

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA INGENIERÍA CIVIL**



**PROYECTO DE GRADO**

**CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL PARQUE URBANO CENTRAL  
DEL DISTRITO SEIS DE LA CIUDAD DE VIACHA**

**POSTULANTE: Ángel Octavio Sánchez Gutiérrez**

**TUTOR: Ing. Hernán Lucio Flores Villca**

**LA PAZ - BOLIVIA  
2020**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi tutor y querido amigo Ing. Hernán Lucio Flores Villca, por la confianza brindada, el conocimiento impartido, muestra de un sincero y desinteresado apoyo para la elaboración y culminación del presente proyecto.

Ángel Octavio Sánchez Gutiérrez

## **DEDICATORIA**

A mis amados padres, Sr. Octavio Sánchez Valdez y Sra. Mary Gutiérrez de Sánchez, por el gran apoyo y esfuerzo brindado en todo momento, gracias de todo corazón.

A mis dos amores, mi esposa Esperanza e hija Aysel, gracias por la comprensión, apoyo y paciencia.

A mis queridas hermanas, Esperanza y Amparo, gracias por estar junto a mí en todo momento, por los consejos y ayuda desinteresada.

A mis parientes, amigos y personas que hicieron posible la culminación de este objetivo.

Ángel Octavio Sánchez Gutiérrez

## **RESUMEN**

### **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL PARQUE URBANO CENTRAL DEL DISTRITO SEIS DE LA CIUDAD DE VIACHA**

Ángel Octavio Sánchez Gutiérrez

C.I.:4309937 LP

Correo: angelnov1475@yahoo.es

Cel.: 73026133

Domicilio: Calle Illimani #18, Zona Central – Viacha

El presente proyecto se orienta a la caracterización geotécnica del Parque Urbano Central del Distrito seis de la ciudad Viacha, la misma que cuenta con un área aproximada de 0.76 has., para lo cual se realizó sondeos en pozos con excavación a cielo abierto, cuyo número se determinó de acuerdo a la Norma Boliviana de Ingeniería Geotécnica.

Habiéndose obtenido las muestras, estas fueron procesadas y sujetas a distintos ensayos en laboratorio, los resultados obtenidos nos sirvieron para la caracterización del área de estudio, determinándose distintas zonas geotécnicas en las que predomina en mayor porcentaje la grava, a continuación, arena y en menor proporción arcilla y limo.

Esta caracterización servirá como un documento de referencia al municipio de Viacha, en el momento de realizar distintas infraestructuras y obras civiles en el Parque Urbano Central.

## **ABSTRACT**

### **GEOTECHNICAL CHARACTERIZATION OF THE CENTRAL URBAN PARK OF DISTRICT SIX OF VIACHA CITY**

Ángel Octavio Sánchez Gutiérrez

C.I.:4309937 LP

Mail: angelnov1475@yahoo.es

Cell: 73026133

Address: Calle Illimani #18, Zona Central - Viacha

The present project is oriented to the geotechnical characterization of the Central Urban Park of District six of the city of Viacha, which has an approximate area of 0.76 has., for which soundings were made in wells with open pit excavation, whose number was determined according to the Bolivian Standard of Geotechnical Engineering.

Having obtained the samples, these were processed and subjected to various laboratory tests, the results obtained served us for the characterization of the study area, determining different geotechnical zones in which gravel predominates in greater percentage, then sand and to a lesser extent clay and silt.

This characterization will serve as a reference document for the municipality of Viacha when carrying out different infrastructure and civil works in the Central Urban Park.



2020-TTES-507-D-1

**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS**  
**RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-1173/2020**  
La Paz, 26 de Noviembre del 2020

**VISTOS:**

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **20 de Noviembre del 2020**, por **ÁNGEL OCTAVIO SANCHEZ GUTIERREZ** con C.I. N° **4309937 LP.**, con número de trámite **DA-E-300163/2020**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL PARQUE URBANO CENTRAL DEL DISTRITO SEIS DE LA CIUDAD DE VIACHA"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

**CONSIDERANDO:**

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todas sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º Inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*.

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*.

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la*



Oficina central / La Paz  
Av. Argentina No. 194  
Ed. Angelica María entre Villalobos  
y Díaz Romero, Zona Miraflores  
Telfs.: 2195700 - 2192276 - 2192951  
Fax: 215700

Oficina Distrital / El Alto  
Av. Juan Pablo II No. 2560,  
Edificio Multicentro El Ceibo Ltda.  
Piso 2 Of. 1A, Zona 16 de Julio  
Telf.: 2141001

Oficina Distrital / Cochabamba  
Calle Chuquisaca 649, piso 2,  
entre Antezana y Lanza  
Zona Central - Noroeste  
Telf.: 4141403

Oficina Distrital / Santa Cruz  
Prolongación Quijano,  
Edu. Uruguay No. 29  
Edif. Bicentenario, 1er. Anillo  
Telf.: 3121752

Oficina Distrital / Chuquisaca  
Calle Kilómetro 7, No. 366  
casi esquina Urtiaga-Gallardo  
Zona, Pampa Bonivier  
Telf.: 72805873

Oficina Distrital / Tarija  
Calle Ingavi No. 150  
entre Colón y Suipacha  
Edif. Coronado, piso 2,  
Of. 202, Zona Central - Telf.: 72019386

Oficina Distrital / Oruro  
Calle 6 de octubre No. 5837  
entre Ayacucho y Junín,  
Galería Central, Of. 10 (Ex Banco Fia)  
Teléfono: 67012388

*lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ..."*, por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

**POR TANTO:**

La Directora de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

**RESUELVE:**

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: "**CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL PARQUE URBANO CENTRAL DEL DISTRITO SEIS DE LA CIUDAD DE VIACHA**", a favor del autor y titular: **ÁNGEL OCTAVIO SANCHEZ GUTIERREZ** con C.I. N° 4309937 LP., quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.



Regístrese, Comuníquese y Archívese.

Abog. Gabriela Arancibia Peredo  
DIRECTORA DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS  
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL

GAP/dmar  
c.c.Arch.

**Oficina central / La Paz**  
Av. Argentina No. 794  
Ed. Angelica Maria entre Villalobos  
y Diaz Romero, Zona Miraflores  
Telfs.: 2195700 - 2195276 - 2195251  
Fax: 2195700

**Oficina Distrital / El Alto**  
Av. Juan Pablo II No. 2560,  
Edificio Multicentro El Ceibo Ltda.,  
Piso 2 Of. 18, Zona 16 de Julio  
Telf.: 2143001

**Oficina Distrital / Cochabamba**  
Calle Chuquisaca 649, piso 2,  
entre Antezano y Lanza  
Zona Central - Noroeste  
Telf.: 6144403

**Oficina Distrital / Santa Cruz**  
Prolongacion Quijano,  
Esq. Uruguay No. 29  
Edif. Bicentenario, 1er. Anillo  
Telf.: 3321752

**Oficina Distrital / Chuquisaca**  
Calle Kilometro 7, No. 366  
casi esquina Urriolagotia  
Zona, Parque Bolívar  
Telf.: 72009873

**Oficina Distrital / Tarija**  
Calle Ingavi No. 156  
entre Colón y Suipacha  
Edif. Comodoro, piso 3,  
Of. 302, Zona Central -Telf.: 72019286

**Oficina Distrital / Oruro**  
Calle 6 de octubre No. 5837  
entre Ayacucho y Junín,  
Galería Central, Of. 14 (ex Banco Fie)  
Teléfono.: 6220288

# ÍNDICE ANALÍTICO

<b>CAPITULO 1</b> .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ANTECEDENTES .....	1
1.3 PROBLEMÁTICA .....	1
1.4 OBJETIVOS .....	2
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	2
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.5 ALCANCE .....	2
1.6 METODOLOGÍA .....	2
<b>CAPITULO 2</b> .....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 DEFINICIÓN DE GEOLOGÍA .....	4
2.1.1 LA GEOLOGÍA EN LA INGENIERIA CIVIL .....	4
2.1.2 RAMAS DE LA GEOLOGÍA .....	5
2.1.3 MAPA GEOLOGICO .....	6
2.1.3.1 USO DE MAPAS GEOLOGICOS .....	7
2.1.3.2 ELABORACIÓN DE UN MAPA GEOLÓGICO .....	8
2.1.3.3 PELIGROS GEOLÓGICOS .....	11
2.2 GEOTECNIA .....	14
2.2.1 ESTUDIO GEOTECNICO .....	15
2.2.2 PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO .....	16
2.2.3 METODOLOGÍA .....	17
2.2.3.1 RECOPIACIÓN Y ESTUDIO DE LA DOCUMENTACIÓN .....	17
2.2.3.2 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO .....	17
2.2.3.3 PLANTEAMIENTO DE LA CAMPAÑA DE CAMPO .....	17
2.2.3.4 TRABAJOS DE LABORATORIO .....	17
2.2.3.5 TRABAJO DE GABINETE .....	18
2.3 MECÁNICA DE SUELOS PARA INGENIEROS .....	19
2.3.1 ORIGEN FORMACIÓN Y CONSTITUCIÓN DEL SUELO .....	21
2.3.1.1 GENERALIDADES .....	21
2.3.1.2 TIPOS DE SUELO .....	22
2.3.1.3 COMPOSICIÓN Y PARTES DEL SUELO .....	24
2.3.1.4 CAPAS DEL SUELO .....	25
2.3.2 ORIGEN Y FORMACIÓN DEL SUELO .....	26

2.3.3	FACTORES QUE GENERAN EL SUELO .....	27
2.3.3.1	DESINTEGRACIÓN FÍSICA .....	27
2.3.3.2	DESCOMPOSICIÓN QUÍMICA .....	28
2.3.3.3	DESCOMPOSICIÓN BIOLÓGICA .....	29
2.3.4	TRANSPORTE DE SUELOS .....	29
2.3.5	COMPONENTES DEL SUELO .....	31
2.3.6	PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICA DE LOS SUELOS .....	32
2.3.6.1	CONTENIDO DE HUMEDAD .....	32
2.3.6.2	GRANULOMETRÍA DE SUELOS .....	32
2.3.6.3	GRANULOMETRÍA DE SUELOS – MÉTODO HIDROMÉTRICO .....	33
2.3.6.4	LÍMITES DE ATTERBERG .....	33
2.3.6.5	DENSIDAD IN SITU .....	34
2.3.6.6	COMPACTACIÓN .....	34
2.3.6.7	RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR) .....	35
2.3.6.8	PESO ESPECÍFICO .....	36
2.3.6.9	DENSIDAD DE SUELOS (MÉTODO DE TROZOS INALTERADOS) .....	37
2.3.6.10	CORTE DIRECTO .....	38
2.3.6.11	ENSAYO DE PENETRACIÓN NORMAL (SPT) .....	38
2.3.7	CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS .....	40
2.3.7.1	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) .....	40
2.3.7.2	SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS (AASTHO) .....	42
<b>CAPITULO 3</b>	.....	<b>45</b>
INFORMACIÓN GENERAL	.....	45
3.1	EMPLAZAMIENTO Y LOCALIZACIÓN .....	45
3.1.1	UBICACIÓN .....	45
3.1.2	EXTENSIÓN TERRITORIAL .....	46
3.2	DIVISIÓN POLITICO – ADMINISTRATIVA .....	47
3.2.1	POBLACIÓN TOTAL .....	48
3.2.2	CARACTERISTICAS DE LAS ZONAS DE VIDA .....	50
3.2.2.1	Fisiografía .....	50
3.2.2.2	Suelos .....	53
3.2.2.3	Clima .....	54
3.2.2.4	Clasificación Climática .....	56
3.3	CARACTERISTICA DE LA ZONA DE ESTUDIO (DISTRITO 6 – MUNICIPIO DE VIACHA) .....	57
3.3.1	ASPECTOS DEMOGRÁFICOS .....	58
3.4	PROYECTO DEL PARQUE URBANO CENTRAL DEL DISTRITO 6 .....	58

3.5 ASPECTOS GEOTÉCNICOS .....	66
3.5.1 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA .....	66
3.5.2 TRABAJOS EN LABORATORIO .....	69
3.5.2.1 Ensayo de SPT (AASHTO: T-206-70) .....	70
3.5.2.2 Ensayo de contenido de humedad (ASTM D2216-98) .....	71
3.5.2.3 Ensayo de Granulometría mediante tamizado (AASHTO T27-93) .....	73
3.5.2.4 Ensayo de Hidrometría (AASHTO T87-86, T88-93) .....	75
3.5.2.5 Ensayo de Límites de Atterberg (AASHTO T89-68, T90-70) .....	78
3.5.2.6 Ensayo de Densidad en Sitio (AASHTO: T-191-61) .....	81
3.5.2.7 Ensayo de Peso Específico (AASHTO: D854-02, T100-70) .....	83
3.5.2.8 Ensayo de Corte Directo (AASHTO: T236, ASTM D3080) .....	86
3.5.2.9 Ensayo de Proctor Modificado (AASHTO: T180D, ASTM D1557) .....	88
3.5.2.10 Ensayo de Trozos Inalterados (AASHTO: T233-86, ASTM D854-02) .....	91
3.5.2.11 Ensayo de C.B.R. (AASHTO: T193 - ASTM D1883) .....	93
<b>CAPITULO 4</b> .....	97
CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA .....	97
4.1 UBICACIÓN DE POZOS – PARQUE URBANO CENTRAL, DISTRITO 6 (CIUDAD DE VIACHA) .....	97
4.2 RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS – PARQUE URBANO CENTRAL .....	99
4.3 PLANILLA RESUMEN DE ENSAYOS .....	108
4.4 RESUMEN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS GEOTÉCNICOS – PARQUE URBANO CENTRAL .....	109
4.5 MAPEO GEOTÉCNICO – PARQUE URBANO CENTRAL, DISTRITO 6 – MUNICIPIO DE VIACHA .....	113
4.6 PERFIL LONGITUDINAL DE CORRELACIÓN .....	115
<b>CAPITULO 5</b> .....	118
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	118
5.1 CONCLUSIONES .....	118
5.2 RECOMENDACIONES .....	122
BIBLIOGRAFIA .....	124
ANEXOS	

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

FIGURA F1	Mapa Geológico de la Comunidad de Madrid .....	8
FIGURA F2	Esquema de realización de la Cartografía Geológica Convencional .....	9
FIGURA F3	Mapa Geológico Simplificado y Corte Geológico .....	10
FIGURA F4	Talud inestable por deslizamientos superficiales y erosión .....	19
FIGURA F5	Suelo Gravoso .....	22
FIGURA F6	Suelo Arenoso .....	22
FIGURA F7	Suelo Limoso .....	23
FIGURA F8	Suelo Arcilloso .....	23
FIGURA F9	Capas del Suelo .....	25
FIGURA F10	Origen y Formación de los Suelos .....	26
FIGURA F11	Componentes de los Suelos .....	32
FIGURA F12	Carta de Plasticidad - Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS) .....	42
FIGURA F13	Ciudad de Viacha .....	45
FIGURA F14	Límites de Territoriales de Viacha .....	46
FIGURA F15	División Político - Administrativo de Viacha .....	47
FIGURA F16	Unidades Fisiográficas del Municipio de Viacha .....	52
FIGURA F17	Clasificación de Suelo del Municipio de Viacha .....	53
FIGURA F18	Clasificación Climática del Municipio de Viacha .....	56
FIGURA F19	Ubicación del Distrito 6 - Municipio de Viacha .....	57
FIGURA F20	Ubicación Parque Urbano Central Distrito 6 - Municipio de Viacha .....	61
FIGURA F21	Parque Urbano Central del Distrito 6 - Municipio de Viacha .....	62
FIGURA F22	Parque Urbano Central del Distrito 6 - Municipio de Viacha .....	62
FIGURA F23	Parque Urbano Central del Distrito 6 - Municipio de Viacha .....	63
FIGURA F24	Parque Urbano Central del Distrito 6 - Municipio de Viacha .....	63
FIGURA F25	Parque Urbano Central del Distrito 6 - Municipio de Viacha .....	64
FIGURA F26	Parque Urbano Central del Distrito 6 - Municipio de Viacha .....	64
FIGURA F27	Parque Urbano Central del Distrito 6 - Municipio de Viacha .....	65
FIGURA F28	Parque Urbano Central del Distrito 6 - Municipio de Viacha .....	65
FIGURA F29	Ubicación de Pozos - Parque Urbano Central Distrito 6 .....	98
FIGURA F30	Ubicación del Parque Urbano Central del Distrito 6 – Municipio de Viacha .....	109
FIGURA F31	Distribución Gráfica de Humedades.....	110
FIGURA F32	Distribución Gráfica del Índice de Plasticidad .....	111
FIGURA F33	Distribución Gráfica de Tensiones Admisibles del Suelo .....	112
FIGURA F34	Zonas Geotécnicas .....	114
FIGURA F35	Perfiles Longitudinales de Correlación .....	115
FIGURA F36	Perfil Longitudinal de Correlación – Sección “A – B” .....	116
FIGURA F37	Perfil Longitudinal de Correlación – Sección “B – C” .....	116
FIGURA F38	Perfil Longitudinal de Correlación – Sección “C – D” .....	117
FIGURA F39	Perfil Longitudinal de Correlación – Sección “D – E” .....	117

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### TABLAS

TABLA 1	Clasificación Simplificada de los Principales Peligros Geológicos .....	11
TABLA 2	Tabla Resumen Factores que Generan el Suelo .....	31
TABLA 3	Valores Típicos de Gs .....	37
TABLA 4	Sistema de Clasificación de Suelos Unificado (SUCS) .....	41
TABLA 5	Sistema de Clasificación de Suelos AASTHO .....	44
TABLA 6	Población según CNPV 2012 (Habitantes) .....	49
TABLA 7	Población y Familias por DISTRITO (Área Urbana) .....	49
TABLA 8	Temperaturas Promedio (°C) 2000 – 2015 (años) .....	54
TABLA 9	Precipitación Pluvial (mm) 1990 – 2015 (años) .....	55
TABLA 10	Parque Urbano Central Viacha Distrito -6 .....	59
TABLA 11	Lista de Coordenadas de Vértices - Datum WGS - 84 Zona 19 .....	59
TABLA 12	Número de Sondeos por Área de Estudio – para Urbanizaciones .....	68
TABLA 13	Peso de Muestra Requerida Según el Tamaño Máximo de Partículas .....	74
TABLA 14	Coordenadas de Pozos .....	97
TABLA 15	Contenido de Humedad .....	99
TABLA 16	Composición Granulométrica de los Suelos .....	100
TABLA 17	Límites de Atterberg .....	101
TABLA 18	Hidrometría .....	102
TABLA 19	Clasificación de Suelos .....	103
TABLA 20	Ensayo de S.P.T. ....	104
TABLA 21	Ensayo de densidad en Sitio .....	105
TABLA 22	Ensayo de Compactación .....	105
TABLA 23	Ensayo de CBR .....	106
TABLA 25	Ensayo de Peso Específico Relativo .....	106
TABLA 26	Ensayo de Densidad de Trozos Inalterados .....	107
TABLA 27	Ensayo de Corte Directo .....	107
TABLA 28	Planilla Resumen de Ensayos por Pozo .....	108
TABLA 29	Características Geotécnicas por Zona .....	113
TABLA 30	Características de los Suelos, Parque Urbano Central, Viacha .....	120
TABLA 31	Capacidad Portante de los Pozos .....	121
TABLA 32	Angulo de Fricción Interna .....	121

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA F1	Inspección preliminar - Parque Urbano Central del Distrito 6 .....	66
FOTOGRAFÍA F2	Inspección preliminar - Parque Urbano Central del Distrito 6 .....	67
FOTOGRAFÍA F3	Inspección preliminar - Parque Urbano Central del Distrito 6 .....	67
FOTOGRAFÍA F4	Ensayo de SPT .....	71
FOTOGRAFÍA F5	Ensayo de contenido de humedad .....	72
FOTOGRAFÍA F6	Ensayo de Granulometría de Suelos .....	75
FOTOGRAFÍA F7	Ensayo de Hidrometría .....	78
FOTOGRAFÍA F8	Ensayo de Límites de Atterberg .....	81
FOTOGRAFÍA F9	Ensayo de Densidad en Sitio .....	83
FOTOGRAFÍA F10	Ensayo de Peso Específico .....	85
FOTOGRAFÍA F11	Ensayo de Corte Directo .....	87
FOTOGRAFÍA F12	Ensayo de Proctor Modificado .....	90
FOTOGRAFÍA F13	Ensayo de Trozos Inalterados .....	93
FOTOGRAFÍA F14	Ensayo de C.B.R. ....	96

# **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL PARQUE URBANO CENTRAL DEL DISTRITO SEIS DE LA CIUDAD DE VIACHA**

## **CAPITULO 1**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

### **1.2 ANTECEDENTES.**

En toda obra civil a la hora de realizar el diseño y posteriormente la construcción de cualquier proyecto, son varios factores a tomar en cuenta, los cuales debido a su importancia pueden definir y variar esencialmente la concepción del mismo, entre los muchos factores que intervienen uno de los principales está relacionado con las características y el tipo de suelo donde se pretende encarar el proyecto.

En las ciudades principalmente, debido al crecimiento desmesurado y no de forma ordenada se hace imperiosa la necesidad de contar con estudios geotécnicos de las zonas donde se prevén futuros asentamientos, urbanizaciones, áreas de equipamiento, etc. Para de esta manera definir o delimitar las áreas aptas para construcciones y proyectos civiles futuros.

La ciudad de Viacha no queda exenta de esta situación, teniendo al momento un crecimiento continuo, ampliando cada vez más su mancha urbana especialmente en los sectores laterales de la carretera hacia la ciudad de El Alto, lo que llegan a conformar los Distritos 6 y 7 de dicha ciudad.

Este trabajo tiene por objeto realizar el estudio y caracterización del suelo de una parte de lo que es el Distrito 6 de la ciudad de Viacha, específicamente en el área que comprenderá el Parque Urbano Central de este distrito y así de esta manera el municipio pueda contar con información relevante para su uso conveniente.

### **1.3 PROBLEMÁTICA.**

La necesidad de la población de mejorar su calidad de vida hace que la migración del campo a la ciudad vaya en constante crecimiento, pero siendo esta de manera desordenada y sin una correcta planificación.

Esta situación plantea la necesidad a los municipios de poder contar con información y datos relativos a las características del suelo que se dispondrán para la ubicación de nuevos asentamientos urbanos, áreas de equipamiento, áreas verdes y de recreación.

Dicha información permitirá zonificar las áreas destinadas a futuras urbanizaciones y obras civiles e identificar sectores no aptos ni seguros para la construcción y/o adoptar medidas necesarias para la su mitigación si fuese necesario.

## 1.4 OBJETIVOS.

### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

Realizar una caracterización geotécnica del sector correspondiente al Parque Urbano Central del Distrito 6 de la ciudad de Viacha, de acuerdo a la Norma Boliviana para estudios Geológico-Geotécnicos de la ABIG<sup>1</sup>.

### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar las características físico mecánico de los suelos correspondientes al sector que será estudiado en el Distrito 6: Humedad, granulometría, límites de Atterberg, hidrometría, densidad en sitio (método cono de arena), compactación, Relación de Soporte de California (C.B.R), peso específico, trozos inalterados y corte directo, tanto in situ como en laboratorio.
- Clasificar el tipo de suelos utilizando los métodos SUCS<sup>2</sup> y AASHTO<sup>3</sup>.
- Construir la base de datos georreferenciada del tipo de suelo en el sector.

## 1.5 ALCANCE.

Establecer un estudio para determinar el tipo de suelo y las características tanto físico como mecánicas que corresponde al área que será estudiada.

Solo se abarcará el sector correspondiente a lo que será el Parque Urbano Central del Distrito 6 de la ciudad de Viacha, todos los ensayos correspondientes al estudio se enmarcaran en este sector.

## 1.6 METODOLOGÍA.

Para el desarrollo del proyecto se seguirá una serie de etapas, experimental descriptivo, las cuales contemplaran:

**Recopilación de Información**, En este aspecto se recopiló información necesaria del sector que será objeto de nuestro proyecto, área del Parque Urbano Central Distrito 6, ciudad de Viacha.

**Ubicación de lugares donde se hicieron las calicatas**, Verificado el terreno, se procedió a definir los lugares donde se realizaron los pozos, tratando de abarcar la mayor área posible del sector en estudio, la cantidad de estos estará definida tomando en cuenta la norma correspondiente.

---

<sup>1</sup> AGIB (Asociación Boliviana de Ingeniería Geotécnica)

<sup>2</sup> SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

<sup>3</sup> AASTHO (American Association of State Highway and Transportation. Officials)

**Realización de calicatas y obtención de muestras,** La excavación de los pozos se realizó con maquinaria a cielo abierto. En función al tipo de obras que están proyectadas en el sector, es que se determinó una profundidad máxima de excavación 1.5 m.

Las muestras se obtuvieron diferenciando los sectores donde se proyecta construir distinta infraestructura (muestras a 1.5 m.) y obras viales (muestras a 0.6 m.), tratando de preservar las características naturales de los mismos.

