUSCO	Aseor de Texto: Ingeniero Jorge Henry Cuenca Sanchez	FECHA: ENERO 2021	ESCALA: 1:15 000

MAPA GEOMORFOLOGICO LOCAL



SUB UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

SIMBOLO, GRAN_AMBIE, SUB_UNIDAD

Ca1q	Colinas, Colinas altas ligeramente disectadas en depositos cuaternarios
Ca2p	Colinas, Colinas altas moderadamente disectadas en rocas paleozoicas
Ca2q	Colinas, Colinas altas moderadamente disectadas en depositos cuaternarios
Ca3p	Colinas, Colinas altas fuertemente disectadas en rocas paleozoicas
Cb1p	Colinas, Colinas bajas ligeramente disectadas en rocas paleozoicas
Cb1q	Colinas, Colinas bajas ligeramente disectadas en depositos cuaternarios
Cb2p	Colinas, Colinas bajas moderadamente disectadas en rocas paleozoicas
Cb2q	Colinas, Colinas bajas moderadamente disectadas en depositos cuaternarios
Cb3p	Colinas, Colinas bajas fuertemente disectadas en rocas paleozoicas
Tad	Colinas, Terrazas altas disectadas
Tad	Planicies, Terrazas altas disectadas
Tao	Planicies, Terrazas altas onduladas
Tb1	Planicies, Terraza baja eventualmente inundable
Tbd	Planicies, Terraza baja depresionada
Tbi	Planicies, Terraza baja inundable
Tbw	Planicies, Terraza baja plano depresionada
Tmw	Planicies, Terrazas medias planos depresionadas
Vmf	Montañas, Vertientes montañosas fuertemente accidentados
Vml	Montañas, Vertientes montañosas ligeramente accidentados
Vmm	Montañas, Vertientes montañosas moderadamente accidentados

LEYENDA

- CALICATAS
- A_E
- Contorno de Ciudad
- Curvas de Nivel

PUEBLOS

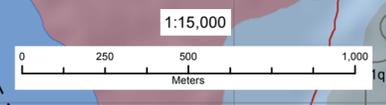
CLASE

- Localidad común
- Capital de distrito

VIAS

VIAS UTM_ID

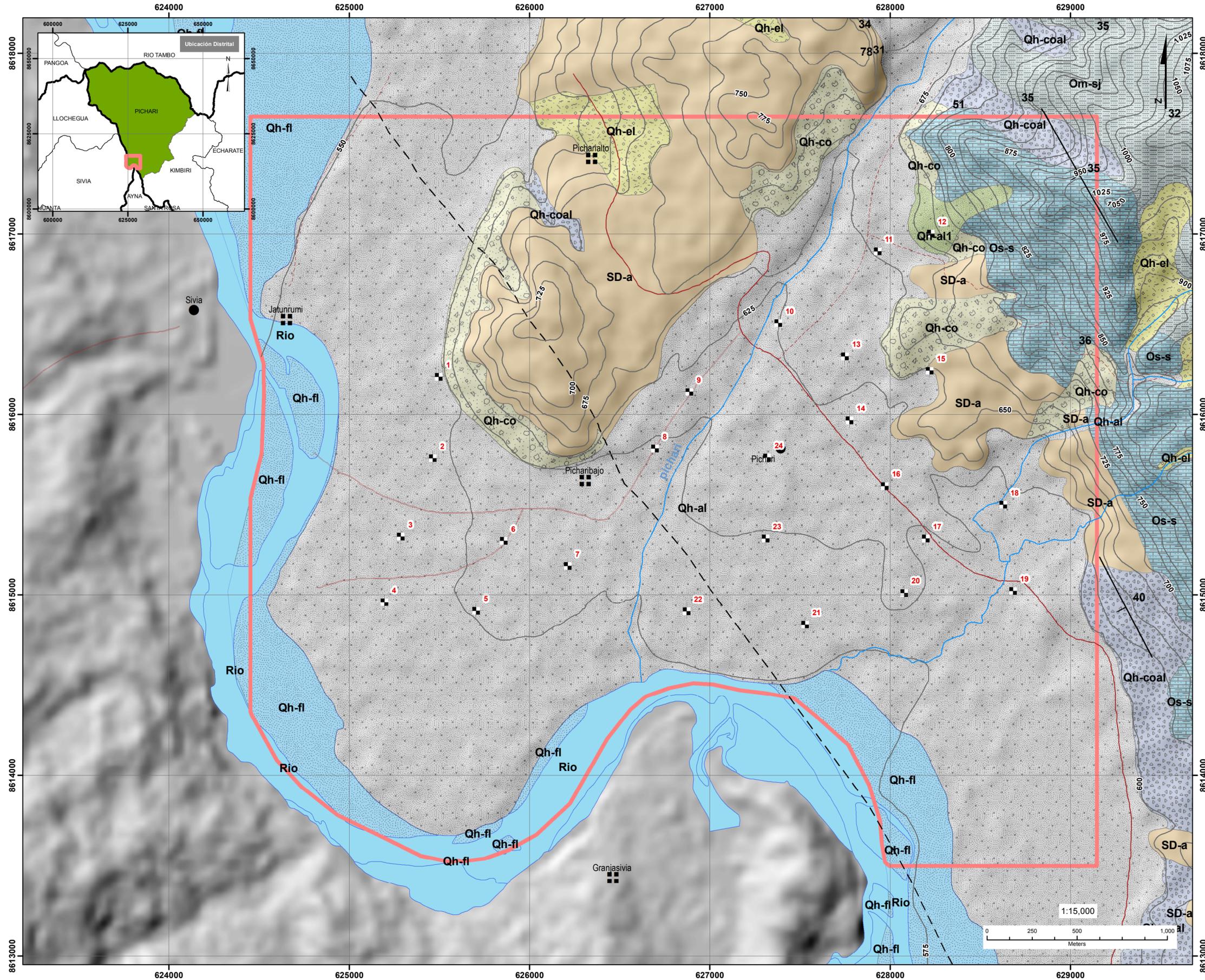
- Carretera asfaltada, dos o más vías
- Carretera afirmada. transitable
- Camino de herradura



WGS_1984_UTM_Zone_18S
WKID: 32718 Authority: EPSG
Projection: Transverse_Mercator

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TEMA: "ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CENTRO POBLADO DE PICHARI, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - CUSCO"			
PLANO: GEOMORFOLOGICO LOCAL			
UBICACION: Distrito: PICHARI Provincia: LA CONVENCIÓN Region: CUSCO	Realizado por: Bachiller Oscar Jaime Aviles Pumacallahu Bachiller Fernando Gamara Palomino Asesor de Tesis: Ingeniero Jorge Henry Cuenca Sanchez	FUENTE: ELABORACION PROPIA FECHA: ENERO 2021 ESCALA: 1:15.000	Lamina: 04

GEOLOGICO LOCAL



FORMACIONES GEOLOGICAS

SIMBOLOGIA, UNIDAD_GEOLG

	Qh-fl, Depósitos Fluviales
	Qh-al, Depósitos Aluviales
	Qh-al1, Conos Aluviales
	Qh-coal, Depósitos Coluvioaluviales
	Qh-co, Depósitos Coluviales
	Qh-el, Depósitos Eluviales
	SD-a, Formación Ananea
	Os-s, Formación Sandia
	Om-sj, Grupo San José
	Rio, Rio

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Rumbo y buzamiento

Rumbo y buzamiento de estratos

Falla geologica

Falla inferida

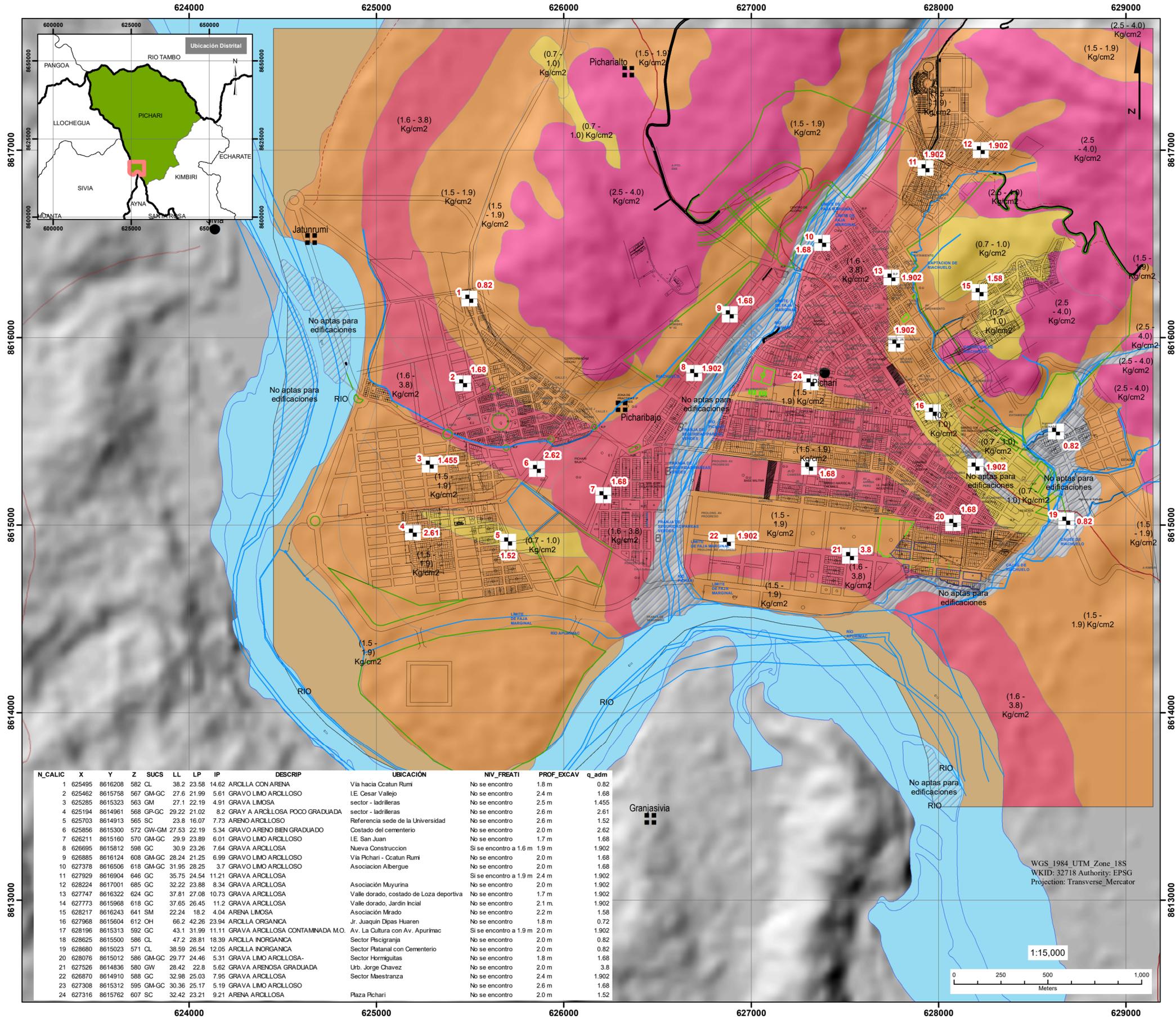
LEYENDA

	CALICATAS
	Curvas de Nivel
VIAS	
VIAS UTM_ID	
	Carretera asfaltada, dos o más vías
	Carretera afirmada, transitable
	Camino de herradura
PUEBLOS	
CLASE	
	Localidad común
	Capital de distrito
	A_E