**Realización de ensayos In Situ,** Hecha la excavación y obtenida las muestras se procedió a realizar el ensayo dinámico de Penetración Estándar SPT, a profundidad de 1,5 m. en áreas de equipamiento proyectadas además del ensayo, Densidad en Sitio (método cono de arena) en los sectores de obras viales a una profundidad de 0.6 m.

**Ensayos en laboratorio,** Las muestras obtenidas fueron sometidas a distintos ensayos para determinar parámetros físico- mecánicos, que nos permitan la caracterización geológica del sector, siendo los siguientes:

- ✓ Humedad Natural
- ✓ Granulometría
- ✓ Límites de Atterberg
- ✓ Hidrometría
- ✓ Compactación
- ✓ CBR
- ✓ Peso específico
- ✓ Trozos inalterados
- ✓ Corte directo

**Trabajo de gabinete,** Los datos obtenidos de laboratorio fueron procesados, para su interpretación posterior (clasificación del suelo, utilización del software ARCGIS).

**Conclusiones y recomendaciones,** Finalmente según los resultados obtenidos se plantea las recomendaciones y conclusiones al respecto.

## CAPITULO 2

### MARCO TEÓRICO.

#### 2.1 DEFINICIÓN DE GEOLOGÍA.

El concepto de geología proviene de dos vocablos griegos: geo (“tierra”) y logos (“estudio”). Se trata de la ciencia que analiza la forma interior y exterior del globo terrestre. De esta manera, la geología se encarga del estudio de las materias que forman el globo y de su mecanismo de formación. También se centra en las alteraciones que estas materias han experimentado desde su origen y en el actual estado de su colocación<sup>4</sup>.

##### 2.1.1 LA GEOLOGÍA EN LA INGENIERIA CIVIL.

El ingeniero civil se enfrenta a una gran variedad de problemas, en los que el conocimiento de la geología es necesario.

La aplicación de los principios geológicos a la investigación de los materiales naturales, tierra, roca y agua superficial y subterránea implicados en el diseño y la construcción es de vital importancia en los proyectos de ingeniería civil, mencionaremos algunas ventajas específicas que consisten en:

- Conocimientos sistematizados de los materiales.
- Los problemas de cimentación son esencialmente geológicos. Los edificios, puentes, presas y otras construcciones, se establecen sobre algún material natural.
- Las excavaciones se puedan planear y dirigir más inteligentemente y realizarse con mayor seguridad.
- El conocimiento de la existencia de aguas subterráneas y los elementos de la hidrología subterránea.
- El conocimiento de las aguas superficiales, sus efectos de erosión, su transporte y sedimentaciones, es esencial para el control de las corrientes, los trabajos de defensas de márgenes, conservación de suelos y otras actividades.
- La capacidad de leer e interpretar informes geológicos, mapas, planos geológicos y topográficos y fotografía, es de gran utilidad para la planificación de muchas obras.
- La capacitación para reconocer la naturaleza de los problemas geológicos.

---

<sup>4</sup> Referencia: Definición de Geología, (Julián Pérez Porto, María Merino, 2009) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [D-1].

### 2.1.2 RAMAS DE LA GEOLOGÍA<sup>5</sup>.

La geología cuenta con las siguientes ramas que abarcan diferentes estudios, de los cuales presentamos a continuación un resumen:

❖ **Cristalografía**

Esta rama de la geología se dedica al estudio de los cristales (estos se estudian mediante el microscopio).

❖ **Espeleología**

Estudia la morfología de las cavidades naturales del subsuelo. En ella se investigan, se topografía y se catalogan todo tipo de descubrimientos subterráneos.

❖ **Estratigrafía**

Trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias estratificadas, y de la identificación, descripción, secuencia, tanto vertical como horizontal; cartografía y correlación de las unidades estratificadas de rocas.

❖ **Geología del petróleo**

Técnicas exploratorias para seleccionar las mejores oportunidades o “plays” para encontrar hidrocarburos (petróleo y gas).

❖ **Geología económica**

Se encarga del estudio de las rocas con el fin de encontrar depósitos minerales. La explotación de estos recursos es conocida como minería.

❖ **Geología estructural**

Se dedica a estudiar la corteza terrestre, sus estructuras y su relación en las rocas que las contienen. Estudia la geometría de las formaciones rocosas y la posición en que aparecen en superficie.

❖ **Gemología**

La gemología es la ciencia, arte y profesión de identificar y evaluar las gemas.

❖ **Geología histórica**

Es la rama de la geología que estudia las transformaciones que ha sufrido la Tierra desde su formación, hasta el presente.

❖ **Geología planetaria**

También llamada astrogeología o exogeología, trata de la geología de los cuerpos celestes (planetas y sus satélites, asteroides, cometas y meteoritos).

❖ **Geomorfología**

Tiene por objeto la descripción y la explicación del relieve terrestre, continental y marino, como resultado de la interferencia de los agentes atmosféricos sobre la superficie terrestre.

---

<sup>5</sup> Referencia: Ramas de la Geología, (Gambiental, Universidad del Valle de Orizaba, México, 2007) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [R-3].

### ❖ **Geoquímica**

Rama de la geología que estudia la composición y el comportamiento químico de la Tierra, determinando la abundancia absoluta y relativa de los elementos químicos en el globo terráqueo.

### ❖ **Geofísica**

Estudia la Tierra desde el punto de vista de la física y su objeto de estudio está formado por todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra.

### ❖ **Hidrogeología**

Rama de las ciencias geológicas que estudia las aguas subterráneas en lo relacionado con su origen.

### ❖ **Mineralogía**

Es la rama de la geología que estudia las propiedades físicas y químicas de los minerales que se encuentran en el planeta en sus diferentes estados de agregación.

### ❖ **Paleontología**

Ciencia que estudia e interpreta el pasado de la vida sobre la Tierra a través de los fósiles. Parte de sus fundamentos y métodos son compartidos con la Biología.

### ❖ **Petrología**

Consiste en el estudio de las propiedades físicas, químicas, mineralógicas, espaciales y cronológicas de las asociaciones rocosas y de los procesos responsables de su formación.

### ❖ **Sedimentología**

Se encarga de estudiar los procesos de formación, transporte y depósito de materiales que se acumulan como sedimentos en ambientes continentales y marinos y que normalmente forman rocas sedimentarias.

### ❖ **Sismología**

Se encarga del estudio de terremotos y la propagación de las ondas elásticas (sísmicas), que estos generan, por el interior y la superficie de la Tierra.

### ❖ **Vulcanología**

El estudio de los volcanes, la lava, el magma y otros fenómenos geológicos relacionados. El término vulcanología viene de la palabra latina Vulcānus, Vulcano, el Dios romano del fuego.

## 2.1.3 MAPA GEOLOGICO<sup>6</sup>.

Muestra la distribución, la relación y composición de los materiales de la tierra tales como rocas y depósitos superficiales (deslizamientos de tierra, sedimentos) y muestra las características estructurales de la tierra como fallas, etc. Un geólogo recopila los datos que se presentan en un mapa a través del uso de las

---

<sup>6</sup> Referencia: ¿Que es un mapa Geológico?, (State of California Department of Conservation, 2017) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [Q-3].

observaciones de campo, fotografías aéreas, la detección remota de información, información topográfica, información de reconocimiento de suelos y análisis de laboratorio.

Los datos geológicos, en forma de capa, se imprimen generalmente en un mapa base. El mapa base puede mostrar la topografía, caminos, ríos, u otros rasgos culturales o naturales en el área del mapa<sup>7</sup>.

### 2.1.3.1 USO DE MAPAS GEOLOGICOS<sup>8</sup>.

Un mapa geológico es la herramienta principal de un geólogo o ingeniero para transmitir o descifrar información acerca de la superficie de la Tierra.

Los mapas geológicos se utilizan para interpretar la estructura, estratigrafía, la mineralogía, la paleontología, y el registro histórico de la corteza de la Tierra.

Se utilizan para localizar los recursos energéticos (como el petróleo, el gas natural, el carbón y los recursos geotérmicos).

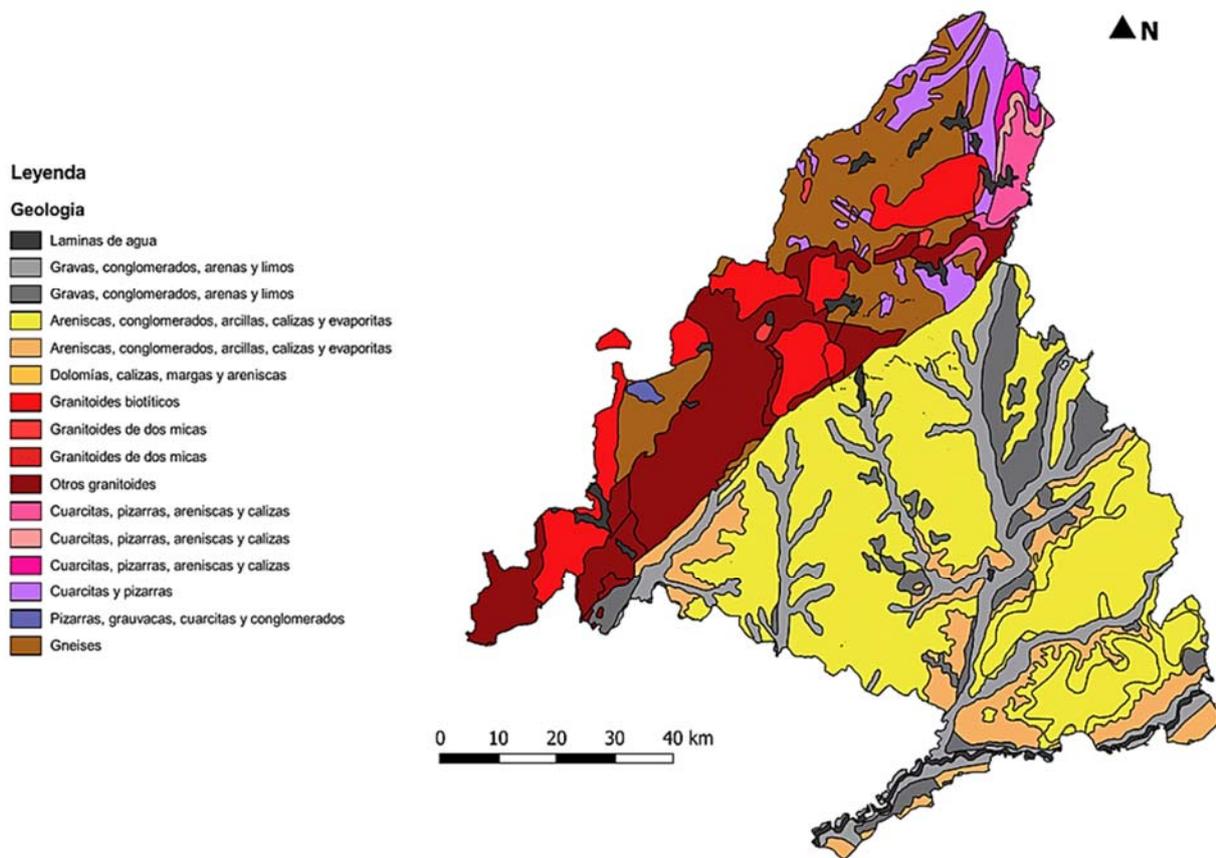
Para localizar las fuentes de aguas subterráneas y depósitos minerales (tales como agregado oro, hierro, cobre, arcilla y construcción).

También se utilizan para identificar las áreas que contienen riesgos potenciales minerales, tales como el mercurio, asbestos, o radón, para identificar los posibles peligros geológicos como deslizamientos de tierra, zonas de fallas Sísmicas, áreas susceptibles a licuefacción, zonas históricas con inundaciones, volcanes y áreas susceptibles a tsunamis. Los mapas geológicos son utilizados por los planificadores del uso de la tierra para identificar y determinar cuáles son las áreas aptas para la agricultura y el desarrollo urbano. Ellos son un recurso fundamental para aplicaciones ambientales y de ingeniería. Los mapas geológicos proporcionan una enorme cantidad de información necesaria para entender la Tierra y entender la geología de otros planetas en comparación.

---

<sup>7</sup> Los mapas modernos son en formato digital, ampliando su utilidad en la toma de decisiones permitiendo que la información geológica pueda ser combinada con otros datos, tales como la demografía o la infraestructura.  
Referencia: Ídem.

<sup>8</sup> Referencia: Ídem.



**FIGURA F1** Mapa Geológico de la Comunidad de Madrid  
Fuente: Studylib - Catalogo – España

### 2.1.3.2 ELABORACIÓN DE UN MAPA GEOLÓGICO<sup>9</sup>.

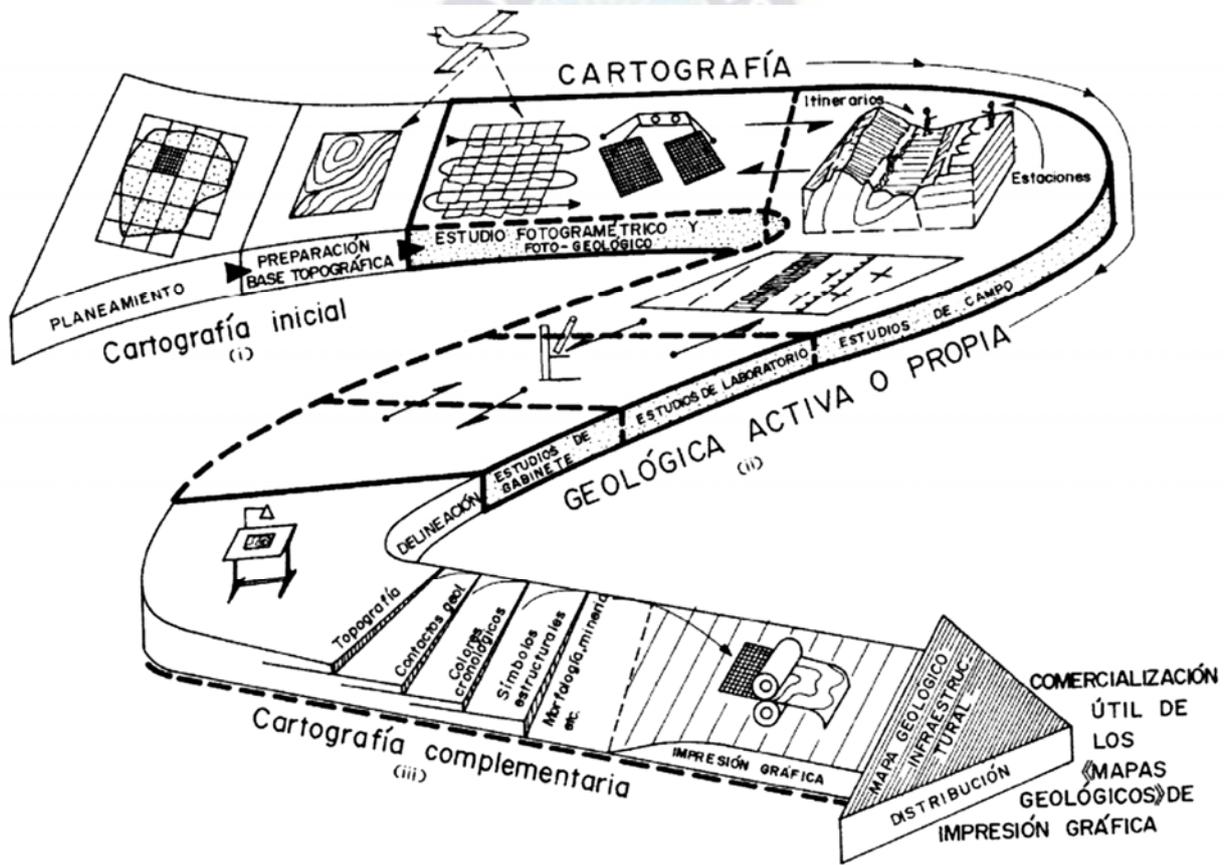
La elaboración de mapas geológicos es un trabajo muy especializado que requiere detallados reconocimientos del terreno. Los mapas geológicos, de acuerdo con la finalidad de la investigación, pueden ser elaborados con muy diferentes criterios: Mejorar el conocimiento geológico general de una región (mapa geológico), distinguir tipos litológicos (mapas litoestratigráficos), agrupar formaciones geológicas por edades (mapas cronoestratigráficos), poner en evidencia zonas con un elevado riesgo geológico (mapas de riesgo), racionalizar el uso y explotación de los suelos (mapas de ordenación del territorio), etc. La metodología aplicada en la construcción de cada uno de ellos puede ser diferente si bien los aspectos de campo y de gabinete son comunes a todos ellos.

<sup>9</sup> Referencia: Practicas de Geología Mapas Geológicos y Problemas, (Jordi Delgado Martín, Francisco Padilla Benítez, Víctor Barrientos, 2010) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [P-4].

En los trabajos de campo, el geólogo realiza una serie de itinerarios buscando afloramientos, es decir, zonas expuestas en la superficie de la Tierra que permiten observar las características geológicas del subsuelo. Una vez encontrado un afloramiento, éste se sitúa sobre un mapa topográfico o bien sobre una

foto aérea (Figura F2). Con la ayuda de las herramientas típicas del trabajo de campo (martillo, lupa, brújula), intenta identificar las rocas presentes en el afloramiento, así como todas aquellas características útiles (fósiles, orientación de planos y lineaciones en las rocas, etc.) en la posterior identificación.

El trabajo de campo puede ser extremadamente duro por lo que, a menudo, se trabaja previendo que no se volverá más al afloramiento estudiado. Así, cualquier observación ha de ser minuciosamente documentada en una libreta de campo, esquematizada mediante gráficos adecuados, fotografiada si se considera necesario y muestreada si ello es indispensable.



**FIGURA F2** Esquema de realización de la Cartografía Geológica Convencional  
Fuente: Prácticas de Geología – Mapas Geológicos y Problemas (J. Delgado, F Padilla, V. Barrientos, 2010)

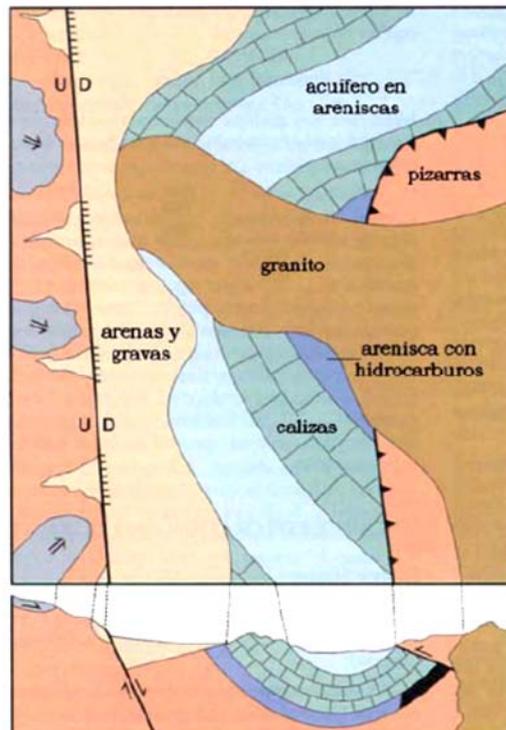
Al final de los trabajos de campo, el mapa resultante no es otra cosa que una serie de manchas de color y símbolos dispersos sobre el mapa topográfico o en la foto aérea. Si la cartografía ha sido efectuada con rigor, se trata de un mapa objetivo de extraordinario valor, puesto que debiera ser independiente de la

persona que lo haya realizado: Se reflejan tan sólo aquellas características verificables en cualquier momento por cualquier otro observador.

El trabajo realizado en el campo y resumido como mapa objetivo debe ser complementado en el gabinete mediante la interpolación entre afloramientos separados. Cualquier técnica de interpolación introduce incertidumbre dado que se interpola para obtener información donde esta no ha sido tomada (por estar cubierto o inaccesible el terreno, por ejemplo). A diferencia de las interpolaciones matemáticas, la interpolación realizada en el gabinete por el geólogo se basa en la utilización de información obtenida mediante técnicas geofísicas directas (sondeos), indirectas (sísmica, magnetometría, gravimetría, etc.), en su propia experiencia, así como en el conocimiento geológico que posee de la región estudiada.

El resultado final es un modelo geológico (un mapa) validado con la ayuda de los datos geofísicos y de campo. Los mapas finales poseen, por tanto, una cierta componente interpretativa.

**FIGURA F3** Mapa Geológico Simplificado y Corte Geológico  
Fuente: *Prácticas de Geología – Mapas Geológicos y Problemas*  
(J. Delgado, F Padilla, V. Barrientos, 2010)



### 2.1.3.3 PELIGROS GEOLÓGICOS<sup>10</sup>.

Los peligros geológicos son responsables de grandes pérdidas de vidas y destrucción de propiedades. En el siglo veinte más de un millón de personas en todo el mundo han sido víctimas sólo de los terremotos, y el valor de la propiedad destruida por terremotos, volcanes y tsunamis asciende a decenas de millones de dólares.

La Placa de Nazca, que se desliza lentamente hacia el este sobre el manto terrestre, penetra debajo de la Placa Sudamericana a lo largo de la fosa Perú-Chile. La fricción resultante produce presiones internas y aumento de temperatura; la roca de subducción se fusiona y se expande, causando presión adicional y un movimiento hacia arriba del magma. El magma llega a la superficie, erupcionando para formar volcanes, y las rocas de la corteza se quiebran y se mueven en respuesta a las fuerzas internas. Así, la corteza encima de la zona de subducción está marcada por volcanes y fallas activas. El movimiento a lo largo de estas fallas causa terremotos.

Los peligros geológicos, terremotos, deslizamientos de tierra inducidos, y las erupciones volcánicas, están concentrados en esta región, así como también las olas oceánicas sísmicas, comúnmente llamadas tsunamis, que son originadas por los terremotos que allí ocurren.

**TABLA 1**

*Clasificación Simplificada de los Principales Peligros Geológicos*

EVENTOS GEOLÓGICOS	PELIGROS QUE CAUSAN
Terremotos	A. Sacudimiento del terreno B. Fallas en la superficie C. Deslizamientos y licuefacción <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Avalanchas de rocas</li> <li>○ Flujos rápidos de suelo</li> <li>○ Caídas de roca</li> </ul> D. Tsunamis
Erupciones Volcánicas	A. Fenómenos piroclásticos B. Flujos de lodo e inundaciones C. Flujos de lava e inundaciones D. Gases venenosos

*Fuente: Plataforma Regional Para la Reducción del Riesgo de Desastres en las Américas (OEA,2012)*

Con el presente estado de la tecnología, la mayoría de los eventos geológicos no pueden ser prevenidos ni pronosticados con alguna precisión. Los deslizamientos son una excepción: frecuentemente pueden ser prevenidos. Las áreas expuestas a tales eventos se pueden identificar como zonas de falla, sísmico,

<sup>10</sup> Referencia: Plataforma Regional para la Reducción del Riesgo de Desastres en las Américas (O.E.A. 2012) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [P-5].

volcanes activos, y áreas costeras susceptibles a los tsunamis. Sin embargo, no todas las fallas sísmicas han sido identificadas. Las estimaciones de ocurrencia de un evento peligroso dado son probabilísticas, basadas en la consideración de la magnitud de un evento y su ocurrencia en tiempo y espacio.

Sin embargo, las medidas de mitigación apropiadas pueden reducir enormemente los daños causados por los peligros geológicos. La alta densidad de población e infraestructura aumenta el riesgo, haciendo que la mitigación del peligro sea aún más importante.

Los eventos geológicos destacan por su comienzo extremadamente rápido. A diferencia de las inundaciones o huracanes, cuyo impacto en determinado lugar puede ser pronosticado con horas o días de anticipación, los terremotos prácticamente no dan aviso alguno. Los volcanes frecuentemente muestran señales de un aumento general en actividad, pero dan poco o ningún aviso exacto de su erupción. Los tsunamis se desplazan a grandes distancias sobre mar abierto.

Además de la velocidad de comienzo, los peligros geológicos también tienden a tener impactos que cubren grandes áreas. Los terremotos pueden causar daños en un área de millones de kilómetros cuadrados, y los tsunamis se desplazan sobre todo el océano y causan daños importantes a miles de kilómetros de distancia del lugar de origen. Por estas razones las medidas de mitigación no estructurales, tales como la zonificación para uso de tierras o el desarrollo de sistemas de monitoreo, tienden a ser particularmente efectivas.

#### - **TERREMOTOS.**

Un terremoto es causado por la súbita liberación de energía de las fuerzas elásticas que se acumulan lentamente a lo largo de una falla dentro de la corteza terrestre. Las áreas de superficie o subterráneas que se fracturan y que pueden experimentar terremotos, se conocen como zonas sísmicas de ruptura.

Según el tamaño y su ubicación, un terremoto puede causar los fenómenos físicos de sacudimiento de terreno, ruptura en superficie de una falla, deslizamiento del terreno y los tsunamis en algunas áreas costeras. Ocurren réplicas sísmicas más pequeñas después del evento principal, a veces durante varias horas, o meses o aún años.