WGS 1984, UTM, Zone 18S
 WKID: 32718 Authority: EPSG
 Projection: Transverse_Mercator

TEMA: "ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CENTRO POBLADO DE PICHARI, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - CUSCO"			
PLANO: GEOLOGICO LOCAL		Lamina:	
UBICACION:	Realizado por:	FUENTE: ELABORACION PROPIA	FECHA: ENERO 2021
Distrito: PICHARI	Bachiller Oscar Jaime Aviles Pumañallahu		
Provincia: LA CONVENCIÓN	Bachiller Fernando Gamarra Palomino		
Región: CUSCO	Aseor de Texto: Ingenero Jorge Henry Cuenca Sanchez	ESCALA: 1:15.000	06

MAPA DE CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO



LEYENDA

CALICATAS
 A_E

PUEBLOS

CLASE
 Localidad común
 Capital de distrito

VIAS

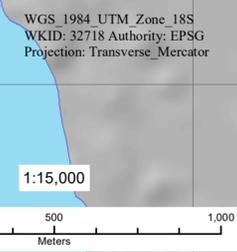
VIAS UTM_ID
 Carretera asfaltada, dos o más vías
 Carretera afirmada, transitable
 Camino de herradura

RANGO DE ZONAS GEOTECNICAS

ZONIFICACION

RANGO_q_adm
 (0.7 - 1.0) Kg/cm2
 (1.5 - 1.9) Kg/cm2
 (1.6 - 3.8) Kg/cm2
 (2.5 - 4.0) Kg/cm2
 No aptas para edificaciones
 RIO

N_CALIC	X	Y	Z	SUCS	LL	LP	IP	DESCRIP	UBICACION	NIV_FREATI	PROF_EXCAV	q_adm
1	625495	8616208	582	CL	38.2	23.58	14.62	ARCILLA CON ARENA	Vía hacia Ccatun Rumi	No se encontro	1.8 m	0.82
2	625462	8615758	567	GM-GC	27.6	21.99	5.61	GRAVO LIMO ARCILLOSO	I.E. Cesar Vallejo	No se encontro	2.4 m	1.68
3	625285	8615323	563	GM	27.1	22.19	4.91	GRAVA LIMOSA	sector - ladrilleras	No se encontro	2.5 m	1.455
4	625194	8614961	568	GP-GC	29.22	21.02	8.2	GRAY A ARCILLOSA POCO GRADUADA	sector - ladrilleras	No se encontro	2.6 m	2.61
5	625703	8614913	565	GC	23.8	16.07	7.73	ARENO ARCILLOSO	Referencia sede de la Universidad	No se encontro	2.0 m	1.52
6	625856	8615300	572	GW-GM	27.53	22.19	5.34	GRAVO ARENO BIEN GRADUADO	Costado del cementerio	No se encontro	2.0 m	2.62
7	626211	8615160	570	GM-GC	29.9	23.89	6.01	GRAVO LIMO ARCILLOSO	I.E. San Juan	No se encontro	1.7 m	1.68
8	626895	8615812	598	GC	30.9	23.26	7.64	GRAVA ARCILLOSA	Nueva Construcción	Si se encontro a 1.6 m	1.9 m	1.902
9	626885	8616124	608	GM-GC	28.24	21.25	6.99	GRAVO LIMO ARCILLOSO	Vía Pichari - Ccatun Rumi	No se encontro	2.0 m	1.68
10	627378	8616506	618	GM-GC	31.95	28.25	3.7	GRAVO LIMO ARCILLOSO	Asociación Albergue	No se encontro	2.0 m	1.68
11	627929	8616904	646	GC	35.75	24.54	11.21	GRAVA ARCILLOSA	Asociación Mujurina	Si se encontro a 1.9 m	2.4 m	1.902
12	628224	8617001	685	GC	32.22	23.88	8.34	GRAVA ARCILLOSA	Valle dorado, costado de Loza deportiva	No se encontro	2.0 m	1.902
13	627747	8616322	624	GC	37.81	27.08	10.73	GRAVA ARCILLOSA	Valle dorado, Jardín Inicial	No se encontro	1.7 m	1.902
14	627773	8615988	618	GC	37.65	26.45	11.2	GRAVA ARCILLOSA	Asociación Mirado	No se encontro	2.1 m	1.902
15	628217	8616243	641	SM	22.24	18.2	4.04	ARENA LIMOSA	Jr. Juaquin Dipas Huaren	No se encontro	2.2 m	1.58
16	627968	8615604	612	OH	66.2	42.26	23.94	ARCILLA ORGANICA	Av. La Cultura con Av. Apurimac	No se encontro a 1.9 m	2.0 m	0.72
17	628196	8615313	592	GC	43.1	31.99	11.11	GRAVA ARCILLOSA CONTAMINADA M.O.	Sector Piscigranja	No se encontro	2.0 m	1.902
18	628625	8615500	586	CL	47.2	28.81	18.39	ARCILLA INORGANICA	Sector Platanal con Cementerio	No se encontro	2.0 m	0.82
19	628680	8615023	571	CL	38.59	26.54	12.05	ARCILLA INORGANICA	Sector Horniguillas	No se encontro	2.0 m	0.82
20	628076	8615012	586	GM-GC	29.77	24.46	5.31	GRAVA LIMO ARCILLOSA-	Urb. Jorge Chavez	No se encontro	1.8 m	1.68
21	627526	8614836	580	GW	28.42	22.8	5.62	GRAVA ARENOSA GRADUADA	Sector Maestranza	No se encontro	2.0 m	3.8
22	626870	8614910	588	GC	32.98	25.03	7.95	GRAVA ARCILLOSA		No se encontro	2.4 m	1.902
23	627308	8615312	595	GM-GC	30.36	25.17	5.19	GRAVA LIMO ARCILLOSO		No se encontro	2.6 m	1.68
24	627316	8615762	607	SC	32.42	23.21	9.21	ARENA ARCILLOSA	Plaza Pichari	No se encontro	2.0 m	1.52