#### **a) Sacudimiento del terreno.**

El sacudimiento o movimiento del terreno, la causa principal del colapso parcial o total de las estructuras, es la vibración del terreno excitado por las ondas sísmicas durante un terremoto. Son cuatro los principales tipos de onda sísmica que se propagan a través del interior o sobre la superficie de la tierra, a diferentes velocidades; llegan a un lugar determinado en diferentes momentos y hacen vibrar las estructuras de manera diferente.

La primera onda que llega a la superficie de la tierra es la onda sonora u onda P y es la primera que hace vibrar a una construcción. Las ondas más destructoras son las ondas de corte, ondas S, que causan que

la tierra se mueva a ángulo recto de la dirección de propagación de la onda y que las estructuras vibren de lado a lado. A no ser que la estructura sea diseñada y construida para resistir todas estas vibraciones, el sacudimiento del terreno puede causar graves daños. El tercer y cuarto tipos son ondas de superficie de baja frecuencia, cuya velocidad de propagación es menor, usualmente detectadas a mayores distancias del epicentro, y que causan la oscilación más lenta de estructuras y también olas en embalses de agua.

#### **b) Desplazamiento en superficie.**

Es el desplazamiento o la ruptura de la superficie del terreno debido a un movimiento diferencial a lo largo de una falla durante un terremoto. Este efecto está generalmente asociado con magnitudes Richter de 5.5 o mayores en el área epicentral, y está restringido a determinadas áreas propensas a los terremotos. Los desplazamientos del terreno van desde unos pocos milímetros hasta varios metros y generalmente el daño aumenta con el mayor desplazamiento

Además de construcciones, estructuras lineales tales como carreteras, ferrocarriles, puentes, túneles, y tuberías son susceptibles a daños de ruptura de superficie. Obviamente la manera más efectiva para limitar tales daños es evitar la construcción en la vecindad inmediata de las fallas activas. Donde esto no sea posible, podrían ser consideradas algunas medidas de mitigación tales como la instalación de tuberías sobre el terreno o el uso de conexiones flexibles.

#### **c) Fallas del terreno inducidas por los terremotos: deslizamientos de tierra y licuefacción.**

Los deslizamientos ocurren en una gran variedad de formas. El enfoque de esta sección son aquellos deslizamientos inducidos por los terremotos pero que también pueden ser iniciados por otros mecanismos. Los terremotos no sólo pueden iniciar los deslizamientos; también pueden causar que el terreno sufra licuefacción en determinadas áreas. Ambas formas de falla del terreno son potencialmente catastróficas.

#### **- ERUPCIONES VOLCÁNICAS.**

Aun cuando las cenizas de muy grandes erupciones volcánicas tales como el Krakatoa, en lo que ahora es Indonesia, pueden dar la vuelta al mundo en cuestión de pocos días y pueden afectar las puestas del sol durante muchos años después, el daño serio está restringido a pequeñas áreas en comparación con la extensión de daños de grandes inundaciones o grandes terremotos. Sin embargo, las erupciones volcánicas pueden causar grandes pérdidas de vidas humanas y de propiedades.

La distribución geográfica restringida de las erupciones volcánicas hace más fácil monitorear sus efectos adversos.

Las erupciones volcánicas van desde pequeños rebalses de lava hasta explosiones violentas. La diferencia está determinada en gran parte por la viscosidad de magma o roca fusionada, y su contenido de gas disuelto. Los magmas, fluidos ricos en fierro y magnesio, tienden a permitir que los gases volcánicos escapen y lleguen más frecuentemente a la superficie en la forma de flujos suaves de lava. Los magmas

más viscosos, ricos en sílice, tienden a atrapar a los gases volcánicos, resultando en una creciente presión, y así tienen una mayor propensión a las erupciones violentas.

Los productos de explosiones violentas incluyen pedazos de lava derretida, que se solidifican rápidamente para formar vidrio, y fragmentos sólidos que van desde ceniza fina hasta piedras del tamaño de una casa. La naturaleza de los peligros volcánicos está determinada por el material eyectado por una erupción y por la fuerza con la cual es eyectado

#### - **TSUNAMIS.**

Los tsunamis difieren de otros peligros sísmicos en el hecho que pueden causar daños serios a miles de kilómetros de las fallas causativas. Una vez que son generados son prácticamente imperceptibles en el mar abierto, donde la altura de su superficie es menos de un metro. Viajan a velocidades increíbles, hasta 900km/hr, y la distancia entre cresta de ola y otra puede ser hasta de 500km. A medida que las olas se acercan a aguas de poca profundidad, la velocidad del tsunami disminuye y la energía se transforma en altura de ola que a veces alcanza alturas de hasta 25m; pero el intervalo de tiempo entre olas sucesivas permanece sin cambio y es generalmente de entre 20 y 40 minutos. Cuando los tsunamis se aproximan a la línea de costa, el mar suele retraerse a niveles mucho más bajos que la marea baja y luego crece como una ola gigante.

Los efectos de los tsunamis pueden ser grandemente amplificados por la configuración de la línea de costa local y el fondo marino. Dado que no existe una metodología precisa para definir estos efectos, es importante examinar el registro histórico para determinar si una sección particular del litoral ha sido afectada por tsunamis y qué elevación alcanzaron.

## **2.2 GEOTECNIA<sup>11</sup>.**

La geotecnia o geotécnica consiste en recurrir a los preceptos de la ingeniería para el desarrollo de obras públicas de acuerdo a las cualidades de los materiales que se encuentran en la corteza del planeta. Puede considerarse como una rama de la geología o de la ingeniería civil.

A través de la geotecnia, se investigan los materiales que componen la corteza terrestre para el adecuado diseño y ejecución de obras de ingeniería civil. La construcción de represas, carreteras (rutas), puentes y oleoductos, por citar algunas posibilidades, requieren de la aplicación de la geotecnia ya que es necesario conocer las condiciones físicas del entorno y las propiedades mecánicas del suelo, entre otras cuestiones.

---

<sup>11</sup> Referencia: Definición de Geotecnia (Julián Pérez Porto, Ana Gardey, 2019) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [D-3].

Un experto en ingeniería geotécnica, por lo tanto, maneja los conceptos esenciales de la geología y de la geofísica y comprende los pilares de la hidráulica y la mecánica<sup>12</sup>. Sus conocimientos sobre las rocas contribuyen a minimizar los riesgos tanto para las personas como para el medio ambiente, ya que permiten reducir las posibilidades de hundimientos de la tierra, derrumbes y desplazamientos del terreno.

El especialista en geotecnia está en condiciones de idear y aplicar medidas para evitar trastornos vinculados al desarrollo de las obras. La creación de estructuras de contención y el control del agua a través de muros, cunetas, filtros, anclajes y otras herramientas forman parte de su trabajo.

### 2.2.1 ESTUDIO GEOTECNICO<sup>13</sup>.

El estudio geotécnico tiene por finalidad conocer las características del terreno que soportará la obra tanto en su fase de ejecución definiendo:

- La naturaleza de los materiales a excavar
- Modo de excavación y utilización de los mismos
- Los taludes a adoptar en los desmontes de la explanación
- La capacidad portante del terreno para soportar los rellenos y la estructura
- La forma de realizarlos y sus taludes, tanto en fase de obra como en fase de puesta en servicio previendo los asentamientos que puedan producirse y el tiempo necesario para que se produzcan
- Los coeficientes de seguridad que deben adoptarse
- Las medidas a tomar para incrementarlos caso de no ser aceptables
- Las operaciones necesarias para disminuir los asentamientos y/o acelerarlos

Como información previa a la realización del estudio geotécnico, y parte integrante del mismo, se debe conocer todos aquellos datos que puedan condicionar sus características, solicitaciones e influencias.

En particular, y sin ánimo exhaustivo, cabe mencionar el perfil del terreno, la existencia de vertidos, canalizaciones y servicios enterrados, la existencia de posibles fallas, terrenos expansivos, terrenos

---

<sup>12</sup> Karl von Terzaghi (1883-1963) es señalado como el precursor de la ingeniería geotécnica. A lo largo de su toda su trayectoria profesional se dedicó a analizar problemáticas vinculadas a las cimentaciones y los suelos, volcando su trabajo en textos que se consideran como las bases de la geotecnia. Referencia: Definición de Geotecnia (Julián Pérez Porto, Ana Gardey, 2019) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [D-3].

<sup>13</sup> Referencia: Prontuario Características de los Terrenos y Cimentaciones Adecuadas a los mismos (Sheila C.S.S, 2016) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [S-1].

agresivos, existencia y ubicación de rellenos, pozos, galerías, depósitos enterrados, la naturaleza y configuración de las cimentaciones de los edificios colindantes, etc.

Deben preverse tomas de muestras adicionales a medida que la obra avanza con objeto de detectar alteraciones en las condiciones del suelo, aparición de estratos diferentes a los previstos, alteraciones en el nivel de la capa freática, etc.

### 2.2.2 PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO<sup>14</sup>.

**Que es un estudio Geotécnico,** Este tipo de estudios se plantean para tener conocimiento de las características geológicas y geotécnicas del subsuelo en todos aquellos aspectos que interesen para el desarrollo de un proyecto.

El fin último es, no obstante, establecer unas recomendaciones concretas y suficientemente fiables sobre las características de resistencia y de deformación del suelo, así como una serie de recomendaciones constructivas.

Existen una amplia variedad de tipos de estudios, pero sólo haremos mención de los denominados “Estudios Geotécnicos para Construcción” se dividen en tres categorías o niveles.

- 1) **Nivel reducido:** Consiste en la adaptación de una experiencia local positiva, eventualmente completada con un número de reconocimientos de tipo económico.
- 2) **Nivel normal:** Es el caso más frecuente y comprende prospecciones profundas, el número de ensayos y profundidad depende de la superficie y variabilidad del terreno, principalmente.
- 3) **Nivel intenso:** Es la ampliación del anterior. Se efectúa cuando se sospecha la presencia en el subsuelo de arcillas expansivas, suelos colapsables, fallas o cualquier otra discontinuidad del terreno.

**Planificación de ensayos de campo,** Para la planificación del reconocimiento se debe tener información de la superficie de ocupación del proyecto y las características de los mismos.

La planificación tendrá en cuenta el conocimiento previo del terreno, siendo más rigurosos con zonas de nueva urbanización, que aquellas que se conocen suficientemente por la existencia de edificaciones.

En principio, salvo en terrenos muy competentes y conocidos, el reconocimiento debería contar al menos con un sondeo mecánico.

---

<sup>14</sup> Referencia: Estudio Geotécnico (Jorge Sainz Pascual, INZAMAC Asistencias Técnicas, 2018) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [S-2].

### **2.2.3 METODOLOGÍA<sup>15</sup>.**

La metodología de los estudios geotécnicos está basada en el desarrollo secuencial de una serie de fases, Se tendrán en cuenta los siguientes principios:

#### **2.2.3.1 RECOPIACIÓN Y ESTUDIO DE LA DOCUMENTACIÓN**

Estudio de toda la documentación previa existente, sobre todo mapas geológicos, mapas geotécnicos, hidrogeológicos, de rocas industriales, tesis, tesinas y cualquier tipo de publicación referida a la geología y/o geotecnia de la zona.

#### **2.2.3.2 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO**

Visita a la zona donde se tiene previsto realizar el estudio y se atenderá especialmente a la topografía de la zona, a los desniveles existentes, a la presencia en superficie de rastros de galerías, respiraderos de bodegas, zonas hundidas, zonas de rellenos, etc.

#### **2.2.3.3 PLANTEAMIENTO DE LA CAMPAÑA DE CAMPO**

Las operaciones de ejecución de reconocimientos, toma de muestras y ensayos deberán planificarse y realizarse para conseguir la identificación de los distintos estratos del subsuelo y determinar sus características geotécnicas, es decir sus valores de resistencia y de deformación, principalmente.

El planteamiento de la campaña de reconocimiento en campo, como ya hemos visto, atiende al criterio de diseño, y a tipo de proyecto a ejecutar.

En el caso de los sondeos mecánicos a rotación se realizan dentro de la caña del sondeo una serie de pruebas destinadas a recuperar muestras que no hayan sufrido alteraciones importantes, estas pruebas son las Toma de muestras de tipo inalterado (TMI), en sus diferentes modalidades y los ensayos de resistencia "in situ" del tipo SPT.

#### **2.2.3.4 TRABAJOS DE LABORATORIO**

Los trabajos de laboratorio se realizarán por entidades acreditadas.

De las muestras obtenidas en las distintas prospecciones (catas y/o sondeos), se realizarán los ensayos pertinentes para la determinación de las propiedades geotécnicas de los tipos de terrenos atravesados.

El número de muestras a ensayar se adaptará a la variabilidad del terreno.

---

<sup>15</sup> Referencia: Estudio Geotécnico (Jorge Sainz Pascual, INZAMAC Asistencias Técnicas, 2018) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [S-2].

Los ensayos más usuales, tal como hemos expuesto son los siguientes:

- Humedad natural.
- Granulometría.
- Límites de Atterberg.
- Clasificación unificada de suelos.
- Corte directo.
- Determinación del peso específico.
- Ensayo Proctor.
- Ensayo de relación Soporte de California.

#### **2.2.3.5 TRABAJO DE GABINETE**

Una vez recolectado y procesado en laboratorio los distintos ensayos, se procede a la preparación del informe, que de acuerdo con la Asociación Boliviana de Ingenieros Geotecnistas (A.B.I.G) debe de contener lo siguiente:

1. Antecedentes (ubicación, extensión, límites)
2. Consideraciones geológicas
3. Consideraciones hidrogeológicas
4. Geotecnia (exploración de pozos, análisis de laboratorio)
5. Conclusiones
6. Recomendaciones
7. Anexos:
  - ✓ Plano de ubicación
  - ✓ Plano de ubicación de pozos
  - ✓ Correlación litológica de los pozos y/o perfiles de suelo
  - ✓ Mapa geológico
  - ✓ Mapa geotécnico
  - ✓ Tablas y graficas de curvas granulométricas
  - ✓ Tablas y cálculos de ensayos de granulometría
  - ✓ Tablas y cálculos de la determinación de límites de consistencia
  - ✓ Tablas y cálculos de la determinación de la capacidad portante de los suelos
  - ✓ Cuadros y cálculos de los ensayos de corte

### 2.3 MECÁNICA DE SUELOS PARA INGENIEROS<sup>16</sup>.

El suelo es el material de construcción más abundante dentro de las prácticas de la ingeniería Civil, y constituye el soporte de las estructuras como edificaciones, vías, puentes, canales, torres, entre otros, además se utiliza como el material de terraplenes viales, muros de tierra reforzada con geotextil, diques, rellenos de adecuación de terrenos en relieves pendientes para áreas urbanas. Los suelos conforman los taludes de corte y de terraplenes viales y son estructuras que cumplen funciones diversas en los proyectos: son los elementos a estabilizar cuando se trata de taludes, y a la vez brindan estabilidad a los demás elementos que hacen parte de un tratamiento de pendientes, como los canales, las bermas, las estructuras y la vegetación que protege el suelo.

De ahí la necesidad de estudiar los suelos desde las diferentes ópticas y necesidades dentro de las prácticas de la Ingeniería Civil. La estabilidad volumétrica de un suelo, donde no se admiten deformaciones altas, la estabilidad de los taludes y de las estructuras que hacen parte de la cimentación de una estructura; la saturación de los suelos y sus consecuencias en la inestabilidad de taludes, la estabilidad del suelo frente a procesos de erosión hídrica o sus cambios de volumen y resistencia cuando se deshidrata, son algunos de los comportamientos que se deben estudiar en la mecánica de suelos para dar respuesta a problemas frecuentes vinculados con los materiales térreos.

La Mecánica de Suelos brinda las herramientas que permiten la solución a muchos problemas de la ingeniería de suelos: el origen y la formación del suelo es el primer análisis para sectorizar o inferir sobre la presencia de formaciones litológicas diferentes, de comportamientos diversos; la relación de fases permite conocer los pesos y volúmenes de los suelos y sus variaciones cuando cambia su humedad.

**FIGURA F4** Talud inestable por deslizamientos superficiales y erosión  
Fuente: Problemática asociada a Inestabilidades en taludes rocosos  
(GEOSCAN, Consultoría Geológica, 2014)



<sup>16</sup> Referencia: Origen Formación y Constitución del Suelo- Geomecánica para Ingenieros (Gonzalo Duque Escobar, Carlos Enrique Escobar Potes, 2016) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [D-4].

La clasificación de los suelos se soporta en los laboratorios de granulometría y plasticidad, donde se identifican las propiedades de los suelos granulares, dependiendo de la cantidad y frecuencia de los tamaños de los granos que conforman el suelo o las cualidades de los suelos finos por la plasticidad que exponen sus partículas finas.

El suelo y el agua tienen vínculos muy estrechos y tanto la ausencia de agua dentro de la estructura del suelo cuando éste se seca, o el exceso hasta la saturación ejercen control sobre su peso, alteran la resistencia de ese suelo y cambia su volumen; además de la respuesta del suelo fino saturado por la aplicación de cargas estáticas, cuando se induce el flujo del agua libre, se deforma y sufre asentamiento la estructura apoyada en él.

El suelo debe ser un elemento funcional en los proyectos de ingeniería cuando conforma taludes de corte y de terraplenes, y su funcionalidad se vincula con la conservación de la humedad y de la plasticidad para soportar la vegetación que lo protege y conservar sus cualidades que permiten la estabilidad del talud

La magnitud de los esfuerzos en masas de suelo por la presencia de esfuerzos externos y el análisis de la magnitud y dirección de los esfuerzos o los esfuerzos máximos y mínimos en una masa de suelo son de vital importancia para el análisis de la respuesta de las estructuras subterráneas, como redes de alcantarillado, alcantarillas en vías, túneles o de las estructuras de contención.

Todas las prácticas de la mecánica de suelos se soportan en campañas de prospección de los suelos y en el laboratorio para identificar y caracterizar los materiales que integran las áreas de los proyectos de ingeniería. De ahí la necesidad de tener claridad sobre el alcance y el objetivo de los trabajos de campo y de laboratorio para lograr los registros y parámetros que permitan resultados exitosos. Por último, la instrumentación de los suelos es cada vez más vital, necesaria y frecuente dentro de las prácticas de la ingeniería. La medición de variables como la deformación del suelo, los cambios de las presiones totales, la presión de poro o la respuesta frente a perturbaciones dinámicas son necesarias cuando se construyen estructuras grandes y complejas.

La mecánica de suelos incluye:

- ❖ Teoría sobre el comportamiento de los suelos sujetos a cargas, basada en simplificaciones necesarias, dado el estado actual de la teoría.
- ❖ Investigación de las propiedades físicas de los suelos
- ❖ Aplicación del conocimiento teórico y empírico de los problemas prácticos.

Los métodos de investigación de laboratorio figuran en la rutina de la mecánica de suelos.

En los suelos se tiene no solo los problemas que se presentan en el acero y concreto (módulo de elasticidad y resistencia a la rotura), exagerados por la mayor complejidad del material; sino otros como su tremenda variabilidad, donde los procesos naturales formadores de suelos están por fuera del control del ingeniero.

En la mecánica de suelos es importante el tratamiento de las muestras (inalteradas – alteradas). La mecánica de suelos desarrolló los sistemas de clasificación de suelos donde se caracteriza el suelo a partir de propiedades como color, olor, textura, distribución de tamaños, plasticidad (A. Casagrande).

El muestreo, la clasificación y la obtención de los parámetros mecánicos de los suelos son requisitos indispensables para la aplicación de la mecánica de suelos a los problemas de diseño.

### **2.3.1 ORIGEN FORMACIÓN Y CONSTITUCIÓN DEL SUELO.**

El ingeniero de suelos debe conocer el contexto geológico del suelo, las condiciones agrológicas de las unidades, el clima de la región y el relieve. Sin ese entendimiento, su trabajo estará lleno de incertidumbres que pueden traducirse en pérdidas de oportunidades al desconocer las propiedades inherentes al material, y sobretodo, al no incorporar los elementos de riesgo para el diseño, por omitir circunstancias fundamentales intrínsecas y ambientales<sup>17</sup>.

#### **2.3.1.1 GENERALIDADES**

Suelo en Ingeniería Civil son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas fruto de la alteración de las rocas, o los suelos transportados por agentes como el agua, el hielo o el viento, con la contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva y que puede tener, o no materia orgánica.

El suelo es un cuerpo natural heterogéneo.

La mecánica de suelos es la aplicación de la mecánica y la hidráulica a los problemas geotécnicos. Ella estudia las propiedades, el comportamiento y la utilización del suelo como material estructural, de tal modo que las deformaciones y resistencia del suelo ofrezcan seguridad, durabilidad y estabilidad a las estructuras.

La estructura del suelo puede ser natural (la del suelo “in situ”), como un talud, o el suelo de cimentación, o artificial (suelo como material de construcción), como un terraplén o un relleno.

---

<sup>17</sup> Referencia: Origen Formación y Constitución del Suelo- Geomecánica para Ingenieros (Gonzalo Duque Escobar, Carlos Enrique Escobar Potes, 2016) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [O-1].

### 2.3.1.2 TIPOS DE SUELO

Existen diversos tipos de suelos, todos ellos relacionados a la actividad para lo que van a ser usados, en este caso mencionaremos a los tipos básicos de suelos que se encuentran para actividades de ingeniería civil, mecánica de suelos y geotecnia.

- **Tipos básicos de suelos:**

*Suelos gravosos (grava):* tienen tamaño de partículas entre 8-10 cm a 2 mm, son muy permeables y sus componentes se observan a simple vista.



**FIGURA F5** Suelo Gravoso

Fuente: *Conceptos y Aplicaciones de la tecnología en suelos y mezclas Asfálticas* (F. Sánchez Leal, 2012)

*Suelos arenosos (arena):* tienen tamaño de partículas entre 2-0,060 mm, son muy permeables y sus componentes también se observan a simple vista.



**FIGURA F6** Suelo Arenoso

Fuente: *Propiedades de los Suelos Arenosos* (Servicios Agropecuarios de la Costa, 2015)

*Suelos limosos (limo)*: tienen tamaño de partículas entre 0,060 mm y 0,002 mm, tienen capacidad de retención de agua mayor que las arenas, pero menor que las arcillas, sus componentes ya no se reconocen a simple vista, suelen ser atractivos para la agricultura si tienen alto contenido mineral y orgánico.



**FIGURA F7** Suelo Limoso

Fuente: Suelos limosos

(Fundación para el Desarrollo Socio-económico y Restauración Ambiental, 2015)

*Suelos arcillosos (arcilla)*: tienen tamaño de partículas menores que 0,002 mm (inferiores a los limos), tienen alta capacidad de retención de agua y son muy atractivos para la agricultura sobre todo cuando tienen alto porcentaje de materia orgánica. Sin embargo, este tipo de suelo es el que genera mayor problema en ingeniería civil.



**FIGURA F8** Suelo Arcilloso

Fuente: Bío escuela, Tipos de Suelos

### 2.3.1.3 COMPOSICIÓN Y PARTES DEL SUELO

El suelo está compuesto de cuatro partes básicas:

- a) La parte mineral (minerales) o parte inorgánica.
- b) El componente orgánico (organismos vivos o muertos)
- c) Agua
- d) El aire

#### a) **Minerales o componente inorgánico**

Los minerales o la componente inorgánica es la más abundante, representa entre el 40 % al 50 % del volumen total del suelo. Los minerales deben su origen a la descomposición (erosión o meteorización in situ) de las rocas preexistentes o rocas madres (rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas).

La parte sólida que compone el suelo se encuentra representado por minerales y partes de rocas y corresponden a partículas de tamaño de gravas, arenas, limos y arcillas.

#### b) **Componente orgánico (materia orgánica)**

El componente orgánico del suelo se encuentra representado por organismos vivos (microorganismos, plantas, etc.) y organismo muertos (restos de plantas, microorganismos muertos, heces de animales, etc.), conforma alrededor del 5 % del volumen total del suelo.

El suelo que es rico en materia orgánica tiene alta capacidad de retener el agua y nutrientes básicos, por lo que es atractivo para la generación de cultivos.

#### c) **El agua**

El agua que está presente en el suelo se almacena en los espacios disponibles entre las partículas que conforman el suelo (porosidad), representa entre el 20 % al 30 % del volumen total del suelo y su importancia radica en la alta capacidad de transporte de los nutrientes básicos para la vida en el suelo y para facilitar la descomposición biológica – química.

El porcentaje de agua que se retenga en el suelo va a depender sobretodo de los diferentes tipos de suelos, es así que un suelo arcilloso es el que más capacidad de retención de agua tiene y suelos gravosos-arenosos son los que menos capacidad de retención tienen (propiedad de permeabilidad).