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

TEMA: "ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CENTRO POBLADO DE PICHARI, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - CUSCO"

PLANO: CAPACIDAD PORTANTE - CARGA ADMISIBLE

UBICACION: Realizado por: Bachiller Oscar Jaime Aviles Pomaallahu
 Distrito: PICHARI
 Provincia: LA CONVENCIÓN
 Región: CUSCO

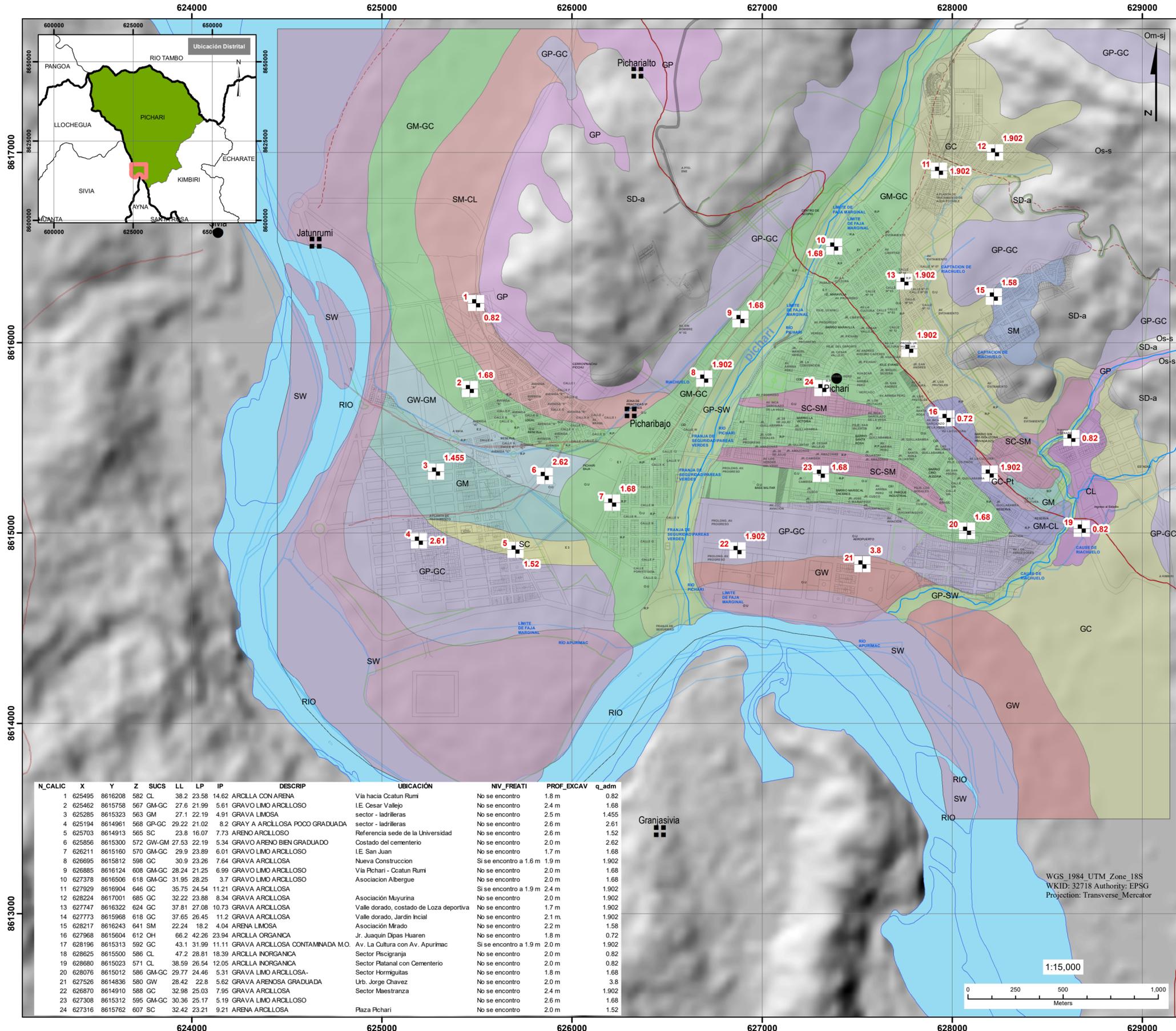
FECHA: ENERO 2021

Asesor de Tesis: Ingeniero Jorge Henry Cuenca Sanchez

ESCALA: 1:15.000

Lamina: 07

MAPA DE CLASIFICACION SUELOS SUCS



LEYENDA

CALICATAS
A_E

PUEBLOS
CLASE
Localidad común
Capital de distrito

SUCS
CH
CL
GC
GC-Pt
GM
GM-CL
GM-GC
GP
GP-GC
GP-SM
GP-SW
GW
GW-GM
GW-SM
MH
ML
RIO
SC
SC-SM
SM
SM-CL
SW
SW-SM

VIAS
VIAS UTM_ID
Carretera asfaltada, dos o más vías
Carretera afirmada, transitable
Camino de herradura

N_CALIC	X	Y	Z	SUCS	LL	LP	IP	DESCRIP	UBICACIÓN	NIV_FREATI	PROF_EXCAV	q_adm
1	625495	8616208	582	CL	38.2	23.58	14.62	ARCILLA CON ARENA	Vía hacia Ccatun Rumi	No se encontro	1.8 m	0.82
2	625462	8616758	567	GM-GC	27.6	21.99	5.61	GRAVO LIMO ARCILLOSO	I.E. Cesar Vallejo	No se encontro	2.4 m	1.68
3	625285	8615323	563	GM	27.1	22.19	4.91	GRAVA LIMOSA	sector - ladrilleras	No se encontro	2.5 m	1.455
4	625194	8614961	568	GP-GC	29.22	21.02	8.2	GRAY A ARCILLOSA POCO GRADUADA	sector - ladrilleras	No se encontro	2.6 m	2.61
5	625703	8614913	565	GC	23.8	16.07	7.73	ARENO ARCILLOSO	Referencia sede de la Universidad	No se encontro	2.6 m	1.52
6	625856	8615300	572	GW-GM	27.53	22.19	5.34	GRAVO ARENO BIEN GRADUADO	Costado del cementerio	No se encontro	2.0 m	2.62
7	626211	8615160	570	GM-GC	29.9	23.89	6.01	GRAVO LIMO ARCILLOSO	I.E. San Juan	No se encontro	1.7 m	1.68
8	626895	8615812	598	GC	30.9	23.26	7.64	GRAVA ARCILLOSA	Nueva Construcción	Si se encontro a 1.6 m	1.9 m	1.902
9	626885	8616124	608	GM-GC	28.24	21.25	6.99	GRAVO LIMO ARCILLOSO	Vía Pichari - Ccatun Rumi	No se encontro	2.0 m	1.68
10	627378	8616506	618	GM-GC	31.95	28.25	3.7	GRAVO LIMO ARCILLOSO	Asociación Albergue	No se encontro	2.0 m	1.68
11	627929	8616904	646	GC	35.75	24.54	11.21	GRAVA ARCILLOSA	Asociación Mujurina	Si se encontro a 1.9 m	2.4 m	1.902
12	628224	8617001	685	GC	32.22	23.88	8.34	GRAVA ARCILLOSA	Valle dorado, costado de Loza deportiva	No se encontro	2.0 m	1.902
13	627747	8616322	624	GC	37.81	27.08	10.73	GRAVA ARCILLOSA	Valle dorado, Jardín Inicial	No se encontro	1.7 m	1.902
14	627773	8615968	618	GC	37.65	26.45	11.2	GRAVA ARCILLOSA	Asociación Mirado	No se encontro	2.1 m	1.902
15	628217	8616243	641	SM	22.24	18.2	4.04	ARENA LIMOSA	Jr. Joaquín Dipas Huaren	No se encontro	2.2 m	1.58
16	627968	8615604	612	OH	66.2	42.26	23.94	ARCILLA ORGANICA	Av. La Cultura con Av. Apurimac	No se encontro a 1.9 m	2.0 m	0.72
17	628196	8615313	592	GC	43.1	31.99	11.11	GRAVA ARCILLOSA CONTAMINADA M.O.	Sector Piscigranja	Si se encontro a 1.9 m	2.0 m	1.902
18	628625	8615500	586	CL	47.2	28.81	18.39	ARCILLA INORGANICA	Sector Platanal con Cementerio	No se encontro	2.0 m	0.82
19	628680	8615023	571	CL	38.59	26.54	12.05	ARCILLA INORGANICA	Sector Horniguillas	No se encontro	2.0 m	0.82
20	628076	8615012	586	GM-GC	29.77	24.46	5.31	GRAVA LIMO ARCILLOSA-	Sector Maestranza	No se encontro	1.8 m	1.68
21	627526	8614836	580	GW	28.42	22.8	5.62	GRAVA ARENOSA GRADUADA	Urb. Jorge Chavez	No se encontro	2.0 m	3.8
22	626870	8614910	588	GC	32.98	25.03	7.95	GRAVA ARCILLOSA	Plaza Pichari	No se encontro	2.4 m	1.902
23	627308	8615312	595	GM-GC	30.36	25.17	5.19	GRAVA LIMO ARCILLOSO		No se encontro	2.6 m	1.68
24	627316	8615762	607	SC	32.42	23.21	9.21	ARENA ARCILLOSA		No se encontro	2.0 m	1.52

WGS 1984 UTM_Zone 18S
WKID: 32718 Authority: EPSG
Projection: Transverse_Mercator

1:15,000

0 250 500 1,000
Meters

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

TEMA: "ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CENTRO POBLADO DE PICHARI, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - CUSCO"