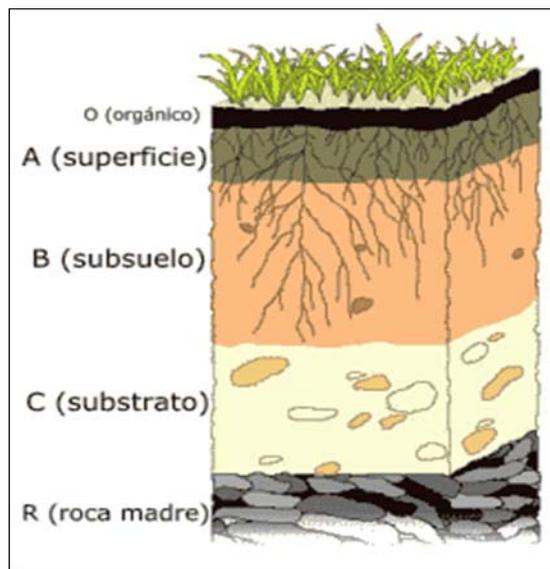
#### d) **El aire (los gases)**

Los gases son otro de los componentes básicos del suelo, representa el aire que ocupa los espacios disponibles entre las partículas sólidas del suelo (porosidad), suele ocupar entre el 20 % al 30% del volumen total del suelo.

El oxígeno es esencial para la respiración de las raíces y los microbios (microorganismo), lo que ayuda a mantener el crecimiento de las plantas.

#### 2.3.1.4 CAPAS DEL SUELO

El suelo consiste en diferentes capas que a menudo se llaman horizontes. Hay tres capas del suelo principales llamados A, B y C, así como una capa orgánica (O) en la parte superior del suelo (O) y roca madre a continuación:



**FIGURA F9** Capas del Suelo

Fuente: *Origen y Formación de los Suelos*  
(Geología y Ciencias de la Tierra, 2018)

**Capa O:** esta es una capa compuesta principalmente de materia orgánica que tiene alrededor dos pulgadas de grosor y está hecha de material vegetal muerto como hojas y ramas.

**Capa A:** esta capa superior del suelo también se denomina superficie del suelo. Tiene un grosor aproximado entre cinco y diez pulgadas y está compuesto principalmente de materia orgánica y minerales. Esta es la capa de suelo donde viven las plantas y los organismos (microorganismos).

**Capa B:** esta capa también se denomina subsuelo. Está compuesto principalmente de arcilla, minerales de hierro y materia orgánica, que el agua de lluvia arrastra hasta esta capa.

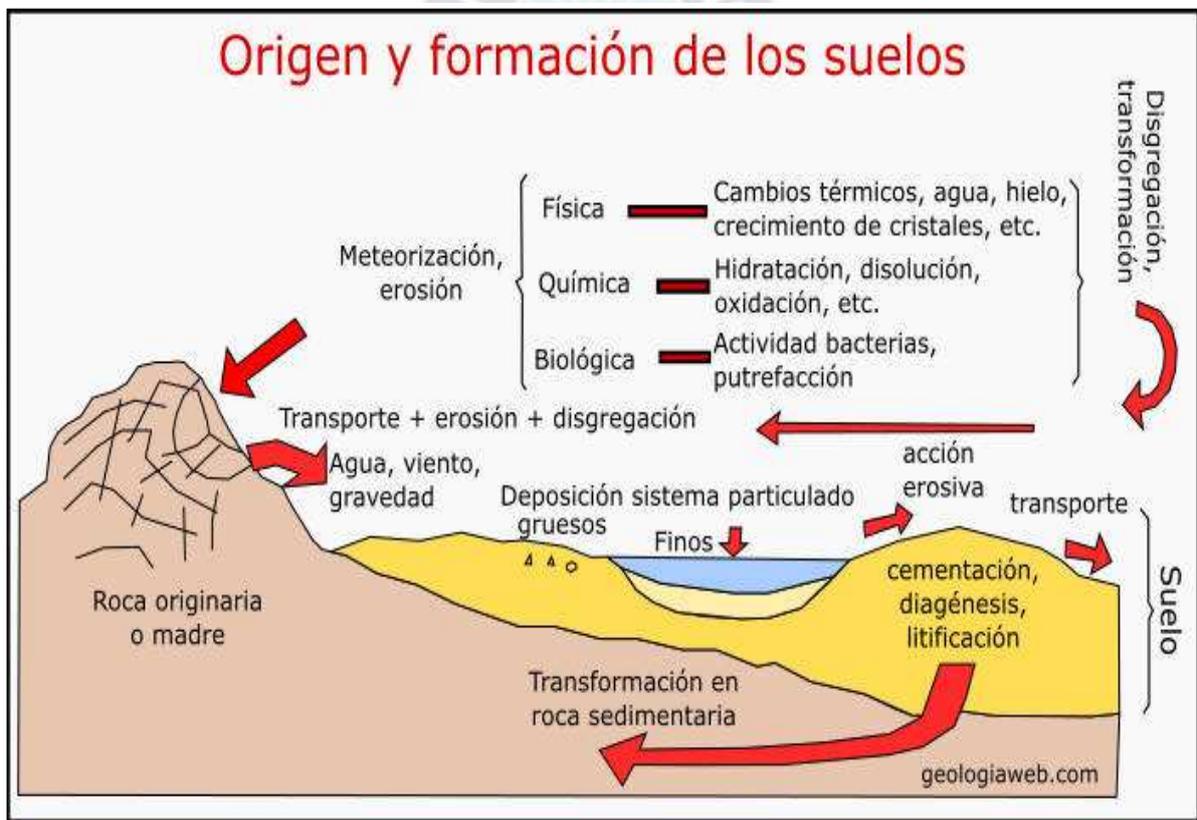
**Capa C:** la capa C es el material principal a partir del cual se desarrollaron las capas superiores del suelo. Consiste principalmente en rocas grandes relictos de la roca madre, es decir que es una zona de transición entre el suelo y la roca madre.

**Capa R:** este es el lecho de roca (roca madre) y se encuentra varios metros bajo la superficie. El lecho de roca está hecho de una masa sólida de roca.

**2.3.2 ORIGEN Y FORMACIÓN DEL SUELO<sup>18</sup>.**

Los suelos deben su origen o formación por la acción desintegradora que sufren los macizos rocosos preexistentes o rocas madres, debido a factores medioambientales, procesos de meteorización in situ (físicos, químicos y biológicos) y procesos de erosión (transporte de suelos).

Cuando una superficie de roca se expone a la atmósfera durante un tiempo apreciable, se desintegra o se descompone en partículas pequeñas y así se forman los suelos.



**FIGURA F10** Origen y Formación de los Suelos  
 Fuente: Origen y Formación de los Suelos  
 (Geología y Ciencias de la Tierra, 2018)

<sup>18</sup> Referencia: Origen Formación y Constitución del Suelo- Geomecánica para Ingenieros (Gonzalo Duque Escobar, Carlos Enrique Escobar Potes, 2016) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [O-1].

Un suelo puede formarse in situ por la meteorización de los macizos rocosos. En este caso las rocas madres se descomponen y alteran en el mismo lugar y no ocurre transporte de materiales.

También puede ocurrir que las partículas que se generan por los procesos físicos, químicos y biológicos, sufran transporte y se genere un suelo transportado, es decir que las partículas se depositaron más abajo.

Es necesario comprender como se forma el suelo, para entender las propiedades ingenieriles (parámetros geotécnicos) de los materiales que conforman el suelo y por tanto lograr que las obras de ingeniería civil sean seguras y rentables.

### 2.3.3 FACTORES QUE GENERAN EL SUELO<sup>19</sup>:

- Factores físicos
- Factores químicos
- Factores biológicos
- Transporte de las partículas

#### 2.3.3.1 DESINTEGRACIÓN FÍSICA.

La desintegración física o la meteorización mecánica de las rocas se produce debido a los siguientes procesos físicos:

##### ***Cambios de temperatura***

Diferentes minerales de rocas tienen diferentes coeficientes de expansión térmica. La expansión desigual y la contracción de estos minerales ocurren debido a los cambios de temperatura. Cuando las tensiones inducidas debido a tales cambios se repiten muchas veces, las partículas se desprenden de las rocas y se forman los suelos.

##### ***Acción de la expansión del hielo (acuñamiento del hielo)***

El agua en los poros y las diminutas grietas de las rocas se congela en climas muy fríos. Como el volumen de hielo formado es mayor que el del agua, ocurre la expansión. Las rocas se rompen en pedazos cuando se desarrollan grandes tensiones en las grietas debido a la acción de acuñamiento del hielo formado.

---

<sup>19</sup> Referencia: Origen Formación y Constitución del Suelo- Geomecánica para Ingenieros (Gonzalo Duque Escobar, Carlos Enrique Escobar Potes, 2016) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [O-1].

### ***La difusión de las raíces de las plantas***

A medida que crecen las raíces de los árboles y los arbustos en las grietas y fisuras de las rocas, las fuerzas actúan sobre las rocas. Los segmentos de la roca se separan y se produce la desintegración de las rocas.

### ***Abrasión***

A medida que el agua, el viento y los glaciares se mueven sobre la superficie de la roca, se produce abrasión y fregado. Resulta en la formación de suelos.

Nota: en todos los procesos de desintegración física, no hay cambios en la composición química. El suelo formado tiene las propiedades de la roca madre. Los suelos de grano grueso, como la grava y la arena, se forman por el proceso de desintegración física.

### **2.3.3.2 DESCOMPOSICIÓN QUÍMICA.**

Cuando se produce la descomposición química o la meteorización química de las rocas, los minerales de roca originales se transforman en nuevos minerales por reacciones químicas. Los suelos formados no tienen las propiedades de la roca madre. Los siguientes procesos químicos generalmente ocurren en la naturaleza:

### ***Hidratación***

En la hidratación, el agua se combina con minerales de roca y da como resultado la formación de un nuevo compuesto químico. La reacción química causa un cambio en el volumen y la descomposición de la roca en partículas pequeñas.

Un ejemplo de reacción de hidratación que está teniendo lugar en los suelos es la hidrólisis de  $\text{SiO}_2$

$$\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Si}(\text{OH})_4$$

### ***Carbonatación***

Es un tipo de descomposición química en la cual el dióxido de carbono en la atmósfera se combina con el agua para formar ácido carbónico. El ácido carbónico reacciona químicamente con las rocas y provoca su descomposición.

El ejemplo para este tipo de es que está teniendo lugar en rocas sedimentarias que contienen carbonato de calcio.

### ***Oxidación***

La oxidación ocurre cuando los iones de oxígeno se combinan con minerales en la roca. La oxidación resulta en la descomposición de las rocas. La oxidación de las rocas es algo similar a la oxidación del acero.

### ***Solución***

Algunos de los minerales de roca forman una solución con agua cuando se disuelven en agua. La reacción química tiene lugar en la solución y los suelos se forman.

### ***Hidrólisis***

Es un proceso químico en el que el agua se disocia en iones  $H^+$  y  $OH^-$ . Los cationes de hidrógeno reemplazan a los iones metálicos como el calcio, el sodio y el potasio en minerales de roca y los suelos se forman con una nueva composición química<sup>20</sup>.

Nota: La descomposición química de las rocas resulta en la formación de minerales de arcilla. Los minerales de arcilla imparten propiedades plásticas de los suelos. Los suelos arcillosos se forman por descomposición química.

#### **2.3.3.3 DESCOMPOSICIÓN BIOLÓGICA.**

Es producida por actividad bacteriana. Las bacterias inducen putrefacciones de materiales orgánicos y mezclan el producto con otras partículas de origen físico-químico, las mismas que actúan como elemento catalizador, etc.

#### **2.3.4 TRANSPORTE DE SUELOS<sup>21</sup>**

Los suelos formados en un lugar pueden ser transportados a otros lugares por agentes de transporte, como agua, hielo, viento y gravedad.

##### ***Suelos transportados por el agua***

El agua corriente es uno de los agentes más importantes de transporte de suelos. el tamaño de las partículas de tierra que transporta el agua depende de la velocidad. El agua rápida puede transportar las partículas de gran tamaño, como rocas y gravas. Con una disminución en la velocidad, las partículas más gruesas se depositan. Las partículas más finas se transportan aguas abajo y se depositan cuando la

---

<sup>20</sup> La descomposición química de las rocas resulta en la formación de minerales de arcilla. Los minerales de arcilla imparten propiedades plásticas de los suelos. Los suelos arcillosos se forman por descomposición química.  
Referencia: Origen Formación y Constitución del Suelo- Geomecánica para Ingenieros (Gonzalo Duque Escobar, Carlos Enrique Escobar Potes, 2016) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [O-1].

<sup>21</sup> Referencia: Ídem.

velocidad se reduce. Un delta se forma cuando la velocidad se reduce a casi cero en la confluencia con un cuerpo receptor de agua quieta como un lago, un mar o un océano.

Todos los tipos de suelos transportados y depositados por el agua se conocen como depósitos aluviales. Los depósitos hechos en lagos se llaman depósitos lacustres. Los depósitos marinos se forman cuando el agua que sigue transporta los suelos al océano o al mar.

### ***Suelos transportados por el viento***

Las partículas del suelo son transportadas por los vientos. el tamaño de partícula del suelo depende de la velocidad del viento. Las partículas más finas son llevadas lejos del lugar de la formación. Los depósitos de suelo por el viento se conocen como depósitos eólicos.

Las dunas de arena grandes están formadas por los vientos. Las dunas de arena se producen en las regiones áridas y en el lado del lado de sotavento del mar con playas de arena.

Loess es un depósito de limo hecho por el viento. Estos depósitos tienen baja densidad y alta compresibilidad. La capacidad de carga de tales suelos es muy baja. La permeabilidad en la dirección vertical es grande.

### ***Suelos depositados en los glaciares***

Los glaciares son grandes masas de hielo formadas por la compactación de la nieve. A medida que los glaciares crecen y se mueven, llevan consigo suelos que varían en tamaño desde finos a grandes rocas. Los suelos se mezclan con el hielo y son transportados lejos de su posición original.

**TABLA 2**  
*Tabla Resumen Factores que Generan el Suelo*

<b>ORIGEN Y FORMACIÓN DE LOS SUELOS</b>	
<b>Origen</b>	Rocas preexistentes Rocas madres Rocas ígneas, sedimentarias, metamórficas
<b>Acción ambiental</b>	Meteorización, erosión
<b>Acción física</b>	Variación térmica, Agua, Hielo, Difusión de raíces, Abrasión
<b>Acción química</b>	Hidratación, Carbonatación, Oxidación, Solución, Hidrólisis
<b>Acción biológica</b>	Actividad bacterias, Putrefacción
<b>Resultado final</b>	Diversos tipos de suelos

*Fuente: Origen y Formación de los Suelos (Geología y Ciencias de la Tierra, 2018)*

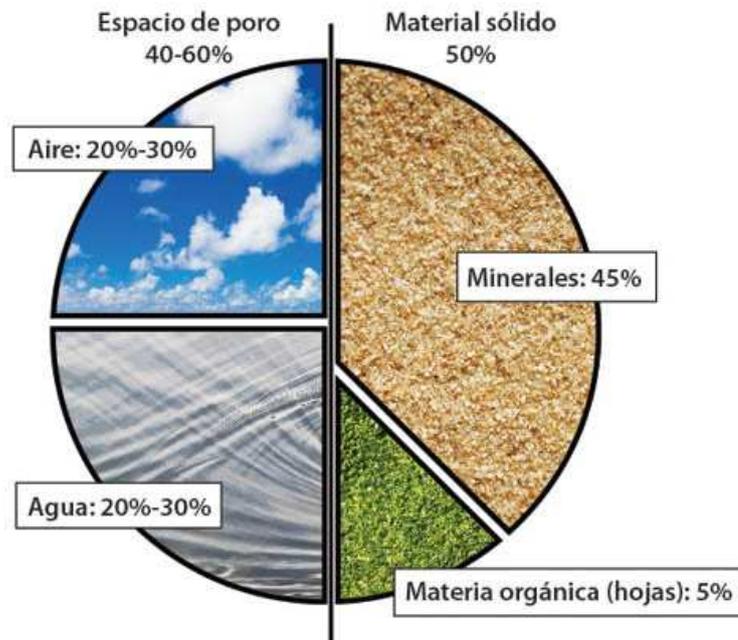
### 2.3.5 COMPONENTES DEL SUELO<sup>22</sup>.

Respecto a los elementos que componen el suelo, es tal la cantidad existente, que se los ha agrupado de la siguiente manera:

- **Materia orgánica:** está compuesta por microorganismos y materia de origen vegetal y animal. Entre los materiales orgánicos, son de especial importancia las bacterias, los hongos, el humus, las lombrices y las hormigas.
- **Materia inorgánica:** está compuesta por los minerales formados por la degradación de la roca sobre la cual está el suelo. De los minerales del suelo se pueden citar como ejemplos la arena, el limo y la arcilla.
- **Aire:** es muy importante ya que sirve para la respiración de las raíces de las plantas y de los microorganismos que viven en el suelo; más del 20% del volumen total del suelo debe estar ocupado por aire.

<sup>22</sup> Referencia: Respuestas.tips, ¿Cuáles son los componentes del Suelo? - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [R-4].

- Agua: es el medio en el cual se disuelven los minerales del suelo, convirtiéndose en sustancias que pueden tomar las plantas a través de las raíces.



**FIGURA F11** Componentes de los Suelos  
Fuente: ¿Cuál es la composición del suelo?  
(Scarlet Fernández Estecche, 2017)

## 2.3.6 PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICA DE LOS SUELOS<sup>23</sup>.

### 2.3.6.1 CONTENIDO DE HUMEDAD.

La determinación de contenido de humedad es un ensayo rutinario laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en un determinado suelo, cuyo resultado es muy importante especialmente en suelos cohesivos ya que este parámetro nos da una idea del estado húmedo natural del suelo, para prever algunos cambios en las propiedades de los suelos cohesivos como ser: la expansibilidad y/o la compresibilidad que afectaría a las cimentaciones provocando asentamientos diferenciales generándose fisuras en edificios, presas, etc.

### 2.3.6.2 GRANULOMETRÍA DE SUELOS.

Este ensayo abarca la determinación de la distribución del tamaño de partículas mayores a 0.075 mm por medio de un proceso de tamizado y el cálculo de los coeficientes de uniformidad  $C_u$ , y curvatura  $C_c$ , siempre y cuando sean aplicables.

<sup>23</sup> Referencia: Guía de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia. (Víctor Eduardo Bermejo Franco, Luis Pacosillo Ticona, IEM UMSA, 2013). - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [G-1].

La determinación de la forma de distribución de las partículas de un suelo por su tamaño se llama análisis mecánico. Se efectúa mediante un proceso de cernido (análisis de tamices) para suelos de granos gruesos y por proceso de sedimentación en agua para suelos de grano fino < 0.075mm. Cuando ambos procesos se usan en la misma muestra, el ensayo se llama análisis mecánico combinado.

### 2.3.6.3 GRANULOMETRÍA DE SUELOS – MÉTODO HIDROMÉTRICO.

El objetivo del análisis hidrométrico es obtener el porcentaje de arcilla (porcentaje más fino que 0.075mm.) ya que la curva granulométrica cuando más del 12% del material pasa el tamiz No.200 no es utilizada como criterio dentro de ningún sistema de clasificación de suelos y no existe ningún tipo de conducta particular del material que dependa intrínsecamente de la forma de dicha curva.

Las características físicas de los suelos de grano fino se identifican generalmente con mayor precisión por medio del ensayo de plasticidad en vez de la distribución del tamaño de los granos. Sin embargo, cuando analizamos el comportamiento de un suelo bajo la acción de las heladas, un análisis mecánico húmedo es indispensable para determinar el porcentaje de materia más pequeño de 0.02mm. de diámetro.

### 2.3.6.4 LÍMITES DE ATTERBERG.

Para la clasificación de los suelos finos, se realizan los Límites de Atterberg. El nombre de estos se debe al científico sueco Albert Mauritz Atterberg (1846-1916). Con ellos, es posible clasificar el suelo mediante la Clasificación Unificada de Suelos.

1. **Límite de cohesión.** - Es el contenido de humedad con el cual los trozos de suelo son capaces de pegarse unos a otros.
2. **Límite de pegajosidad.** -Es el contenido de humedad con el cual el suelo comienza a pegarse a las superficies metálicas tales como la cuchilla de la espátula. Esta condición tiene importancia práctica para el ingeniero agrícola pues se relaciona con la capacidad del suelo para adherirse a las cuchillas o discos de arado cuando se cultiva un suelo.
3. **Límite de contracción.** - Es el contenido de humedad por debajo del cual no se produce reducción adicional de volumen o contracción en el suelo.
4. **Límite Plástico.** - Es el contenido de humedad por debajo del cual no se puede considerar el suelo como material no plástico.
5. **Límite líquido.** - Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

Los límites líquido y plástico han sido ampliamente utilizados en todas las regiones del mundo, principalmente con objetivos de identificación y clasificación de suelos. El límite de contracción ha sido útil en varias áreas geográficas donde el suelo sufre grandes cambios de volumen entre su estado seco y su estado húmedo. El problema de potencial de volumen puede muy a menudo ser detectado de los resultados

de los ensayos de límite líquido y límite plástico. El límite líquido en ocasiones puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación, y ambos límites son algunas veces útiles para predecir la máxima densidad en estudios de compactación. Los dos métodos de clasificación AASHTO y USCS incorporan el uso del límite líquido y el límite plástico.

Los límites de cohesión y pegajosidad por el contrario han sido muy poco utilizados universalmente. En efecto solo muy recientemente se ha popularizado el conocimiento de que fueron 5 y no 3 los límites propuestos por Atterberg.

#### **2.3.6.5 DENSIDAD IN SITU.**

El ensayo de Densidad IN SITU por el método del Cono de Arena permite obtener la densidad del terreno al cual sea aplicado el mismo, y así verificar los resultados obtenidos en trabajos de compactación del suelo, y compararlos con las especificaciones técnicas en cuanto a la humedad la densidad y el grado de compactación del suelo evaluado, y así poder determinar la calidad del suelo donde se vayan o se están ejecutando proyectos de ingeniería.

El método del cono de arena, se aplica en general a partir de la superficie del material compactado hasta una profundidad aproximada de 15cm. Y cuyo diámetro del hoyo de extracción de suelo es aproximadamente 4 pulgadas y relativo a la abertura de la placa base del cono metálico de ensayo, este método se centra en la determinación del volumen de una pequeña excavación de forma cilíndrica de donde se ha retirado todo el suelo compactado (sin pérdidas de material) ya que el peso del material retirado dividido por el volumen del hueco cilíndrico nos permite determinar la densidad húmeda. Determinándose la humedad de esa muestra nos permite obtener la densidad seca.

#### **2.3.6.6 COMPACTACIÓN.**

El propósito de un ensayo de compactación en laboratorio es determinar la curva de compactación para una determinada energía de compactación. Esta curva considera en abscisas el contenido de humedad y en ordenadas la densidad seca. A partir de ella, se podrá obtener la humedad llamada óptima que es la que corresponde a la densidad máxima.

Con estos resultados se podrá determinar la cantidad de agua de amasado a usar cuando se compacta el suelo en terreno para obtener la máxima densidad seca para una determinada energía de compactación. Para cumplir este propósito, un ensayo de laboratorio debe considerar un tipo de compactación similar a la desarrollada en terreno con los equipos de compactación a especificar.

El agua juega un papel importante, especialmente en los suelos finos. Hay que hacer notar que cuando hablamos en este párrafo de suelos finos, no estamos refiriéndonos a suelos que contengan más de un 50% de finos, sino a la fracción fina que controla este comportamiento. Esta fracción fina, que puede ser para gravas sobre un 8% y para arenas sobre un 12% (Holtz 1973), lleva a limitar el uso de la densidad relativa y, por lo tanto, obliga a su reemplazo por el ensayo de compactación.

El agua en poca cantidad, se encuentra en forma capilar produciendo tensiones de compresión entre las partículas constituyentes del suelo que llevan a la formación de grumos difíciles de desintegrar y que terminan por dificultar la compactación. Mirado desde un punto de vista físico-químico, se produce una tendencia a la floculación entre las partículas arcillosas, lo que produce uniones entre partículas difíciles de romper. El aumento del contenido de humedad hace disminuir la tensión capilar y a nivel fisicoquímico facilita la separación de las partículas haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados en el grado de consistencia del suelo, representado por un menor índice de vacíos y un mayor peso unitario seco. Si, por otra parte, el agua pasa a existir en una cantidad excesiva antes de iniciar la compactación, ella dificultará el desplazamiento de las partículas de suelo debido a la baja permeabilidad del suelo y por ende a la dificultad de su eliminación produciendo una disminución en la eficiencia de la compactación. En consecuencia, existirá para un determinado suelo fino y para una determinada energía de compactación, una humedad óptima para la cual esta energía de compactación producirá un material con densidad seca máxima.

Al compactar un suelo se persigue lo siguiente:

- (a) Disminuir futuros asentamientos
- (b) Aumentar la resistencia al corte
- (c) Disminuir la permeabilidad

Para asegurar una compactación adecuada deben realizarse canchas de prueba en terreno que permitirán definir los equipos de compactación más adecuados para esos materiales, los espesores de capa y número de pasadas del equipo seleccionado para cumplir con las especificaciones técnicas de densidad seca. El control de la obra final se realizará a través de determinaciones de los parámetros densidad seca y humedad de compactación de los rellenos colocados. Las especificaciones para la compactación en terreno exigen la obtención de una densidad mínima que es un porcentaje de la densidad máxima seca obtenida en el laboratorio. Una práctica común para numerosas obras es exigir a lo menos el 95% del Proctor Modificado.