PLANO: CLASIFICACION SUELOS SUCS

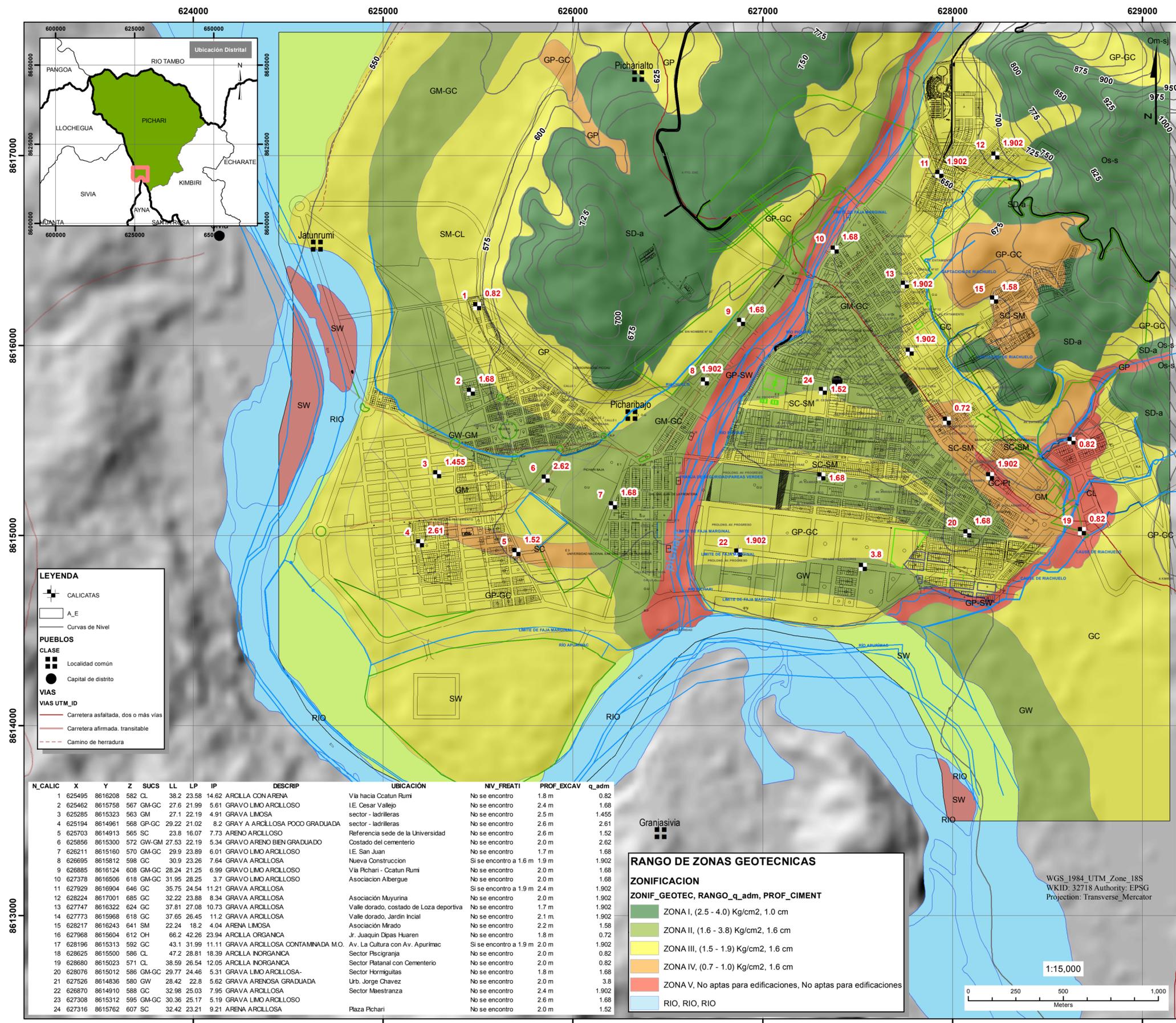
UBICACION: Realizado por:
Distrito: PICHARI Bachiller Oscar Jaime Aviles Pomaacallahu
Provincia: LA CONVENCIÓN Bachiller Fernando Gimara Palomino
Region: CUSCO Asesor de Tesis:
Ingeniero Jorge Henry Cuenca Sanchez