#### **2.3.6.7 RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR).**

No basta con especificar el grado de compactación de un suelo. Dos suelos diferentes alcanzarán no solo densidades secas y humedades óptimas diferentes en el ensayo de compactación, sino que el material al estar constituido por partículas diferentes, tendrá un comportamiento en términos de ingeniería diferente.

Por ello, se hace necesario un parámetro adicional que considere la capacidad de soporte del suelo en sí mismo para esas condiciones de compactación.

El ensayo de soporte de California se desarrolló por parte de la División de Carreteras de California en 1929 como una forma de clasificar la capacidad de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base en construcción de carreteras.

El ensayo CBR (la ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte) mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número asociado a la capacidad de soporte.

### Definiciones

El CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria (por pulgada cuadrada) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración dentro de la muestra de suelo compactada a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado. En forma de ecuación, esto se puede expresar como:

$$CBR = \frac{\text{carga unitaria de ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} \times 100\%$$

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo determinado utilizando el ensayo de compactación estándar (o modificado).

A menudo se compactan dos moldes de suelo: uno para penetración inmediata y otro para penetración después de dejarlo saturar por un periodo de 96 horas; este último se sobrecarga con un peso similar al del pavimento, pero en ningún caso menor que 4.5 kg. Es necesario durante este periodo tomar registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente.

En ambos ensayos, se coloca una sobrecarga sobre la muestra de la misma magnitud de la que se utiliza durante el ensayo de expansión. El ensayo sobre la muestra saturada cumple dos propósitos:

1. Dar información sobre la expansión esperada en el suelo bajo la estructura de pavimento cuando el suelo se satura.
2. Dar indicación de la pérdida de resistencia debida a la saturación en el campo.

El valor del CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos, principalmente con fines de utilización como base y subrasante bajo pavimentos de carreteras y aeropistas.

#### 2.3.6.8 PESO ESPECÍFICO.

Este ensayo tiene por objetivo determinar el peso específico de los sólidos de una muestra de suelos cuyas partículas tienen un tamaño menor a 4.75mm, por medio de una serie de mediciones y procedimientos normalizados.

La gravedad específica (adimensional) de los sólidos de un suelo está dada por la relación que existe entre el peso unitario de los sólidos del suelo y el peso unitario del agua:

$$G_x = \frac{\text{peso unitario de los sólidos del suelo } (Y_x)}{\text{peso unitario del agua } (Y_w)}$$

El peso específico o gravedad específica de un suelo sin ninguna unidad se toma como el valor promedio para los granos del suelo. Si en el desarrollo de una discusión no se aclara adecuadamente a que gravedad específica se refieren algunos valores numéricos dados, la magnitud de dichos valores puede indicar el uso incorrecto, pues la gravedad específica de los granos del suelo es siempre bastante mayor que la gravedad específica volumétrica determinada incluyendo los vacíos de los suelos en el cálculo (bien llenos de aire (secos) o llenos de agua parcial o totalmente).

A continuación, se presentan valores típicos de  $G_s$  que pueden ser utilizadas como guía para calibrar los resultados de ensayo de laboratorio:

**TABLA 3**  
Valores Típicos de  $G_s$

MINERALES	DENSIDAD DE SÓLIDOS ( $G_s$ )
Cuarzo	2.65
Caolinita	2.6
Ilita	2.8
Monmorilonita	2.65 - 2.80
Haloisita	2.0 – 2.55
Feldespato de potasio	2.57
Feldespato de sodio y calcio	2.62 – 2.76
Clorita	2.6 – 2.9
Biotita	2.8 – 3.2
Moscovita	2.76 – 3.1
Hornablenda	3.0 – 3.47
Limonita	3.6 – 4.0
Olivina	3.27 – 3.37

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos I (Texto Oficial, 2013)

### 2.3.6.9 DENSIDAD DE SUELOS (MÉTODO DE TROZOS INALTERADOS).

Este método tiene como propósito el determinar la densidad de suelos cohesivos en su estado natural, suelos compactados cohesivos y suelos estabilizados mediante la medición del peso y volumen de muestra no alterados

Por ejemplo, cuando se realiza estudios geotécnicos en edificaciones, se debe efectuar exploración del subsuelo mediante pozos o calicatas, tomando muestras a distintos niveles o profundidades, de los cuales es fundamental conocer la densidad natural del suelo.

Para la determinación de la densidad y peso unitario en laboratorio de suelos cohesivos, puede tomarse muestras en terreno, con el fin de determinar su densidad y peso unitario en el laboratorio. Para otros suelos sin cohesión o con partículas que no permitan el recorte de una muestra representativa, deben aplicarse otras metodologías de ensayo, como por ejemplo determinación de densidades por el método de la arena.

De manera resumida el ensayo consiste en:

- ❖ Pesar una probeta de suelo cohesivo.
- ❖ Cubrir su contorno con el material impermeable: cera fundida o vela.
- ❖ Determinar su volumen mediante diferencias entre el peso de la probeta al aire y sumergida.
- ❖ Determinar su volumen de humedad para calcular la densidad.

#### **2.3.6.1.0 CORTE DIRECTO.**

La finalidad de los ensayos de corte, es determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga. Para conocer una de estas resistencias en laboratorio se usa el aparato de corte directo, siendo el más típico una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades.

Dentro de ella se coloca la muestra de suelo con piedras porosas en ambos extremos, se aplica una carga vertical de confinamiento y luego una carga horizontal creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra.

El ensayo induce la falla a través de un plano determinado. Sobre este plano de falla actúan dos esfuerzos:

- ✓ Un esfuerzo normal ( $\sigma_n$ ), aplicado externamente debido a la carga vertical.
- ✓ Un esfuerzo cortante ( $\tau$ ), debido a la aplicación de la carga horizontal.

Estos esfuerzos se calculan dividiendo las respectivas fuerzas por el área (A) de la muestra o de la caja de corte y deberían satisfacer la ecuación de Coulomb:  $\tau = c + \sigma_n \cdot \tan(\phi)$

Según esta ecuación la resistencia al corte depende de la cohesión  $c$  y la fricción interna del suelo ( $\phi$ ).

Al aplicar la fuerza horizontal, se van midiendo las deformaciones y con estos valores es posible graficar la tensión de corte ( $\tau$ ), en función de la deformación ( $\epsilon$ ) en el plano de esta tensión de corte. De la gráfica es posible tomar el punto máximo de tensión de corte como la resistencia al corte del suelo.

#### **2.3.6.1.1 ENSAYO DE PENETRACIÓN NORMAL (SPT).**

El Ensayo de Penetración Normal se emplea para recuperar muestras alteradas de suelo, las cuales en campo permiten identificar tipos de suelo y definir estratigrafía; en laboratorio, permiten la identificación de propiedades índice como contenido de humedad, límites de consistencia, entre otros, además de tener un

record de la resistencia que opone el subsuelo a la penetración del sacamuestras, y así conocer la fatiga admisible del subsuelo.

En la exploración del subsuelo se utilizan varios métodos como ser:

- a. Mediante Penetrometros, Existen dos clases, unos dinámicos (S.P.T.) y otros estáticos (C.P.T.).
- b. Taladros, Existen de varias clases y diámetros, unos manuales y otros de motor.
- c. Métodos geofísicos, Son bastante útiles para determinar espesores como para ubicar niveles freáticos. Son métodos que no permiten extraer muestras de suelos, y los más utilizados en la ingeniería civil son el de Resistividad eléctrica y los de Refracción sísmica.
- d. Excavación de pozos, Sirven para una mejor visualización del subsuelo, como para obtener muestras inalteradas, pero no son muy aconsejables para profundidades mayores de 5 metros, por problemas de entibamiento como para drenar aguas subterráneas.
- e. Sondeos, Son los que más se utilizan en la exploración del subsuelo y se realizan por métodos de percusión cuando el suelo se halla constituido por materiales granulares o finos y también por métodos a rotación con diamantina cuando el subsuelo es roca o se presenta piedra bolón. Este método permite extraer muestras de diferentes niveles, sean alteradas o inalteradas.

Para el caso particular del presente ensayo, este método es usado en una extensa y gran variedad de exploraciones geotécnicas de proyectos. Muchas correlaciones locales y correlaciones publicas extensamente que relata el SPT conteo de golpes, o valores de N y el comportamiento en ingeniería de trabajos terrestres y fundaciones son disponibles.

Variaciones de los valores de N de 100% o más han de ser observados cuando se usen diferentes normas para la penetración con aparatos y perforadoras para pozos adyacentes en la misma formación de suelo. Actuales opiniones, basadas en la experiencia de campo, indican que cuando se usan el mismo aparato y perforadora los valores de N en el mismo suelo pueden ser reproducidos con una variación de 10%.

El uso de equipo defectuoso, como un yunque extremadamente dañado, un gato hidráulico lleno de polvo, un gato hidráulico con poca velocidad por la edad, una cuerda engrasada o poco lubricada, pueden significar la contribución a la diferencia en los valores de N obtenidos por operaciones con sistemas buenos.

La variabilidad en los valores de N producidos por diferentes tipos de equipo y operadores pueden ser reducidos por mediciones que parten de la energía del martillo liberada en la perforadora desde el sacamuestra y ajustando N en base a energías comparativas. Un método para la medida de la energía y el valor de N está siendo actualmente desarrollado.

### 2.3.7 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS<sup>24</sup>.

Resolver un problema de geotecnia supone conocer y determinar las propiedades del suelo; por ejemplo:

- 1) Para determinar la velocidad de circulación de un acuífero, se mide la permeabilidad del suelo, se utiliza la red de flujo y la ley de Darcy.
- 2) Para calcular los asentamientos de un edificio, se mide la compresibilidad del suelo, valor que se utiliza en las ecuaciones basadas en la teoría de la consolidación de Terzaghi.
- 3) Para calcular la estabilidad de un talud, se mide la resistencia al corte del suelo y este valor se lleva a expresiones de equilibrio estático.

En otros problemas, como pavimentos, no se dispone de expresiones racionales para llegar a soluciones cuantificadas. Por esta razón, se requiere una taxonomía de los suelos, en función de su comportamiento, y eso es lo que se denomina clasificación de suelos, desde la óptica geotécnica.

Agrupar suelos por la semejanza en los comportamientos, correlacionar propiedades con los grupos de un sistema de clasificación, aunque sea un proceso empírico, permite resolver multitud de problemas sencillos. Eso ofrece la caracterización del suelo por la granulometría y la plasticidad. Sin embargo, el ingeniero debe ser precavido al utilizar esta valiosa ayuda, ya que soluciones a problemas de flujos, asentamientos o estabilidad, soportados sólo en la clasificación, puede llevar a resultados desastrosos.

Las relaciones de fases constituyen una base esencial de la Mecánica de Suelos. El grado de compacidad relativa de una arena es seguro indicador del comportamiento de ese suelo. La curva granulométrica y los Límites de Atterberg, de gran utilidad, implican la alteración del suelo y los resultados no revelan el comportamiento del suelo in situ.

#### 2.3.7.1 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)<sup>25</sup>.

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

La tabla siguiente presenta la clasificación del sistema unificado.

Como puede observarse en dicha tabla, los suelos de partículas gruesas y los suelos de partículas finas se distinguen mediante el cribado del material por el tamiz No. 200. Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que pasan, y así un suelo se considera grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidos en el tamiz No 200, y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz.

---

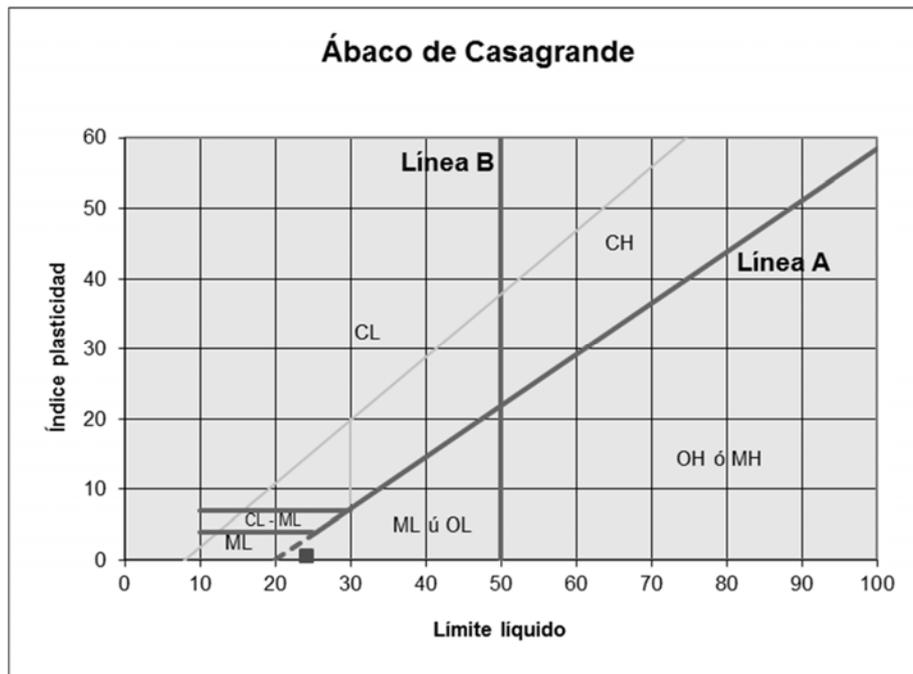
<sup>24</sup> Referencia: Origen Formación y Constitución del Suelo- Geomecánica para Ingenieros (Gonzalo Duque Escobar, Carlos Enrique Escobar Potes, 2016) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [O-1].

<sup>25</sup> Referencia: Mecánica de Suelos y Cimentaciones (Carlos Crespo Villalaz, 2004) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [C-1].

**TABLA 4**  
*Sistema de Clasificación de Suelos Unificado (SUCS)*

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
<b>SUELOS DE GRANO GRUESO</b> Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	<b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Gravas limpias</b> (sin o con pocos finos)	<b>GW</b>	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%- >GW,GP,SW,S P. >12%- >GM,GC,SM,SC . 5 al 12%- >casos límite que requieren usar doble símbolo.	Cu= $D_{60}/D_{10}>4$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3		
			<b>GP</b>	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.		
		<b>Gravas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>GM</b>	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP <4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.	
			<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP >7.		
	<b>ARENAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Arenas limpias</b> (pocos o sin finos)	<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Cu= $D_{60}/D_{10}>6$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3  Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.  Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP <4.  Límites de Atterberg sobre la línea A con IP >7.	Cu= $D_{60}/D_{10}>6$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3		
			<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.				
		<b>Arenas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.		
			<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.				
			<b>SUELOS DE GRANO FINO</b> Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido menor de 50		<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad.	
						<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
<b>OL</b>	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.							
<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido mayor de 50	<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.						
	<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.						
	<b>OH</b>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.						
	<b>Suelos muy orgánicos</b>	<b>PT</b>	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.					

Fuente: CivilGeeks.com (La web del ingeniero civil, 2015)



**FIGURA F12** Carta de Plasticidad - Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS)  
 Fuente: CivilGeeks.com  
 (La web del ingeniero civil, 2015)

### 2.3.7.2 SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS (AASTHO)<sup>26</sup>.

De acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. En este sistema de clasificación los suelos inorgánicos se clasifican en siete grupos que van del A-1 al A-7. Estos a su vez se dividen en un total de doce subgrupos. Los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8.

Descripción de los grupos de clasificación:

- a) **Suelos granulares:** Son aquellos que tienen 35% o menos, del material fino que pasa el tamiz No. 200. Estos suelos forman los grupos A-1, A-2 y A-3.

*Grupo A-1:* El material de este grupo comprende las mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedras, grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también en este grupo mezclas bien graduadas que no tienen material ligante.

*Subgrupo A-1<sup>a</sup>:* Comprende aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava, con o sin material ligante, estos materiales son bien graduados.

<sup>26</sup> Referencia: Clasificación de Suelos (Iván Matus Lazo, Marvin Blanco Rodríguez) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [M-2].

*Subgrupo A-1b:* Incluye aquellos materiales formados predominantemente por arena gruesa bien graduada, con o sin ligante.

*Grupo A-2:* Comprende una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% del material fino.

*Subgrupo A-2-4 y A-2-5:* Pertenecen a estos subgrupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35% y cuya fracción que pasa el tamiz número 40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5 respectivamente.

*Subgrupo A-2-6 y A-2-7:* Los materiales de estos subgrupos son semejantes a los anteriores, pero la fracción que pasa el tamiz número 40 tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7.

*Grupo A-3:* En este grupo se encuentra incluidas las arenas finas, de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad. Este grupo incluye, además, las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.

- b) Suelos finos:** Contienen más del 35% del material fino que pasa el tamiz número 200. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, a-6, y A-7.

*Grupo A-4:* Pertenecen a este grupo los suelos limosos poco o nada plásticos que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz número. Además, se incluye en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta en un 64%.

*Grupo A-5:* Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los del anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo. Son elásticos y tiene un límite líquido elevado.

*Grupo A-6:* El material típico de este grupo es la arcilla plástica. Por lo menos el 75% de estos suelos debe pasar el tamiz número 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo-arenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Estos materiales presentan, generalmente, grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

*Grupo A-7:* Los suelos de este grupo son semejantes a los suelos A-6 pero son elásticos. Sus límites líquidos son elevados.

*Subgrupo A-7-5:* Incluye aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos.

*Subgrupos A-7-6:* Comprende aquellos suelos cuyos índices de plasticidad son muy elevados con respecto a sus límites líquidos y que, además experimentan cambios de volumen extremadamente grandes. Las características de los diferentes grupos se presentan en la tabla siguiente:

**TABLA 5**  
*Sistema de Clasificación de Suelos AASTHO*

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx				- - 36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Limite líquido Indice de plasticidad	-		-	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

- (1): No plástico
- (2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30  
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Fuente: CivilGeeks.com (La web del ingeniero civil, 2015)

Índice de grupo: Aquellos suelos que tienen un comportamiento similar se hallan dentro de un mismo grupo, y están representados por un determinado índice. La clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su límite líquido, grado de plasticidad y porcentaje de material fino que pasa el tamiz número 200. Los índices de grupo de los suelos granulares están generalmente comprendidos entre 0 y 4; los correspondientes a los suelos limosos entre 8 y 12 y los de los suelos arcillosos entre 11 y 20 o más. El índice de grupo puede obtenerse mediante la siguiente formula:

$$IG = (F - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01 * (F - 15) * (IP - 10)$$

Siendo:

F : % que pasa el tamiz ASTM n° 200

LL: Limite liquido

IP: Índice de plasticidad

El índice de grupo para los suelos de los subgrupos A – 2 – 6 y A – 2 – 7 se calcula usando solo:

$$IG = 0.01 * (F - 15) * (IP - 10)$$

## CAPITULO 3

### INFORMACIÓN GENERAL.

#### 3.1 EMPLAZAMIENTO Y LOCALIZACIÓN<sup>27</sup>.

##### 3.1.1 UBICACIÓN.

El municipio de Viacha está ubicado entre los paralelos 16 °32' 39" (UTM 0576432) y 16° 54 '44" (8160551) de latitud Sur y entre los meridianos 68 ° 16' 56" y 68° 22' 72" de longitud Oeste, localizándose en el Altiplano Norte del Departamento de La Paz, con altitudes que varían desde los 3.540 metros sobre nivel del mar en la parte más baja, hasta los 4.600 msnm en las serranías ubicadas en la parte oeste del Municipio, hacia la carretera 107, camino a Tolacollo (frontera con la republica peruana).

El Municipio de Viacha capital de la Provincia Ingavi del departamento de La Paz, se encuentra localizado a 32Km. de distancia desde la ciudad de La Paz.

Departamento: La Paz

Provincia: Ingavi

Municipio: Viacha

Capital: Ciudad de Viacha

El principal ingreso al municipio es a través de la carretera El Alto - Viacha (Ruta 19 de la red fundamental). El tiempo de viaje desde la ciudad de El Alto hasta el municipio es de aproximadamente 45 minutos.



**FIGURA F13** Ciudad de Viacha  
Fuente: Googleearth.com

<sup>27</sup> Referencia: Plan Territorial de Desarrollo Integral, 2016 - 2020 (Gobierno Autónomo Municipal de Viacha) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [P-3].

### 3.1.2 EXTENSIÓN TERRITORIAL.

La extensión de toda la provincia Ingavi es de 5.410 Km<sup>2</sup>. Esta provincia se encuentra dividida actualmente en 7 Municipios; anteriormente a esta división, Viacha poseía una extensión de 4.380,33 km<sup>2</sup> debido a que los actuales municipios de San Andrés y Jesús de Machaca formaban parte de Viacha; luego de la división, el área geográfica municipal se redujo a 843 km<sup>2</sup>, ocupando el 15,6% del territorio provincial.

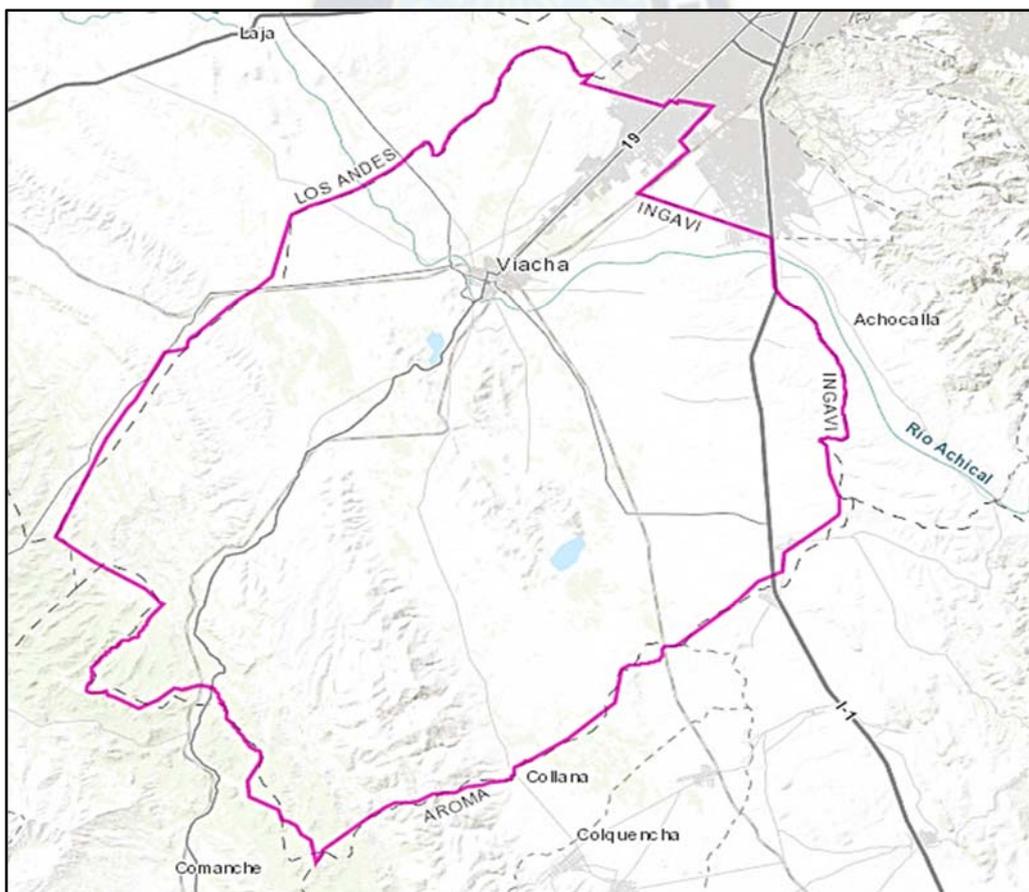
#### Límites con otros municipios:

Al Norte: Municipio de Laja  
Municipio de El Alto

Al Sur: Municipio de Collana  
Municipio de Comanche

Al Este: Municipio de El Alto  
Municipio de Achocalla  
Municipio de Calamarca  
Municipio de Collana

Al Oeste: Municipio de Comanche  
Municipio de Jesús de Machaca  
Municipio de Laja

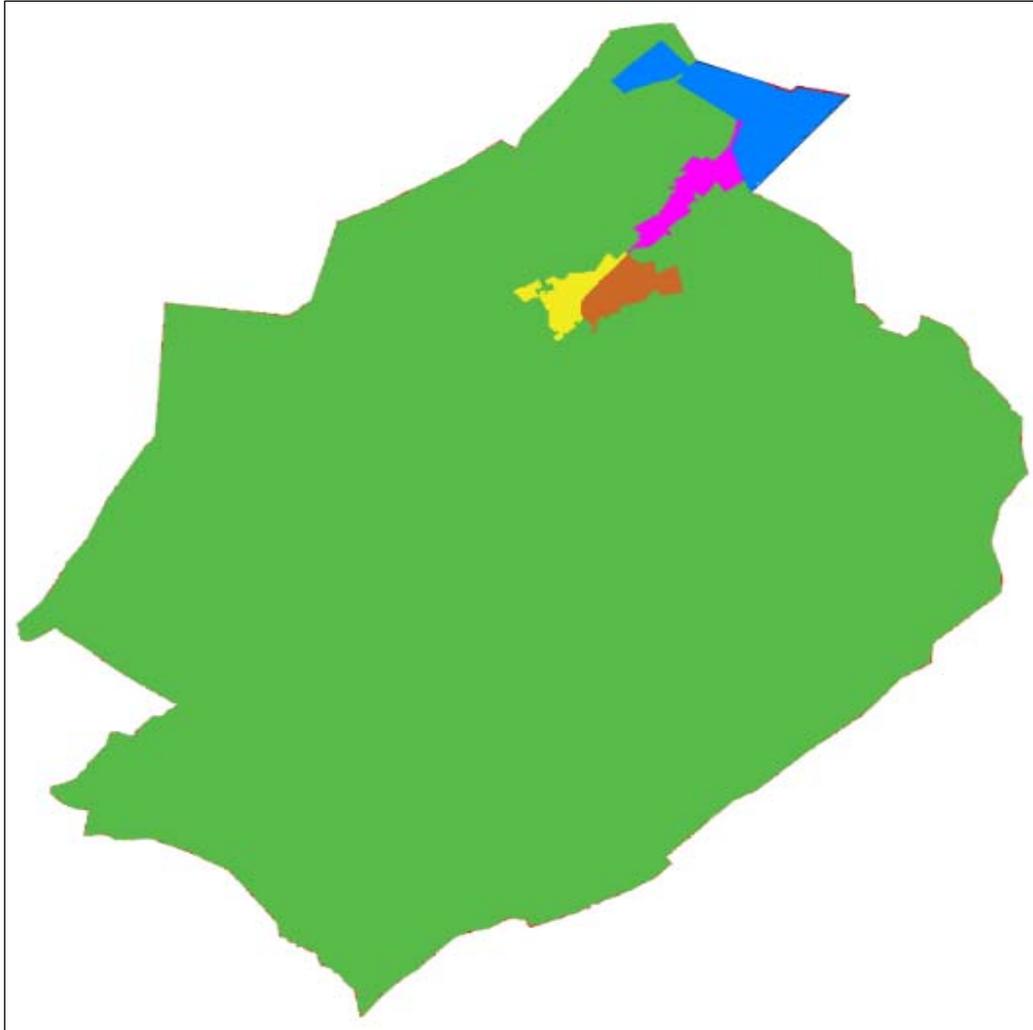


**FIGURA F14** Límites de Territoriales de Viacha

Fuente: Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE) - Ministerio de Planificación

### 3.2 DIVISIÓN POLITICO - ADMINISTRATIVA<sup>28</sup>.

Actualmente la jurisdicción del Municipio, cuenta con 5 distritos de los cuales los distritos 1, 2,6 y 7 son urbanos y el distrito 3 es área rural.