FECHA: ENERO 2021

ESCALA: 1:15 000

Lamina: 08

MAPA DE ZONIFICACION GEOTECNICA



ZONIFICACION GEOTECNICA	SUCS	MATERIAL	AREA	ACTIVIDAD GEODINAMICA	DESCRIPCION GEOTECNICA	RANGO q adm	PROFUNDIDAD CIMENTACION
ZONA I	SD-a	ROCA	1819049	INACTIVA	Conformada por afloramientos rocosos, litológicamente están compuestos por secuencias de granitos, limolitas, filitas y areniscas cuarzosas. La resistencia varía de 2.5 kg/cm ² a 4.0 kg/cm ² . Son aptas para edificaciones.	(2.5 - 4.0) Kg/cm ²	1.0 cm
	Om-sj	ROCA	16456	INACTIVA	Conformada por afloramientos rocosos, litológicamente están compuestos por secuencias de granitos, limolitas, filitas y areniscas cuarzosas. La resistencia varía de 2.5 kg/cm ² a 4.0 kg/cm ² . Son aptas para edificaciones.	(2.5 - 4.0) Kg/cm ²	1.0 cm
	Om-sj	ROCA	16456	INACTIVA	Conformada por afloramientos rocosos, litológicamente están compuestos por secuencias de granitos, limolitas, filitas y areniscas cuarzosas. La resistencia varía de 2.5 kg/cm ² a 4.0 kg/cm ² . Son aptas para edificaciones.	(2.5 - 4.0) Kg/cm ²	1.0 cm
	Os-s	ROCA	2200.35	INACTIVA	Conformada por afloramientos rocosos, litológicamente están compuestos por secuencias de granitos, limolitas, filitas y areniscas cuarzosas. La resistencia varía de 2.5 kg/cm ² a 4.0 kg/cm ² . Son aptas para edificaciones.	(2.5 - 4.0) Kg/cm ²	1.0 cm
	Os-s	ROCA	8350	INACTIVA	Conformada por afloramientos rocosos, litológicamente están compuestos por secuencias de granitos, limolitas, filitas y areniscas cuarzosas. La resistencia varía de 2.5 kg/cm ² a 4.0 kg/cm ² . Son aptas para edificaciones.	(2.5 - 4.0) Kg/cm ²	1.0 cm
	Os-s	ROCA	5064	INACTIVA	Conformada por afloramientos rocosos, litológicamente están compuestos por secuencias de granitos, limolitas, filitas y areniscas cuarzosas. La resistencia varía de 2.5 kg/cm ² a 4.0 kg/cm ² . Son aptas para edificaciones.	(2.5 - 4.0) Kg/cm ²	1.0 cm
	Os-s	ROCA	81337	INACTIVA	Conformada por afloramientos rocosos, litológicamente están compuestos por secuencias de granitos, limolitas, filitas y areniscas cuarzosas. La resistencia varía de 2.5 kg/cm ² a 4.0 kg/cm ² . Son aptas para edificaciones.	(2.5 - 4.0) Kg/cm ²	1.0 cm
	SD-a	ROCA	113745	INACTIVA	Conformada por afloramientos rocosos, litológicamente están compuestos por secuencias de granitos, limolitas, filitas y areniscas cuarzosas. La resistencia varía de 2.5 kg/cm ² a 4.0 kg/cm ² . Son aptas para edificaciones.	(2.5 - 4.0) Kg/cm ²	1.0 cm
	SD-a	ROCA	8735.33	INACTIVA	Conformada por afloramientos rocosos, litológicamente están compuestos por secuencias de granitos, limolitas, filitas y areniscas cuarzosas. La resistencia varía de 2.5 kg/cm ² a 4.0 kg/cm ² . Son aptas para edificaciones.	(2.5 - 4.0) Kg/cm ²	1.0 cm
	SD-a	ROCA	265099	INACTIVA	Conformada por afloramientos rocosos, litológicamente están compuestos por secuencias de granitos, limolitas, filitas y areniscas cuarzosas. La resistencia varía de 2.5 kg/cm ² a 4.0 kg/cm ² . Son aptas para edificaciones.	(2.5 - 4.0) Kg/cm ²	1.0 cm
ZONA II	GM-GC	SUELO	1238413	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava y arena. La capacidad de carga admisible varía de 1.6 kg/cm ² a 3.8 kg/cm ² . Zonas aptas para edificaciones.	(1.6 - 3.8) Kg/cm ²	1.6 cm
	GM-GC	SUELO	722910	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava y arena. La capacidad de carga admisible varía de 1.6 kg/cm ² a 3.8 kg/cm ² . Zonas aptas para edificaciones.	(1.6 - 3.8) Kg/cm ²	1.6 cm
	GW-GM	SUELO	230817	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava y arena. La capacidad de carga admisible varía de 1.6 kg/cm ² a 3.8 kg/cm ² . Zonas aptas para edificaciones.	(1.6 - 3.8) Kg/cm ²	1.6 cm
	GM-GC	SUELO	769768	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava y arena. La capacidad de carga admisible varía de 1.6 kg/cm ² a 3.8 kg/cm ² . Zonas aptas para edificaciones.	(1.6 - 3.8) Kg/cm ²	1.6 cm
	GW	SUELO	469911	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava y arena. La capacidad de carga admisible varía de 1.6 kg/cm ² a 3.8 kg/cm ² . Zonas aptas para edificaciones.	(1.6 - 3.8) Kg/cm ²	1.6 cm
	GM	SUELO	102946	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava y arena. La capacidad de carga admisible varía de 1.6 kg/cm ² a 3.8 kg/cm ² . Zonas aptas para edificaciones.	(1.6 - 3.8) Kg/cm ²	1.6 cm
	GP	SUELO	180031	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	GP	SUELO	359310	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	GP-GC	SUELO	28537	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	GP-GC	SUELO	112000	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
ZONA III	GC	SUELO	1058736	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	SM-CL	SUELO	708566	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	GC	SUELO	890449	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	GM	SUELO	339343	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	GP-GC	SUELO	77092	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	GP-GC	SUELO	462752	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	SW	SUELO	310408	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	SW	SUELO	512887	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	SW	SUELO	2420335	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	SC-OM	SUELO	123431	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
ZONA IV	SC-OM	SUELO	66442.3	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	GP-GC	SUELO	490175	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	GP-GC	SUELO	699789	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de grava, arena y limos principalmente. La capacidad de carga admisible varía de 1.5 kg/cm ² a 1.9 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas en las cimentaciones.	(1.5 - 1.9) Kg/cm ²	1.6 cm