**FIGURA F15** División Político - Administrativo de Viacha  
 Fuente: Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE) - Ministerio de Planificación

REFERENCIAS:

DISTRITO 1		DISTRITO 2		DISTRITO 3	
DISTRITO 6		DISTRITO 7			

<sup>28</sup> Referencia: Plan Territorial de Desarrollo Integral, 2016 - 2020 (Gobierno Autónomo Municipal de Viacha) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [P-3].

El municipio según la anterior Constitución Política del Estado se dividía en siete cantones: 1) Villa Remedios, 2) Gral. José Ballivián, 3) Hichuraya Grande, 4) Irpuma Irpa Grande, 5) Villa Santiago de Chacoma, 6) Chacoma Irpa Grande y 7) Viacha.

Posteriormente se establece y se consolida una nueva división administrativa con la formación de los distritos municipales, dejando “a un lado” la división cantonal; organización administrativa que se consolidó a la fecha.

### **3.2.1 POBLACIÓN TOTAL.**

Viacha es parte de la Región Metropolitana, de acuerdo al último Censo Nacional de Población y Vivienda 2012, realizado por el Instituto Nacional de Estadística, en ese año contaba con una población total de 80.724 habitantes, representando el 2,98% de la población a nivel departamental y el 0,8 % de la población nacional.

De acuerdo al CNPV 2012 el ritmo de crecimiento anual registrado en áreas urbanas es del 2,4% y en áreas rurales es de 0,5%, por lo que se estima que la población en la gestión 2020 será de 94.604 habitantes, de los cuales el 49,2% corresponden a varones y 50,8% a mujeres.

Del total de la población el 78,02% vive en el área urbana (Ciudad de Viacha según el INE). La población urbana se incrementó debido a que los distritos colindantes a la ciudad de El Alto formaron una sola mancha urbana, dicho proceso se observó con mayor énfasis en el periodo comprendido entre 1992 a la actualidad, muchas de las poblaciones consideradas en ese tiempo comunidades rurales, en la actualidad son distritos urbanos ya establecidos, cuyas necesidades cambiaron notoriamente.

Dicho proceso se observó principalmente en la carretera Viacha - El Alto, los distritos urbanos con notorio crecimiento son principalmente Viliroco y Tilata.

Proceso similar se está originando en las comunidades próximas a la carretera a Oruro: Achica Arriba, Maso Cruz, Villa Remedios entre otros.

**TABLA 6**  
Población según CNPV 2012 (Habitantes)

AÑO	POBLACIÓN			
	DISTRITO 1 Y 2	DISTRITO 3	DISTRITO 6 Y 7	POB. TOTAL
2001	23,107	17,488	6,001	46,596
2012	25,795	17,745	37,184	80,724
2016 (*)	28,362	18,103	40,884	87,349
2017 (*)	29,043	18,193	41,865	89,101
2018 (*)	29,740	18,284	42,870	90,894
2019 (*)	30,453	18,375	43,899	92,728
2020 (*)	31,184	18,467	44,953	94,604

Fuente: Elaboración propia - Datos Instituto Nacional de Estadística.  
(\*) Población Proyectada

La estructura poblacional municipal está compuesta por una mayor cantidad de población joven comprendida entre los 0 a 19 años, encontrando su punto de inflexión en esta edad, esto nos muestra que, a nivel municipal, el municipio sufre de migración por parte de los grupos etéreos superiores a este principalmente en el área rural.

**TABLA 7**  
Población y Familias por DISTRITO (Área Urbana)

DISTRITOS URBANOS	POBLACIÓN 2012			POB. PROYECTADA 2020 (*)
	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	
DISTRITO 1 Y 2	25,795	12,717	13,078	31,184
DSITRITOS 6 Y 7	37,184	18,296	18,888	44,953
TOTAL DISTRITOS	62,979	31,013	31,966	76,137

Fuente: Elaboración propia - Datos Instituto Nacional de Estadística.  
(\*) Población Proyectada

### 3.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS DE VIDA.

#### 3.2.2.1 Fisiografía.

- **Serranías.**

El relieve del territorio municipal, presenta una compleja formación de unidades de terreno como: Montañas, serranías, colinas, laderas, piedemonte y llanuras.

El relieve montañoso está determinado por la presencia de las serranías (que se extiende de Norte a Oeste), en los cantones: Villa Chacoma y Coniri; donde se presentan terrenos accidentados por la presencia de montañas rocosas. Las serranías a nivel de paisaje son altas, medias y bajas, ocupan 316 km<sup>2</sup>, representando el 36% del área territorial de estudio. Tienen formas alargadas con cimas sub-redondeadas e irregulares, cuyas divisorias de aguas son perfectamente discernibles.

La disección varía de moderada a muy fuerte, donde las pendientes son fuertemente escarpadas con 30 a 60%, hasta moderadamente escarpadas con 15%. Existe gran cantidad de piedra superficial. El material a partir del cual han sido modeladas las serranías es preponderantemente de origen sedimentario, como areniscas, lutitas, limonitas y arcillitas, con intercalaciones de rocas metamórficas como cuarcitas.

- **Zonas hidromorfás.**

Son zonas inundadas casi permanentemente, en la que existen bofedales. Actualmente estas tierras sin drenaje, tienen uso para ganadería ovina y vacuna. Con un drenaje racional estos suelos podrían ser muy fértiles para una agricultura semi intensiva, estos terrenos se encuentran en la parte central de Batalla de Ingavi, parte de Irpa Chico y Contorno Central.

En la zona central la mayor parte presenta en su área una pendiente de hasta 3%, esto es característico de un suelo de llanuras aluviales o lecho de ríos, rodea a la ciudad de Viacha; Por otro lado, se presentan pendientes de más del 12% en las cercanías a los cerros. Su topografía en general es ondulada y quebrada, presentando tierras firmes como son los suelos arcillosos, que posibilita una mayor estabilidad en las construcciones, una evacuación eficaz de las aguas pluviales, mejor distribución de agua corriente, menor erosión debido al escurrimiento del agua.

- **Laderas.**

Son aquellas áreas donde presentan gradientes bifurcadas generalmente por los ríos y arroyos donde presentan pendientes mayores de 30 % estas se presentan en el sector Oeste en las Centrales de Coniri, Chacoma, Irpa Grande y Villa Ancara. Son aprovechados en la mayor parte para pastoreo de ganado y para la producción de cultivos.

- **Colinas.**

Las colinas, a nivel de paisaje, son altas, medias y bajas, abarcan un área de 67 km<sup>2</sup>, con un porcentaje de ocupación del 8%, presentando normalmente cimas sub-redondeadas a redondeadas, con divisoria de aguas poco discernibles. Las pendientes son afectadas por movimientos en masa.

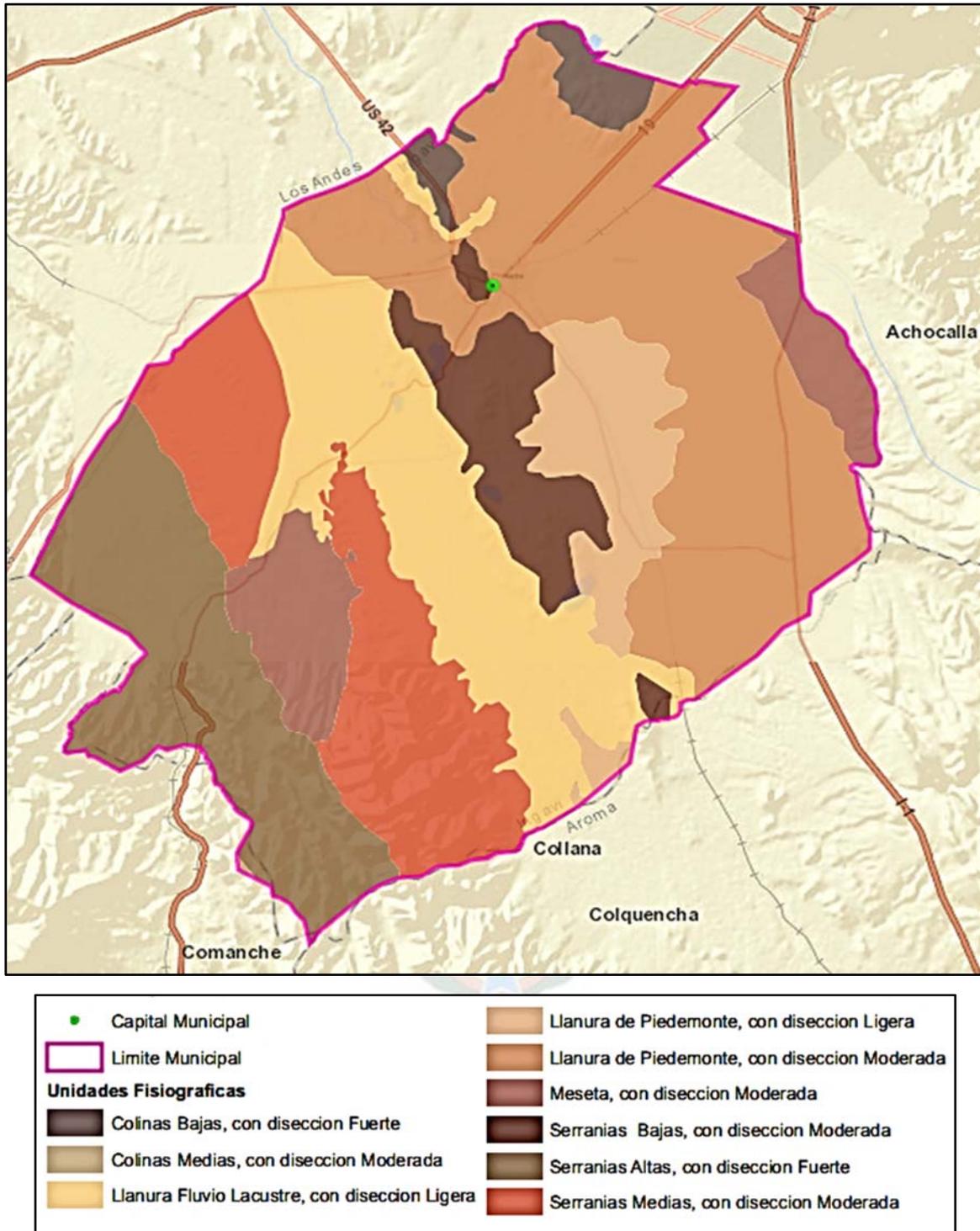
La litología está constituida, en orden de importancia, por lutitas, limonitas y areniscas de origen sedimentario, como también por material de rocas metamórficas como cuarcitas.

Los suelos varían de muy superficiales a moderadamente profundos, con erosión laminar y surcos, con poco a mucho drenaje, son de pardo amarillentos oscuros, de textura franco-arcillosa, con contenidos bajos a medios de materia orgánica, mientras que la disponibilidad de nutrientes es baja a media.

- **Llanuras.**

Las llanuras fluvio-lacustres, aluviales y fluvio-glaciales están surcadas por cursos de agua que le imprimen una disección que varía desde ligera, moderada, fuerte a muy fuerte, ocupa un área de 45 km<sup>2</sup> que representa el 5%. Las pendientes varían generalmente desde plano casi planas (0-2%), ligeramente onduladas (2-5%), onduladas (5-8%), sin afloramientos rocosos y con pedregosidad. En general las llanuras están constituidas por materiales lacustrinos, no consolidados de origen sedimentario, como arcillas y limos, aunque también es normal encontrar material más grueso, como arenas y conglomerados y tobácicos.

En general, las llanuras muestran signos de erosión laminar y en surco ligera a moderada, la mayor parte del Municipio de Viacha presenta zonas de llanura las cuales brindan condiciones óptimas para la producción del ganado lechero y la producción agrícola. Estas se encuentran las comunidades de Mamani, Chonchocoro, Ingavi, Surusaya, Canaviri, Jalsuri, Choquenaira, Quinamaya, Hilata Centro y otros.

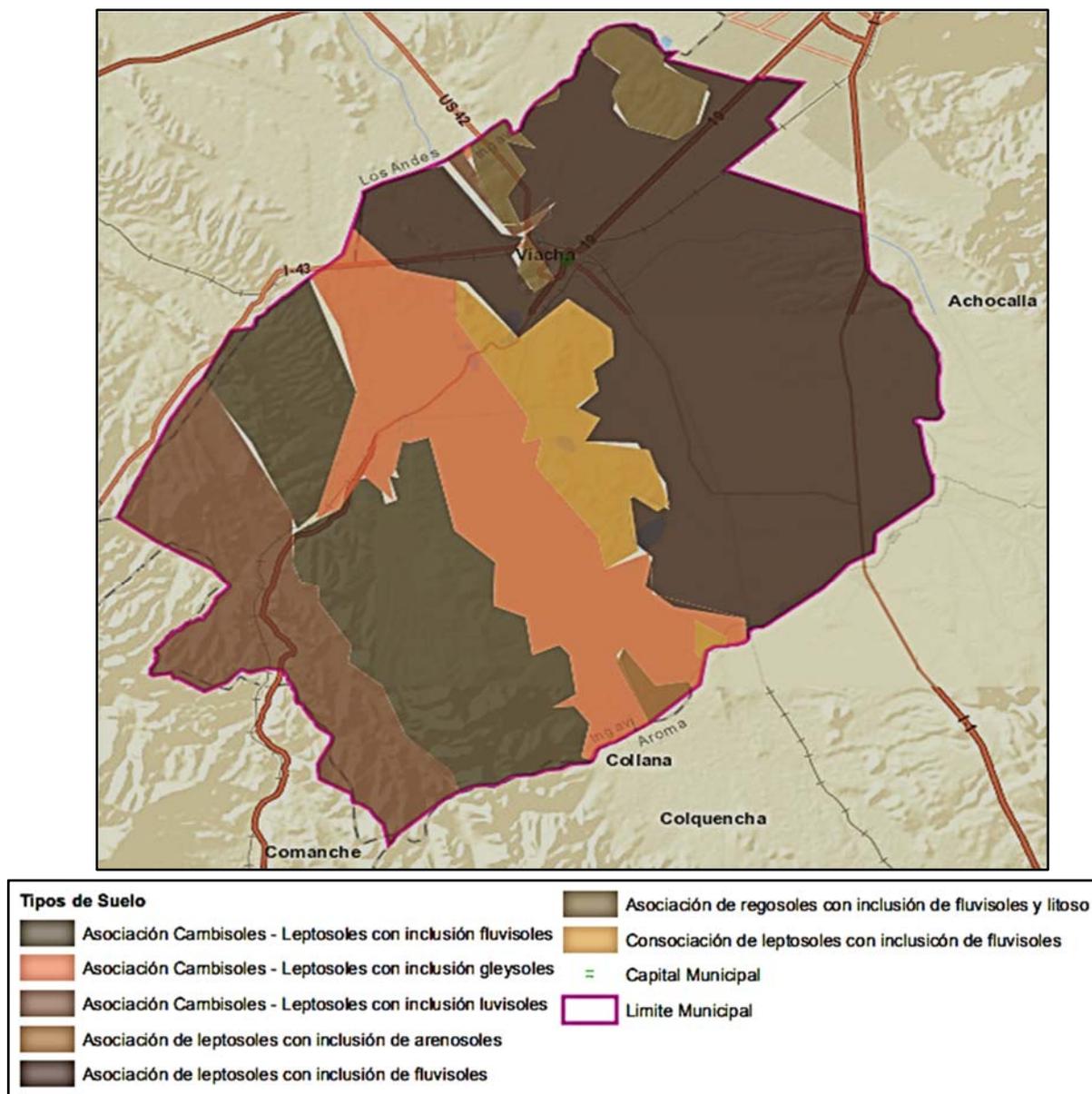


**FIGURA F16** Unidades Fisiográficas del Municipio de Viacha  
 Fuente: Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE) - Ministerio de Planificación

3.2.2.2 Suelos.

- **Clasificación de los suelos.**

Desde el punto de vista el agricultor, este clasifica el uso del mismo de acuerdo al tipo de cultivos que permite desarrollar, la forma de los terrenos, el tipo de tierra, etc.; utiliza en su léxico diario una forma muy sutil de clasificar sus suelos, recurriendo al uso de las características de las unidades del suelo que poseen sus comunidades; bajo esta referencia se han identificado las siguientes unidades:



**FIGURA F17** Clasificación de Suelo del Municipio de Viacha  
 Fuente: Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE) - Ministerio de Planificación

### 3.2.2.3 Clima

El clima en el Municipio de Viacha se encuentra fuertemente influenciado por la altitud (4.000 m); factor que afecta notablemente a las temperaturas. Esta zona climática está enmarcada por la alternancia de una estación seca (invierno) y una estación húmeda de cuatro meses (verano).

Según el observatorio San Calixto la cadena montañosa de la Cordillera Real ubicada al Oeste, constituye una barrera climática para el Municipio durante la estación de lluvias, ésta barrera frena intensamente las masas de aire húmedo que provienen de la cuenca amazónica.

- **Temperatura.**

Las temperaturas máximas absoluta a lo largo del año varían entre 17,2 - 20,6°C, las máximas temperaturas se presentan en el mes de agosto hasta diciembre llegando un máximo de 22°C en diciembre del 2014 y la mínima que se registró en los últimos años fue de -7,5°C en julio del 2014.

**TABLA 8**  
*Temperaturas Promedio (°C) 2000 – 2015 (años)*

TEMPERATURA	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Media Ambiente	12.1	12.0	11.8	11.5	9.8	8.7	8.5	9.8	11.1	12.5	13.1	12.8
Máxima Media	16.5	16.6	17.0	17.7	17.4	16.8	16.6	17.5	18.0	18.4	18.7	17.7
Mínima Media	4.3	4.1	3.2	0.5	-4.7	-7.1	-7.2	-5.4	-1.9	0.8	2.0	3.8
Máxima Absoluta	18.8	19.1	19.3	19.7	19.1	17.2	18.5	19.3	20.0	20.6	20.9	20.5
Mínima Absoluta	1.5	0.9	1.2	-5.3	-10.7	-12.1	-13.0	-11.4	-8.2	-4.3	-2.6	0.3

Fuente: Elaboración propia - Datos de SENAMHI.

- **Precipitación.**

De acuerdo a datos del SENAMHI<sup>29</sup> la mayor época de lluvia se presenta en el mes de enero llegando hasta 152 mm de precipitación el 2010, con un periodo lluvioso que dura en promedio cinco meses noviembre a marzo y la menor precipitación se presenta en el mes de junio a agosto.

La precipitación anual registrada presenta una distribución entre noviembre y febrero, con una media total de 524.60 mm por año, la estación húmeda se extiende generalmente durante cuatro meses, de diciembre a marzo, con el 70% de la precipitación pluvial.

La sequedad es casi absoluta de mayo a agosto, la estación seca es interrumpida entre septiembre y noviembre por algunos períodos lluviosos de corta duración (1 a 3 días), de manera general, llueve por

<sup>29</sup> SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología)

término medio un día cada tres durante el año y en el curso de los meses de diciembre, enero y febrero, un promedio de dos cada tres días.

**TABLA 9**  
*Precipitación Pluvial (mm) 1990 – 2015 (años)*

AÑO	MESES												PROMEDIO ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1990	111.0	27.9	21.5	17.3	33.4	40.8	0.0	11.2	13.0	35.0	61.2	74.8	<b>37.3</b>
1994	84.3	65.0	28.7	32.7	0.0	12.2	0.0	0.4	7.7	21.7	49.7	59.4	<b>30.2</b>
1995	97.8	62.4	45.1	10.9	3.3	0.0	0.0	16.0	27.5	13.0	37.6	105.0	<b>34.9</b>
2000	98.5	88.4	103.0	4.0	5.2	18.7	0.0	1.5	20.0	53.2	7.5	75.7	<b>39.6</b>
2001	289.1	121.9	92.1	11.5	23.8	0.0	24.0	35.0	22.5	53.3	33.4	76.1	<b>65.2</b>
2005	114.0	70.1	44.8	10.3	3.3	0.0	1.5	0.0	30.4	62.0	74.9	59.8	<b>39.3</b>
2010	152.0	129.0	31.9	22.2	14.0	0.0	9.0	7.8	5.0	66.6	10.3	70.6	<b>43.2</b>
2015	111.0	99.3	41.6	61.7	1.8	****	****	****	****	****	****	****	<b>63.1</b>
<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>132.2</b>	<b>83.0</b>	<b>51.1</b>	<b>21.3</b>	<b>10.6</b>	<b>10.2</b>	<b>4.9</b>	<b>10.3</b>	<b>18.0</b>	<b>43.5</b>	<b>39.2</b>	<b>74.5</b>	

Fuente: Elaboración propia - Datos de SENAMHI.

- **Vientos, heladas y sequía.**

Los fenómenos climáticos naturales que se registran en estas comunidades, perjudican la producción agrícola, como las heladas que causan pérdidas acentuándose en los meses de Junio, Julio y parte de Agosto, los efectos de las lluvias torrenciales en los meses de Diciembre hasta Marzo, los vientos fuertes erosionan los suelos (erosión eólica), el efecto de las nevadas provoca mortandad en los animales (ovinos) y resfríos en los seres humanos, las granizadas se dan en los meses de Octubre, Noviembre y Febrero, ocasionando una pérdida parcial o total de la producción agrícola.

- **Vientos y tormentas.**

La presencia de vientos huracanados es reducida; pero cuando se presenta ocurre generalmente por las tardes cuando empiezan a caer las granizadas, causando grandes daños en las áreas urbanas destechando las casas y fábricas, en áreas rurales la muerte de los animales recién nacidos, las descargas eléctricas también provocan susto a las personas algunas veces muerte.

- **Sequia.**

Un periodo de 6 meses transcurre del mes de junio hasta noviembre, en esta época existe escases de agua tanto para el consumo humano y mucho mayor para los animales, esto depende mucho como han

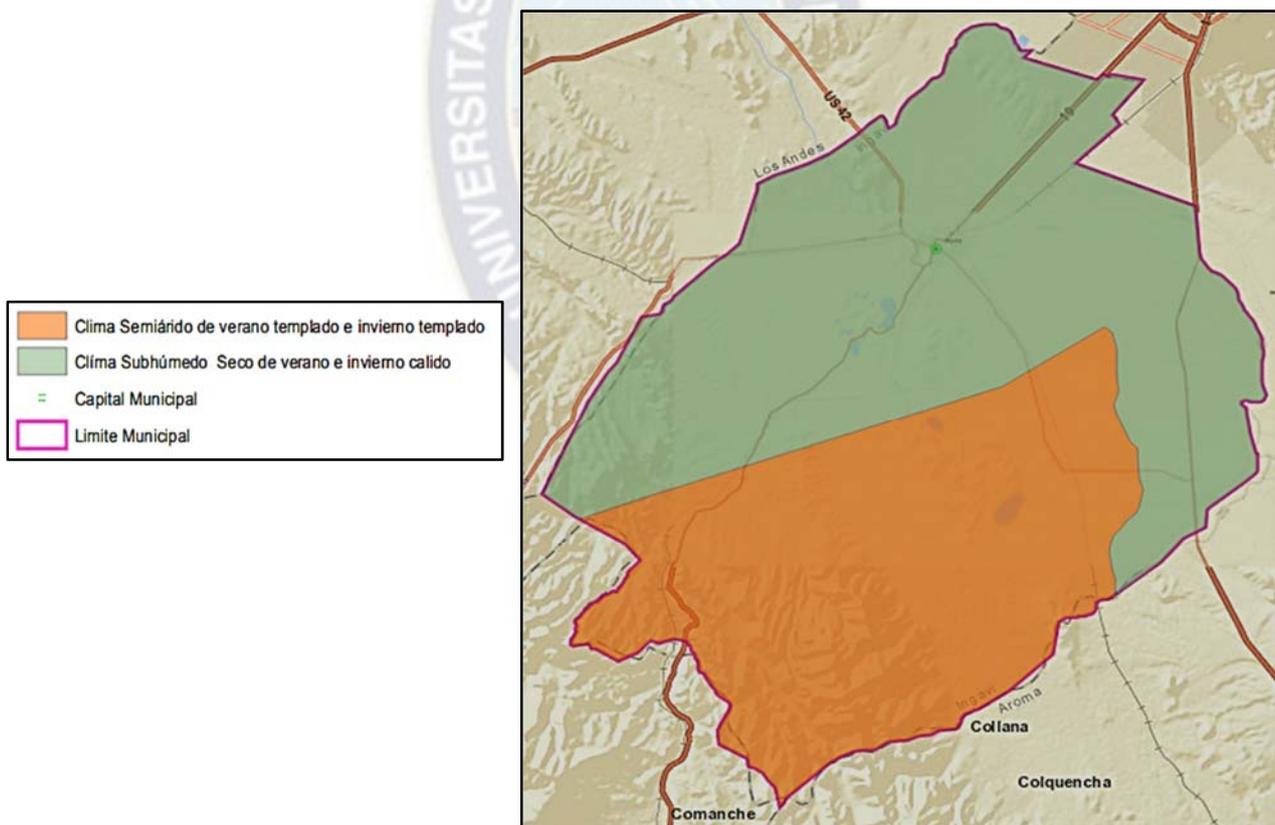
sido la caída las lluvias, en algunos años la cantidad de precipitación es mucho menor y por ello existe menos reservas de aguas subterráneas, que también afecta en gran manera a la producción agrícola y pecuaria.

- **Granizos.**

Este fenómeno es normal en el lugar las granizadas caen con frecuencia al inicio y al final de las lluvias, provoca grandes daños en la agricultura, ya que no se puede controlar este fenómeno; en las comunidades los Yapu Kamanis (autoridades comunales responsables de los cultivos) tienen sus costumbres de ahuyentar a las granizadas mediante los siguientes métodos como: humear bastante, soplar el pututo, sonar con la pollera este método según los comunarios tiene una alta probabilidad de evitar las granizadas.

### 3.2.2.4 Clasificación Climática.

En el municipio de Viacha se ha identificado dos tipos de clasificación climática que es el clima semiárido y subhúmedo.

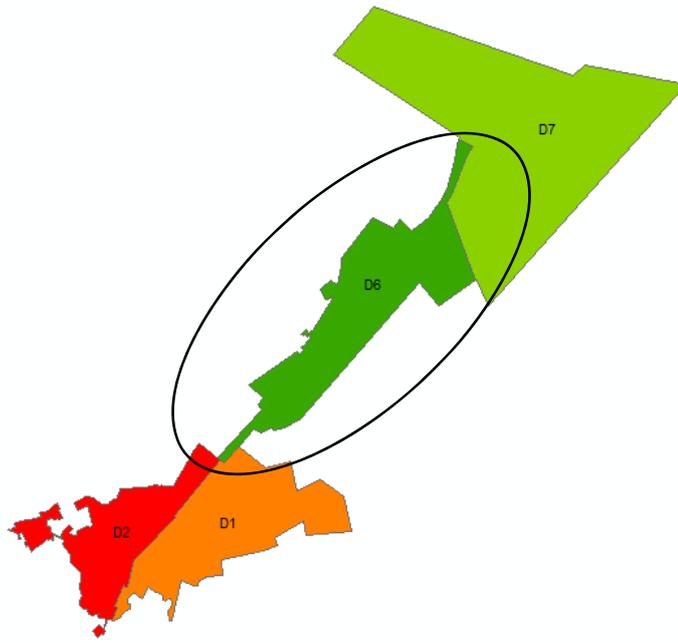


**FIGURA F18** Clasificación Climática del Municipio de Viacha

Fuente: Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE) - Ministerio de Planificación

### 3.3 CARACTERÍSTICA DE LA ZONA DE ESTUDIO (DISTRITO 6 – MUNICIPIO DE VIACHA)<sup>30</sup>.

La provincia Ingavi cuenta con una superficie de 5410 km<sup>2</sup>, correspondiendo una superficie de 1120.86 km<sup>2</sup> al municipio de Viacha, y de estos, 1001.72 m<sup>2</sup> corresponden al Distrito 6.



**FIGURA F19** Ubicación del DISTRITO 6 - Municipio de Viacha

Fuente: Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE) - Ministerio de Planificación

#### ❖ Relieve Topográfico.

En el área de estudio se destacan algunas colinas, entre ellas la colina de Chonchocoro en el distrito 6 y 7, la colina de Santa Bárbara adyacente a los distritos 1 y 2 de Viacha y también el sistema de colinas cruzando el río Pallina en la hacia el oeste, en una de las lomas se ubica la principal cantera de explotación de piedra caliza de la industria cementera Viacha.

Salvo las colinas mencionadas, el terreno en general se presenta como parte del altiplano, con una pendiente general de este a oeste. Este río que es el principal de la zona, tiene por tanto primero una dirección de noreste a sudoeste para luego cambiar de sur a norte dando la vuelta al bordear los distritos urbanos 1 y 2 de Viacha.

<sup>30</sup> Referencia: Plan Territorial de Desarrollo Integral, 2016 - 2020 (Gobierno Autónomo Municipal de Viacha) - Buscar en BIBLIOGRAFÍA. Código [P-3].

#### ❖ Riesgos Climáticos.

Los fenómenos climáticos naturales que se registran en estas comunidades, perjudican la producción agrícola, como las heladas que causan pérdidas acentuándose en los meses de Junio, Julio y parte de Agosto, los efectos de las lluvias torrenciales en los meses de Diciembre hasta Marzo, los vientos fuertes erosionan los suelos (erosión eólica), el efecto de las nevadas provoca mortandad en los animales (ovinos) y resfríos en los seres humanos, las granizadas se dan en los meses de Octubre, Noviembre y Febrero, ocasionando una pérdida parcial o total de la producción agrícola.

#### 3.3.1 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS.

##### ❖ Población.

El Distrito 6 del municipio de Viacha cuenta con 15.500 habitantes de los cuales, el 56% está compuesto por mujeres y el 44% por varones. La pirámide poblacional estratificada muestra una base ancha, dando la mayoría de la población entre el espectro de los 0 a 25 años, por tanto, la población Económicamente Activa se encuentra dentro de los parámetros aceptables para inversiones a largo plazo. Además de que presenta un crecimiento inter censal del 2,66%.

#### 3.4 PROYECTO DEL PARQUE URBANO CENTRAL DEL DISTRITO 6.

El constante y acelerado crecimiento de las ciudades ha generado un notable incremento de problemas habitacionales, cobertura educativa, salud, acceso a servicios básicos, contaminación ambiental, crecimiento urbano desordenado, etc.

Uno de los aspectos que se ven afectados y desatendidos por la situación anteriormente mencionada es la existencia de espacios destinados a la recreación y compartimiento por lo que se hace necesario e imperioso contar con áreas recreativas en lugares estratégicos, de modo que la mayor parte de la población de un determinado lugar tenga acceso a estos.

Siendo que el Distrito 6 del Municipio de Viacha presenta un constante crecimiento y además por la ubicación en la que se encuentra, en torno a la vía principal que une las ciudades de Viacha y El Alto, es que el Gobierno Autónomo Municipal de Viacha pone en marcha el proyecto del “Parque Urbano Central Viacha Distrito 6”, de las características siguientes:

**TABLA 10**  
**PARQUE URBANO CENTRAL VIACHA DISTRITO -6**

UBICACIÓN	DISTRITO 6
SUPERFICIE	7.599,96 METROS CUADRADOS
COLINDANCIAS	LIMITA AL:
Norte	Límite Distrito 7, Urbanización San Cristóbal
Sur	Urbanización C.B.N.
Este	Doble Vía Viacha – El Alto (Ancho vía de 60 mts.)
Oeste	Vía Férrea Viacha – La Paz y Urb. Pedro Domingo Murillo, San Pedro, José Ballivian “A”, José Ballivian “B”, 12 de Mayo CBN, Línea Férrea Guaqui – La Paz

Fuente: GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE VIACHA (GAMV).

**TABLA 11**  
**LISTA DE COORDENADAS DE VÉRTICES - DATUM WGS - 84 ZONA 19**

<b>LISTA DE COORDENADAS DE VERTICES</b>		
<b>VERTICES</b>	<b>X (ESTE)</b>	<b>Y (NORTE)</b>
V -1	580380.983	8165157.177
P-1	580384.037	8165149.555
V-2	579121.551	8163744.279
V-3	579121.323	8163744.521

<b>LISTA DE COORDENADAS DE VERTICES</b>		
<b>VERTICES</b>	<b>X (ESTE)</b>	<b>Y (NORTE)</b>
P -1	580384.037	8165149.555
P-2	580408.604	8165087.197
P-3	576305.905	8160515.747
P-4	576269.766	8160548.209

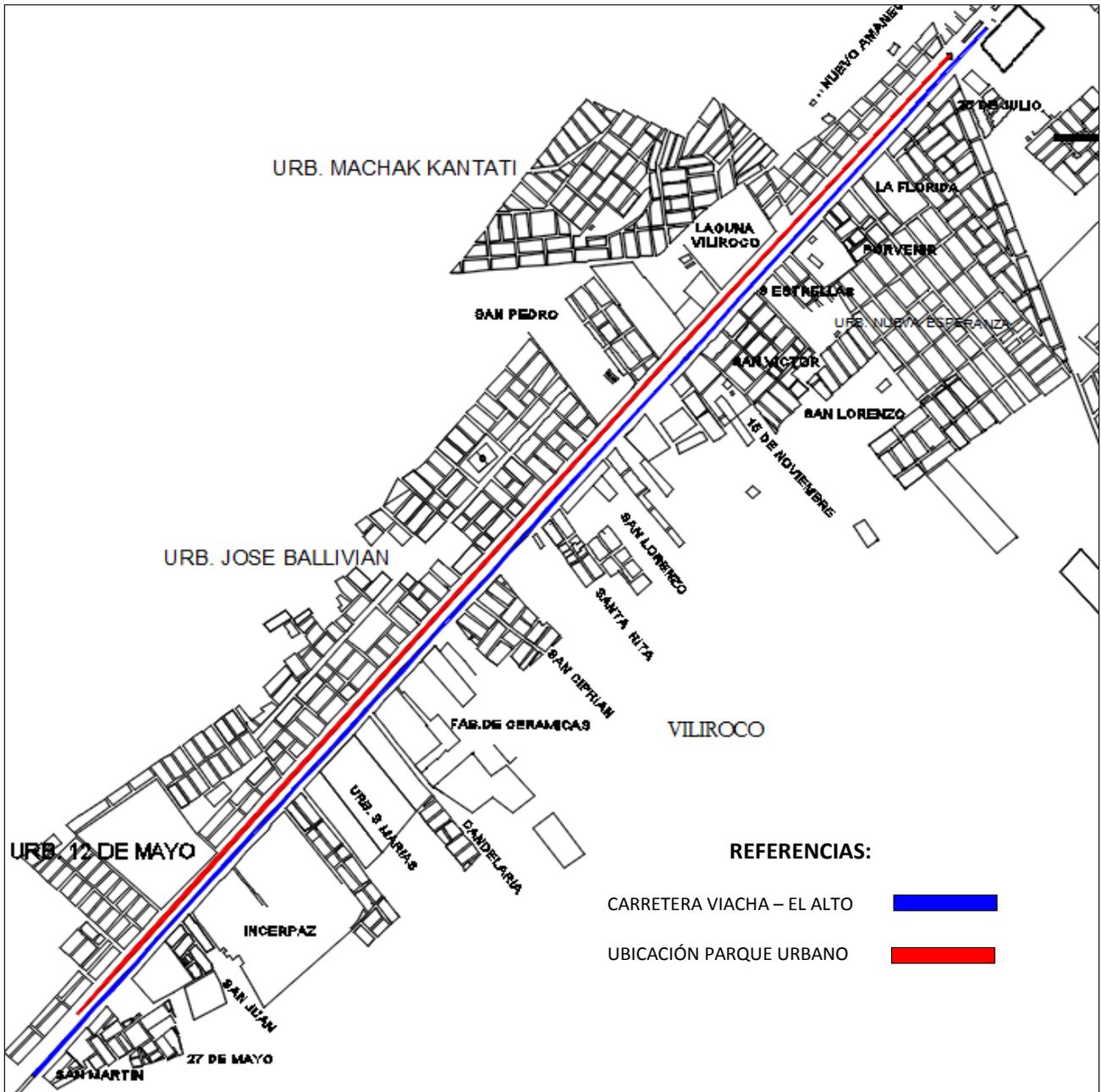
Fuente: GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE VIACHA (GAMV).

El parque proyectado constara de varias estructuras destinadas a distintos juegos infantiles, canchas deportivas, sectores para el consumo de alimentos y áreas verdes para descanso.

Además, se prevé construir un módulo policial en el sector y habilitar accesos a las avenidas adyacentes al parque, vías peatonales, ciclo vías y distintos elementos que sean necesarios para la distensión y recreación de la población.

Sectores de estacionamiento de vehículos que comuniquen la futura doble vía Viacha - El Alto.





**FIGURA F20**  
 Ubicación Parque Urbano Central DISTRITO 6 - Municipio de Viacha  
 Fuente: Elaboración propia



**FIGURA F21** Parque Urbano Central del DISTRITO 6 - Municipio de Viacha  
Fuente: GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE VIACHA (GAMV)



**FIGURA F22** Parque Urbano Central del DISTRITO 6 - Municipio de Viacha  
Fuente: GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE VIACHA (GAMV)



**FIGURA F23** Parque Urbano Central del DISTRITO 6 - Municipio de Viacha  
Fuente: GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE VIACHA (GAMV)



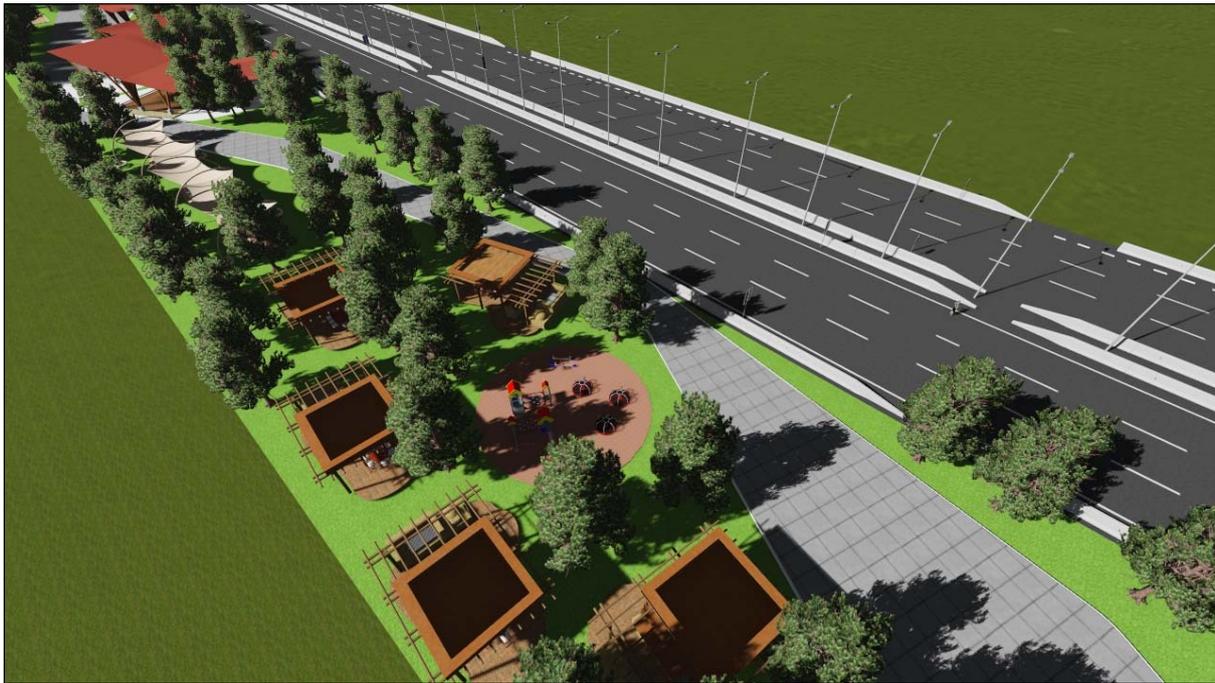
**FIGURA F24** Parque Urbano Central del DISTRITO 6 - Municipio de Viacha  
Fuente: GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE VIACHA (GAMV)



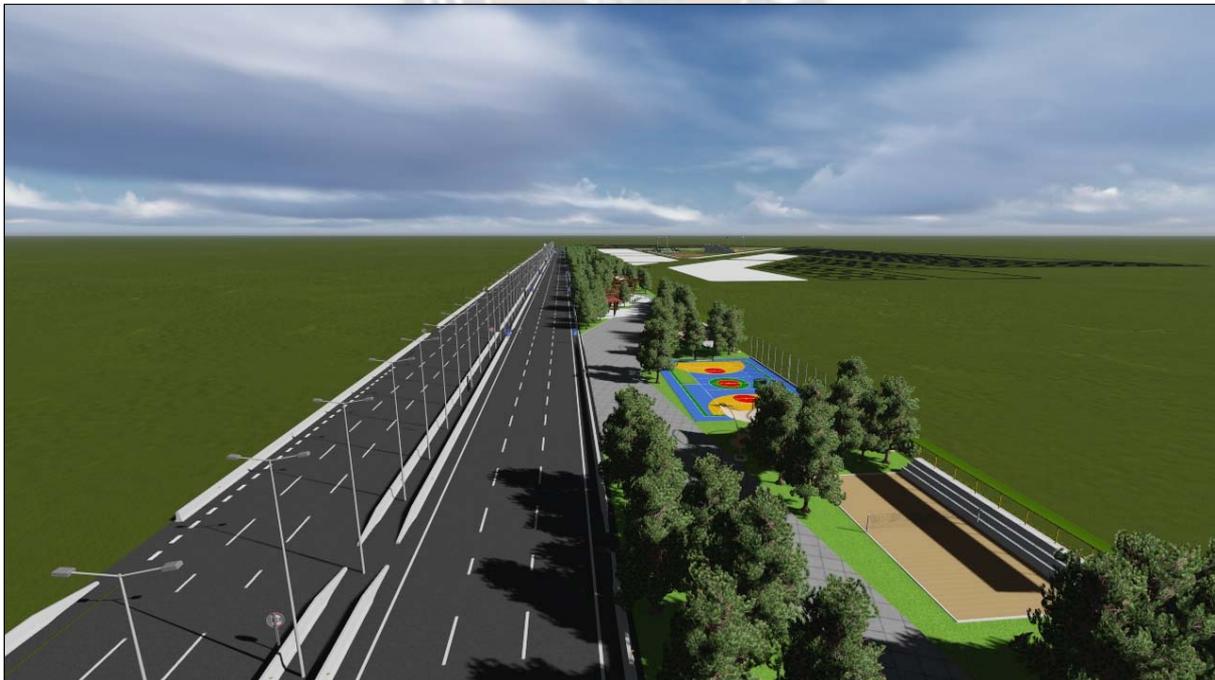
**FIGURA F25** Parque Urbano Central del DISTRITO 6 - Municipio de Viacha  
Fuente: GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE VIACHA (GAMV)



**FIGURA F26** Parque Urbano Central del DISTRITO 6 - Municipio de Viacha  
Fuente: GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE VIACHA (GAMV)



**FIGURA F27** Parque Urbano Central del DISTRITO 6 - Municipio de Viacha  
Fuente: GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE VIACHA (GAMV)



**FIGURA F28** Parque Urbano Central del DISTRITO 6 - Municipio de Viacha  
Fuente: GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE VIACHA (GAMV)

### 3.5 ASPECTOS GEOTÉCNICOS.

#### 3.5.1 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA.

La investigación geotécnica en el sector se inició con una visita y recorrido preliminar de toda el área en el que se hará el estudio, para observar si existen algunos aspectos problemáticos, así como aspectos relevantes a ser tomados en cuenta, de manera que pueda preverse cualquier contingencia durante el desarrollo de los trabajos a realizarse, esto con el fin de que el estudio se realice de manera correcta.

Por lo general se ejecutan pozos distanciados entre 300 a 600 metros, aparte de los que deban ejecutarse en puntos singulares, pueden realizarse pozos más próximos si lo exige la topografía del área, o cuando suelos se presentan en forma errática.

Se tomó una distancia entre pozos de aproximadamente 500 metros y también se ubicó pozos en entradas de avenidas principales, tratando de abarcar la mayor área posible.

Para la etapa de exploración, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Ubicar puntos de prospección a distancias aproximadamente iguales, para luego densificar la exploración.
- ❖ Prospeccionar aquellos sectores que soportan rellenos o terraplenes de importancia y aquellos en que la rasante se ubica muy próxima al terreno natural.
- ❖ Inspeccionar aquellas zonas en que se tienen cortes de importancia, ubicando los puntos de cambio de cortes a terraplén para conocer el material al nivel de la subrasante.
- ❖ Inspeccionar el subsuelo en aquellos puntos en que se ubican obras de arte y estructuras importantes.

**FOTOGRAFÍA F1**  
*Inspección preliminar*  
Parque Urbano Central del DISTRITO 6  
Fuente: Elaboración propia





**FOTOGRAFÍA F2** Inspección preliminar - Parque Urbano Central del DISTRITO 6  
Fuente: Elaboración propia



**FOTOGRAFÍA F3** Inspección preliminar - Parque Urbano Central del DISTRITO 6  
Fuente: Elaboración propia

El número y profundidad de los sondeos que se ejecutaran dependen fundamentalmente del tipo de subsuelo y de la importancia de la obra, para el presente proyecto, para estimar la cantidad y profundidad de los pozos se tomará en cuenta la Norma Boliviana para Estudios Geológicos – Geotécnicos elaborada por la ABIG<sup>31</sup>, basándonos en el acápite “Metodología de Elaboración de Estudios Geotécnicos”.

**TABLA 12**  
NÚMERO DE SONDEOS POR ÁREA DE ESTUDIO - PARA URBANIZACIONES

SUPERFICIE (m2)				Nro DE POZOS
a)	De	3000	a 10000	9
b)	De	10000	a 30000	15
c)	De	30000	a adelante	20

*Fuente: ABIG 2007*

Cabe recalcar que para el presente proyecto se realizaron sondeos entre 1.20 y 1.60 metros de profundidad, los sondeos de mayor profundidad se estima que están destinados a la construcción de distintas estructuras y las prospecciones de pozos a 1.20 metros de profundidad se tomará para sectores destinados a vías.

El método de prospección geotécnica es por medio de pozos, los que fueron excavados con maquinaria a cielo abierto para permitir una observación litológica detallada de sus paredes y realizar con comodidad los ensayos de penetración y la obtención de muestras.

En cuanto a la toma de muestras, se tuvo cuidado que esta sea representativa del terreno ya que tiene un valor similar al del ensayo en sí, éste debe ser efectuado por personal capacitado, una mala manipulación de las muestras conlleva a la pérdida de características naturales reales del suelo y el posterior error en los resultados.

Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas o inalteradas. Una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde procede, e inalterada cuando es lo contrario. La muestra debe ser identificada de la siguiente manera:

<sup>31</sup> ABIG (Norma de la Asociación Boliviana de Ingeniería Geotécnica)

- Nombre del Proyecto
- Ubicación
- Número de Pozo
- Profundidad
- Número de muestra
- Fecha de obtención
- Ítem a que pertenece
- Persona que tomó la muestra
- Si está contenida en uno o más envases

Para el transporte de muestras usamos bolsas plásticas que evitaron la pérdida de humedad, finos o contaminación con materiales que sean de otro lugar. El tiempo de transporte hasta el laboratorio se realizó en lo mínimo posible, para que no haya pérdida de humedad natural.