	GP	SUELO	359807	ACTIVA	Conformada mayormente por suelos de limos y arcillas de alta plasticidad. La capacidad de carga admisible varía de 0.7 kg/cm ² a 1.0 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas o lasas de cimentación.	(0.7 - 1.0) Kg/cm ²	1.6 cm
	SC-OM	SUELO	113122	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de limos y arcillas de alta plasticidad. La capacidad de carga admisible varía de 0.7 kg/cm ² a 1.0 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas o lasas de cimentación.	(0.7 - 1.0) Kg/cm ²	1.6 cm
	GM	SUELO	27403	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de limos y arcillas de alta plasticidad. La capacidad de carga admisible varía de 0.7 kg/cm ² a 1.0 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas o lasas de cimentación.	(0.7 - 1.0) Kg/cm ²	1.6 cm
	SC	SUELO	95487.6	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de limos y arcillas de alta plasticidad. La capacidad de carga admisible varía de 0.7 kg/cm ² a 1.0 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas o lasas de cimentación.	(0.7 - 1.0) Kg/cm ²	1.6 cm
	SC-OM	SUELO	143980	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de limos y arcillas de alta plasticidad. La capacidad de carga admisible varía de 0.7 kg/cm ² a 1.0 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas o lasas de cimentación.	(0.7 - 1.0) Kg/cm ²	1.6 cm
	SC-OM	SUELO	118157	INACTIVA	Conformada mayormente por suelos de limos y arcillas de alta plasticidad. La capacidad de carga admisible varía de 0.7 kg/cm ² a 1.0 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas o lasas de cimentación.	(0.7 - 1.0) Kg/cm ²	1.6 cm
	GP-GC	SUELO	219001	ACTIVA	Conformada mayormente por suelos de limos y arcillas de alta plasticidad. La capacidad de carga admisible varía de 0.7 kg/cm ² a 1.0 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas o lasas de cimentación.	(0.7 - 1.0) Kg/cm ²	1.6 cm
ZONA V	GP-GC	SUELO	355149	ACTIVA	Conformada mayormente por suelos de limos y arcillas de alta plasticidad. La capacidad de carga admisible varía de 0.7 kg/cm ² a 1.0 kg/cm ² . Estas zonas son relativamente aptas para edificaciones, uso de zapatas corridas o lasas de cimentación.	(0.7 - 1.0) Kg/cm ²	1.6 cm
	GP	SUELO	321207	ACTIVA	Conformada mayormente por depósitos aluviales y fluviales según la clasificación sui como rellenos con actividad geodinamica (Inundaciones, flujo de desechos, etc.). Estas zonas no son aptas para la edificación.	No aptas para edificaciones	No aptas para edificaciones
	GP-PH	SUELO	242015	INACTIVA	Conformada mayormente por depósitos aluviales y fluviales según la clasificación sui como rellenos con actividad geodinamica (Inundaciones, flujo de desechos, etc.). Estas zonas no son aptas para la edificación.	No aptas para edificaciones	No aptas para edificaciones
	CL	SUELO	149200	INACTIVA	Conformada mayormente por depósitos aluviales y fluviales según la clasificación sui como rellenos con actividad geodinamica (Inundaciones, flujo de desechos, etc.). Estas zonas no son aptas para la edificación.	No aptas para edificaciones	No aptas para edificaciones
	SW	SUELO	132588	INACTIVA	Conformada mayormente por depósitos aluviales y fluviales según la clasificación sui como rellenos con actividad geodinamica (Inundaciones, flujo de desechos, etc.). Estas zonas no son aptas para la edificación.	No aptas para edificaciones	No aptas para edificaciones
	SW	SUELO	105900	ACTIVA	Conformada mayormente por depósitos aluviales y fluviales según la clasificación sui como rellenos con actividad geodinamica (Inundaciones, flujo de desechos, etc.). Estas zonas no son aptas para la edificación.	No aptas para edificaciones	No aptas para edificaciones
	SW	SUELO	7942.61	INACTIVA	Conformada mayormente por depósitos aluviales y fluviales según la clasificación sui como rellenos con actividad geodinamica (Inundaciones, flujo de desechos, etc.). Estas zonas no son aptas para la edificación.	No aptas para edificaciones	No aptas para edificaciones
	SW	SUELO	36272.8	ACTIVA	Conformada mayormente por depósitos aluviales y fluviales según la clasificación sui como rellenos con actividad geodinamica (Inundaciones, flujo de desechos, etc.). Estas zonas no son aptas para la edificación.	No aptas para edificaciones	No aptas para edificaciones
	GP-OW	SUELO	115633	ACTIVA	Conformada mayormente por depósitos aluviales y fluviales según la clasificación sui como rellenos con actividad geodinamica (Inundaciones, flujo de desechos, etc.). Estas zonas no son aptas para la edificación.	No aptas para edificaciones	No aptas para edificaciones
	GP-OW	SUELO	501091	ACTIVA	Conformada mayormente por depósitos aluviales y fluviales según la clasificación sui como rellenos con actividad geodinamica (Inundaciones, flujo de desechos, etc.). Estas zonas no son aptas para la edificación.	No aptas para edificaciones	No aptas para edificaciones

RANGO DE ZONAS GEOTECNICAS

ZONIFICACION

ZONIF_GEOTEC, RANGO_q_adm, PROF_CIMENT

- ZONA I, (2.5 - 4.0) Kg/cm², 1.0 cm
- ZONA II, (1.6 - 3.8) Kg/cm², 1.6 cm
- ZONA III, (1.5 - 1.9) Kg/cm², 1.6 cm
- ZONA IV, (0.7 - 1.0) Kg/cm², 1.6 cm
- ZONA V, No aptas para edificaciones, No aptas para edificaciones
- RIO, RIO, RIO

WGS 1984 UTM_Zone 18S
WKID: 32718 Authority: EPSG
Projection: Transverse_Mercator

1:15,000

0 250 500 1,000
Meters

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

TEMA: "ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CENTRO POBLADO DE PICHARI, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - CUSCO"

PLANO: **ZONIFICACION GEOTECNICA**

UBICACION: Realizado por: Bachiller Oscar Jaime Aviles Pumaucallu
Distrito: PICHARI
Provincia: LA CONVENCIÓN
Region: CUSCO

FUENTE: ELABORACION PROPIA

FECHA: ENERO 2021

ESCALA: 1:15 000

Lámina: **09**