### 3.5.2 TRABAJOS EN LABORATORIO.

Se realizarán los siguientes ensayos de mecánica de suelos basados en la norma AASTHO:

- Ensayos de penetración estándar (SPT)
- Ensayos de contenido de humedad
  - a. Humedad Natural
  - b. Humedad Higroscópica
- Ensayo de granulometría por tamizado
- Ensayo de hidrometría
- Ensayos de Límites de Atterberg
  - a. Límite Líquido
  - b. Límite Plástico
  - c. Índice de Plasticidad
- Ensayo de densidad de suelos
  - a. Método cono de arena
- Ensayo de Peso Específico
- Ensayo de Corte Directo
- Ensayo de Compactación
- Ensayo de Trozos Inalterados
- Ensayo de Relación Soporte California
- Clasificación de Suelos
  - a. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
  - b. Clasificación AASHTO

### 3.5.2.1 Ensayo de SPT (AASHTO: T-206-70)

Se trata de uno de los ensayos más utilizados en el ámbito de la geotecnia por su sencillez, rapidez y economía.

El ensayo SPT básicamente consiste en la hinca en el terreno de una punta metálica mediante golpes por lo que da idea de la resistencia del terreno ya que se contabilizan el número de golpes necesarios para clavar la punta, pero debido a su amplio uso, este ensayo puede correlacionarse con numerosos parámetros geotécnicos como veremos en los siguientes apartados.

El nombre SPT proviene de las siglas en inglés Standard Penetration Test. Es decir, ensayo de penetración estándar.

Puede definirse como un ensayo que contabiliza el número de golpes necesarios para introducir un toma muestras tubular de acero hueco o con punta ciega, mediante una maza normalizada que cae repetidamente desde una altura de 75 cm. Son importantes estas medidas ya que sirven para diferenciarlos de otros ensayos de penetración.

El toma muestras debe introducirse en el terreno 45 cm y se contabilizan los golpes cada 15 cm. Tanto el toma muestra tubular como la punta ciega y el varillaje necesario están estandarizados.

El ensayo de penetración permite obtener un valor N de resistencia a la penetración que consiste en sumar los números de golpes de los dos tramos intermedios de 15 cm desechándose tanto el primer como el último tramo por posibles alteraciones del suelo, derrumbes de las paredes del sondeo o sobre compactaciones del propio ensayo.

En los casos en los que la resistencia del terreno sea muy elevada puede darse por finalizado el SPT ensayo cuando en un tramo se alcancen más de 50 golpes. En estos casos se denomina rechazo. También puede darse el caso, de que el varillaje baje por su propio peso debido a la baja/nula consistencia del terreno por lo que se daría por concluido si el ensayo baja 60 cm. En este caso  $N=0$  puesto que no ha sido necesario ningún golpe.

El toma muestras permite tomar una pequeña cantidad de muestra que, aunque es alterada permite ensayar la granulometría y la plasticidad mediante los límites de Atterberg y/o el contenido en sulfatos entre otros.



**FOTOGRAFÍA F4** Ensayo de SPT - Parque Urbano Central del DISTRITO 6  
Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2.2 Ensayo de contenido de humedad (ASTM D2216-98)

La determinación de contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en un determinado suelo, cuyo resultado es muy importante especialmente en suelos cohesivos ya que este parámetro nos da una idea del estado húmedo natural del suelo, para prever algunos cambios en las propiedades de los suelos cohesivos como ser: la expansibilidad y/o la compresibilidad que afectaría a las cimentaciones provocando asentamientos diferenciales generándose fisuras en edificios, presas, etc.

- **Fundamento Teórico**, es la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso seco. Como una definición:

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100\%$$

Donde:

- $w$  = es el contenido de humedad del suelo
- $w_w$  = es el peso de agua presente en el suelo
- $w_s$  = es el peso seco de los sólidos en el suelo

- **Procedimiento**, de un contenedor limpio y seco, más su tapa, registrar el peso,  $W_c$ .  
Seleccionar muestra de suelo que represente el contenido de humedad del total de la muestra.  
Colocar la muestra en el contenedor y tapar este.  
Determinar, en la balanza, el peso del contenedor más la muestra húmeda,  $W_1$ . Si el peso se determina inmediatamente, no es necesario colocar la tapa. Si se presenta una demora de 3 a 5 minutos o más, coloque la tapa del recipiente para mantener la humedad y coloque la capsula bajo una toalla de papel húmeda que le permita mantener la humedad en la vecindad del recipiente.  
Remover la tapa del contenedor y poner está en el fondo del contenedor.  
Introducir el contenedor más la muestra húmeda en el horno. El tiempo de permanencia en el horno será mínimo entre 12 a 16 horas.  
Extraer el contenedor con la muestra del horno, tapar el contenedor y dejar enfriar en el desecador hasta alcanzar temperatura ambiente.  
Determinar el peso del contenedor con la muestra seca,  $W_2$ , utilizando la misma balanza.
- **Cálculos**, los datos obtenidos del procedimiento serán procesados para encontrar los pesos necesarios de modo de sustituir en la ecuación anterior y encontrar el contenido de humedad por peso de la muestra.



**FOTOGRAFÍA F5** Ensayo de contenido de humedad  
Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2.3 Ensayo de Granulometría mediante tamizado (AASHTO T27-93)

Este ensayo abarca la determinación de la distribución del tamaño de partículas mayores a 0.075 mm por medio de un proceso de tamizado y el cálculo de los coeficientes de uniformidad  $C_u$ , y curvatura  $C_c$ , siempre y cuando sean aplicables.

- **Fundamento Teórico**, La determinación de la forma de distribución de las partículas de un suelo por su tamaño se llama análisis mecánico. Se efectúa mediante un proceso de cernido (análisis de tamices) para suelos de granos gruesos, y por un proceso de sedimentación en agua para suelos de grano fino  $<0.075$  mm. Cuando ambos procesos se usan en la misma muestra, el ensayo se llama análisis mecánico combinado.

Dependiendo de las características del material fino de la muestra, el análisis de tamices se hace ya sea, sobre toda la muestra, o sobre lo que queda de la muestra después de haber quitado los materiales finos por lavado. La necesidad de lavado previo no puede determinarse por inspección visual, para esto, seque al horno una torta húmeda del material y luego examine su resistencia en seco tratando de desmenuzarse entre los dedos podemos comprimirle fácilmente y pulverizar el material fino por presión de los dedos, entonces el análisis de tamices puede hacerse sin lavado previo.

- **Equipo**, Juego de tamices: Agregado grueso (2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10), Agregado Fino (N°10, N°20, N°40, N°60, N°140, N°200).

Mortero y mano de mortero o un pulverizador mecánico de suelo.

Balanza de 0.01 g de precisión para muestras de hasta 200 g de peso y de 0.1 g de precisión para muestras de más de 200 g de peso.

Cacerolas.

Horno e secado, controlado por termostato, capaz de mantener una temperatura uniforme.

Tamizador automático.

Cuardeadores.

Equipo de manipuleo: Guantes de asbesto, cucharas y cepillos.

- **Muestra a ensayar**, El tamaño de la muestra depende del tipo de suelo a ser cernido o tamizado:

**TABLA 13**  
**PESO DE MUESTRA REQUERIDA SEGÚN EL TAMAÑO MÁXIMO DE PARTICULAS**

Tamaño máximo de partícula / mm	Tamiz	Masa de muestra mínima / g
9.5 o menos	3/8"	500
19	3/4"	1000
25	1"	2000
38	1 1/2"	3000
50	2"	4000
75	3"	5000

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos I (CIV – 219), Texto Oficial, 2013

Ó también, el tamaño de la muestra varía entre 1500 g, para gravas con partículas máximas de 19 mm hasta 5000 g para materiales cuya partícula máxima tenga 75 mm.

- **Preparación de la Muestra (Sin Lavado)**, Comúnmente se lo realiza por fines prácticos cuando el tipo de suelo es de predominancia gruesa o el lavado es innecesario cuando solo 5 a 10% pasa a través de tamiz N°100. Empleando la serie de tamices completa.
- **Preparación de la Muestra (Con Lavado)**, Por el contrario, este método es más confiable cuando se tiene muestras con bastante materia fina adherida, por lo que es imprescindible separar la muestra en dos partes: parte gruesa y parte fina o más denominado como mortero de suelo. La parte gruesa, corresponde a la serie de tamices (2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10) para el cual la muestra debe estar en condiciones secas y libres de finos por previo lavado a través del tamiz N°10 ó desmenuzó de las partículas.
- **Procedimiento**, Pese la muestra en una cacerola.  
 Seleccionar una cantidad de muestras representativa según la tabla 13.  
 Rompa los terrones del material con el rodillo sobre una superficie limpia y lisa.  
 Secar el suelo en el horno a una temperatura constante de 110±5°C.  
 Pese la muestra una vez que este fría hasta el gramo más cercano y anote en el registro, restando el peso del recipiente determinar el peso seco de la muestra de suelo.  
 Traslade la muestra al juego de tamices con una bandeja asegurada en parte inferior. Una serie típica recomendable sería la siguiente. Coloque la tapa superior y agite el juego vigorosamente con un movimiento de rotación horizontal. Los tamices se golpean de vez en cuando dejándoles

caer suavemente sobre varias revistas gruesas. El periodo de agitación depende de la cantidad de material fino que hay en la muestra, no será menor de 15 minutos. Dependiendo de la cantidad de finos se empleará la serie completa ó la serie (2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10).

- **Presentación de resultados**, Los resultados del ensayo son presentados en una planilla de laboratorio que contiene datos de la muestra (Identificación, tipo, procedencia, profundidad de excavación, etc.), los pesos retenidos determinados en laboratorio (% ret) los porcentajes de material fino calculados en gabinete (% pasa), la gráfica semi logarítmica entre el porcentaje que pasan y el tamaño de partícula y los coeficientes  $C_u$  y  $C_c$ , siempre y cuando sean aplicables.



**FOTOGRAFÍA F6** Ensayo de Granulometría de Suelos  
Fuente: Elaboración propia

#### 3.5.2.4 Ensayo de Hidrometría (AASHTO T87-86, T88-93)

El objetivo del análisis hidrómetro es obtener el porcentaje de arcilla (porcentaje más fino que 0.075mm) ya que la curva granulométrica cuando más del 12% del material pasa el tamiz N°200, no es utilizada como criterio dentro de ningún sistema de clasificación de suelos y no existe ningún tipo de conducta particular del material que dependa intrínsecamente de la forma de dicha curva.

- **Fundamento teórico**, Las características físicas de los suelos de grano fino se identifican generalmente con mayor precisión por medio del ensayo de plasticidad en vez de la distribución del tamaño de los granos. Sin embargo, cuando analizamos el comportamiento de un suelo bajo

la acción de las heladas, un análisis mecánico húmedo es indispensable para determinar el porcentaje de materia más pequeño de 0.002mm de diámetro.

El análisis de hidrometría es un método ampliamente utilizado para obtener un estimado de la distribución granulométrico de suelos cuyas partículas se encuentran desde el tamiz N°200 hasta alrededor de 0.001mm.

Por simplicidad, se supone que todas las partículas de suelo son esferas y que la velocidad de las partículas se expresa por la ley de Stokes.

$$v = \frac{p_s - p_w}{18n} D^2$$

Dónde:  $v$  = velocidad de sedimentación

$p_s$  = densidad de las partículas de suelo

$p_w$  = densidad del agua

$n$  = viscosidad del agua

$D$  = diámetro de las partículas del suelo

- **Materiales y Equipos**, Horno de secado, controlado por termostato capaz de mantener una temperatura constante de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .  
Balanza de 0.01 gr de precisión.  
Tamiz N°200 (abertura de 0.075 mm).  
Mortero.  
Hidrómetro ASTM 152-H o 151-H.  
Equipo mezclador de muestras con cilindros de mezclado.  
Un cilindro de sedimentación de 1000 cc.  
Termómetro.  
Baño a temperatura constante ( $20^\circ\text{C}$ ).  
Agente dispersante: solución de hexametáfosfato de sodio diluido en agua destilada a una proporción de 40 gr de hexametáfosfato por 1000 ml de solución.  
Agua destilada.  
Cronometro.  
Equipo de manipuleo: espátulas, vaso de precipitación, guantes y pipeta.
- **Procedimiento**, Tomar entre 10 y 15 gr de la muestra preparada y determinar su humedad.  
Determinar la masa de suelo a ser utilizada en el ensayo de hidrometría. Aproximadamente 50 gr.  
Colocar la muestra seleccionada dentro del cilindro de mezclado junto con 125 ml de una solución de hexametáfosfato de sodio (40 g/L) ó (goma arábica, Bicarbonato de sodio, Silicato de sodio).

Batir ligeramente hasta que el suelo se encuentre totalmente húmedo y dejar remojar la muestra por lo menos 16 horas.

Después de la etapa de remojo, dispersar la muestra colocando ésta en el equipo mezclador durante 4 horas.

Verificar la calibración del hidrómetro.

Inmediatamente después de la dispersión, verter la muestra de suelo en el cilindro de sedimentación, procurando no perder partículas de suelo.

Añadir agua al cilindro de sedimentación hasta completar un volumen de 1000 ml.

Colocar el cilindro de sedimentación en baño maría a temperatura constante durante 1 minuto para que la suspensión suelo-agua alcance la temperatura del baño.

Sacar el cilindro del baño a temperatura constante y usando la palma de la mano, tapar y agitar el cilindro de sedimentación volteando repetidas veces durante 1 minuto (el número de volteos durante el minuto debe ser aproximadamente 60 y no se debe permitir que exista material en el fondo del cilindro durante los primeros volteos).

Una vez completado el minuto de agitación, colocar inmediatamente el cilindro de sedimentación en el baño a temperatura constante y comenzar a registrar las lecturas de la hidrometría.

Realizar las lecturas del hidrómetro a los siguientes intervalos de tiempo: 2, 5, 15, 30, 60, 250, 1440 minutos.

Durante las lecturas colocar el hidrómetro dentro del cilindro entre 20 y 25 segundos antes de realizar la lectura. Tan pronto la lectura es realizada remover el hidrómetro y colocarlo en otro cilindro de sedimentación lleno con agua destilada, teniendo cuidado de hacer girar el hidrómetro para liberar a este de las partículas de suelo que podrían haberse adherido al hidrómetro.

Después de cada lectura determinar la temperatura de la suspensión insertando un termómetro.

- **Presentación de resultados**, Los resultados del ensayo son presentados en una planilla básica, que contiene, además de los datos de la muestra, el porcentaje más fino para cada diámetro, la gravedad específica, cualquier dificultad en la dispersión de la fracción que pasa el tamiz N°200 indicando cualquier tipo de cambio en el agente dispersante o el equipo y tiempo de dispersión empleado.



**FOTOGRAFÍA F7** Ensayo de Hidrometría  
 Fuente: *Mecánica de suelos, Hidrometría – Blogspot.com, 2010*

### 3.5.2.5 Ensayo de Límites de Atterberg (AASHTO T89-68, T90-70)

En el presente laboratorio se describe el procedimiento para la determinación de los límites de consistencia de una muestra de suelo por medio de una serie de mediciones y procedimientos normalizados.

- **Fundamento Teórico**, Para la clasificación de los suelos finos, se realizan los Límites de Atterberg. Con ellos, es posible clasificar el suelo mediante la Clasificación Unificada de Suelos. Los límites líquido y plástico son solo dos de los cinco límites propuestos por A. Atterberg. Los límites líquido y plástico han sido ampliamente utilizados en todas las regiones del mundo, principalmente con objetivos de identificación y clasificación de suelos. El límite de contracción ha sido útil en varias áreas geográficas donde el suelo sufre grandes cambios de volumen entre su estado seco y su estado húmedo. El problema de potencial de volumen puede muy a menudo ser detectado de los resultados de los ensayos de límite líquido y límite plástico. El límite líquido en ocasiones puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación, y ambos límites son algunas veces útiles para predecir la máxima densidad en estudios de compactación. Los dos métodos de clasificación AASHTO y USCS incorporan el uso del límite líquido y plástico.
- **Materiales y Equipos**, Aparato de límite líquido de Casagrande.  
 Tamiz N°40.  
 Mortero  
 Placa de vidrio

Horno de secado, controlado por termostato, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

Ranurador ASTM.

Balanza de 0.01 gr de precisión.

Desecador conteniendo sílica gel. Se debe verificar que la sílica gel presente el color adecuado.

Equipo de manipuleo: guantes de asbesto, espátulas y cucharas.

Agua destilada o desmineralizada.

- **Procedimiento.**

**Limite Líquido.** Colocar una porción de la muestra preparada en la copa del aparato del límite líquido, presionarla hacia abajo y dispersarla dentro la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su parte más profunda, disminuyendo gradualmente esta profundidad para formar una superficie horizontal. Se debe tener cuidado en eliminar las burbujas de aire presentes en la muestra, a la vez se debe cuidar el resto de la muestra de posibles cambios de humedad, por ejemplo, cubriéndola con una toalla húmeda.

Con el ranurador, formar una ranura en la muestra dentro del aparato de Casagrande. Al utilizar la herramienta ranuradora se debe tener cuidado en que esta permanezca perpendicular a la superficie de la copa en el momento del corte.

Levantar y dejar caer la copa girando la manivela del aparato a una velocidad de 1.9 a 2.1 caídas por segundo, hasta que las dos mitades de la muestra entren en contacto en una distancia de 13mm.

Verificar que la ranura no sea cerrada por la presencia de burbujas de aire, esto observando que ambas mitades de la muestra hayan fluido con aproximadamente la misma forma. Si la muestra de suelo resbala sobre la superficie de la copa se deberán repetir los pasos anteriores con una mayor cantidad de agua. Si después de varios intentos la muestra sigue deslizándose ó si el número de golpes para cerrar la ranura es siempre menor a 25, registrar que el limite liquido no puede ser determinado, y reportar el suelo como no plástico.

Registrar el número de golpes, requerido para cerrar la ranura. Remover una porción de la muestra de la copa con ayuda de una espátula. Esta operación debe realizarse manteniendo la espátula perpendicular a la superficie de la copa y a la ranura, además se debe retirar el segmento que corresponde a la unión de las mitades.

Colocar la muestra retirada en un recipiente previamente pesado y taparlo inmediatamente, a continuación, obtener el peso húmedo del recipiente más la muestra húmeda.

Retirar de la copa la muestra sobrante y unirla al resto de la muestra. Limpiar la copa y la herramienta ranuradora.

Volver a mezclar toda la muestra guardada agregando agua destilada para incrementar el contenido de humedad del suelo y consecuentemente disminuir el número de golpes requerido para cerrar la ranura. Repetir los pasos anteriores para producir al menos dos números de golpes

más bajos. Uno de los ensayos deberá estar entre 25 a 35 golpes, otro entre 20 y 30 golpes y el último entre 15 a 25 golpes.

Determinar el contenido de humedad, de las muestras de suelo correspondiente a cada un mero de golpes.

**Límite Plástico**, Seleccionar 20 gramos de la muestra preparada para el límite líquido, reducir el contenido de humedad hasta una consistencia en la cual esta pueda ser enrollada sin adherirse a la mano. Para ello se puede mezclar y esparcir la muestra sobre la placa de vidrio continuamente, ó se puede emplear una secadora eléctrica.

De la porción de 20 gr, seleccionar aproximadamente 1.5 a 2.0 gramos y formar con esta una masa elipsoidal.

Enrollar la masa de suelo entre la palma de la mano o los dedos y la placa de vidrio, con la presión suficiente para llevar al hilo de muestra a un diámetro uniforme a través de toda su longitud. El hilo de muestra deberá alcanzar un diámetro aproximado de 3.2 mm en no más de 2 minutos. La presión requerida para enrollar la muestra variara de acuerdo a la muestra de suelo.

Cuando el hilo de muestra alcanza aproximadamente 3.2 mm romper el hilo en varias partes. Apretar las partes juntas, amasar entre el pulgar y el primer dedo de cada mano, volver a formar la masa elipsoidal y volver a enrollar. Continuar hasta alcanzar un diámetro de 3.2 mm, y que los hilos se desmenucen bajo la presión requerida para enrollarlos y la muestra no puede ser enrollada a diámetros menores de 3.2 mm.

Juntar las partes desmenuzadas y colocarlas en un recipiente previamente pesado. Tapar inmediatamente el recipiente.

Seleccionar otra muestra de 1.5 a 2.0 gramos y repetir los pasos anteriores hasta que el contenedor tenga aproximadamente 6 gramos de suelo.

Repetir los pasos anteriores para obtener otro contenedor con al menos 6 gramos de muestra.

Determinar el contenido de humedad de cada una de las muestras.

- **Presentación de Resultados**, El informe de laboratorio deberá contener la identificación de la muestra, cualquier proceso especial de selección de muestra usado (tales como remoción de lentes de arena de muestras, no disturbada), informe acerca de si la muestra fue secada al aire antes o durante la preparación, el límite líquido, el límite plástico, el índice plástico y la estimación del porcentaje retenido en el tamiz N°40. En caso de que los ensayos de los límites no pudieron ser realizados, se reportara el suelo como no plástico.



**FOTOGRAFÍA F8** Ensayo de Límites de Atterberg  
Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2.6 Ensayo de Densidad en Sitio (AASHTO: T-191-61)

Este método establece un procedimiento para determinar en terreno la densidad de suelos cuyo tamaño máximo absoluto de partículas sea menor o igual a 50 mm (2") en un caso y menor o igual a 150mm (6") en el otro.

Este procedimiento está referido a dos equipos utilizados en la medición del volumen de la perforación: cono de arena de 6" (cono convencional) cono de arena de 12" (macro cono).

- **Materiales y Equipos**, Cono convencional.
  - Arena normalizada de ensayo.
  - Herramientas y accesorios.
  - Balanza.
  - Placa base.
  - Recipientes con tapa hermética.
  
- **Procedimiento**, Se debe pesar en recipiente del aparato del cono de arena, lleno de arena para obtener el peso, se debe colocar el aparato de densidad sobre una superficie plana y obtener la lectura de cero.

Herramientas utilizadas para excavar el hueco; un recipiente para la muestra, brocha de 60 mm para limpiar la base. Nivelar y suavizar la superficie donde se va a colocar la base. Rellenar con suelo original cualquier hueco que se haga por remoción de gravas o pequeñas rocas superficiales. Excavación de hueco, se puede utilizar un destornillador para aflojar el suelo y luego removerlo con la cuchara (puruña), recuperar y guardar cuidadosamente las rocas más grandes. Si hay

partículas de más de 35 a 40 mm, el tamaño de equipo de muestreo puede ser inadecuado para el sitio.

Proceder al terreno y excavar un agujero aproximadamente de 15cm de profundidad utilizando la placa de base provista con el cono de arena, colocar cuidadosamente todo el suelo removido del agujero en el recipiente.

El hueco completo. El hueco debe limpiarse cuidadosamente de boronas de suelo suelto y debe tener una profundidad entre 100 y 150 mm (y volumen suficiente para llenar entre tres cuartos y nueve decimos del recipiente)

Colocar cuidadosamente la botella y el cono sobre la base y abrir la válvula. Evitar al máximo las vibraciones cercanas al sitio del ensayo.

Antes de colocar la placa sobre el sitio, es importante asegurar que la superficie de la zona de excavación sea plana y lisa.

A continuación, con la válvula, cerrada voltear boca abajo el aparato de cono de arena sobre la placa y abrir la válvula. Cuando la arena cese de caer en el agujero, es necesario cerrar la válvula y levantar el conjunto. A continuación, es preciso recuperar tanta arena (la arena cuarzosa es relativamente costosa) del hueco y la placa como sea posible, y colocarla en el saco provisto.

Con esto se termina el trabajo de campo y es posible entonces regresar al laboratorio. Verificar el porcentaje de humedad sacada en la densidad en situ.

- **Presentación de resultados**, En el laboratorio debe pesar el recipiente con el suelo húmedo obtenido en el campo y registrar dicho peso en la línea apropiada de su formato, ya el recipiente pesado junto a la muestra colocarlo dentro del horno para secado.

Ya retirado del horno las muestras secas pesar y poder de esta forma encontrar el peso seco del suelo removido de los agujeros. Registrar este dato en el sitio apropiado en los formatos.

Calcular el contenido de humedad y los pesos unitarios húmedo y seco respectivamente del agujero del ensayo.



**FOTOGRAFÍA F9** Ensayo de Densidad en Sitio  
Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2.7 Ensayo de Peso Específico (ASTM: D854-02, AASHTO T100-70)

Este ensayo tiene por objetivo determinar la gravedad específica de los sólidos de una muestra de suelo cuyas partículas tienen un tamaño menor a 4.75mm, por medio de una serie de mediciones y procedimientos normalizados. El parámetro es obtenido siguiendo el método de ensayo estándar D854-02 propuesto por la norma ASTM.

- **Fundamento Teórico**, La gravedad específica  $G_s$  de un suelo sin ninguna unidad se toma como el valor promedio para los granos del suelo. Si en el desarrollo de una discusión no se aclara adecuadamente a que gravedad específica se refieren algunos valores numéricos dados, la magnitud de dichos valores puede indicar el uso incorrecto, pues la gravedad específica de los granos del suelo es siempre bastante mayor que la gravedad específica volumétrica determinada incluyendo los vacíos de los suelos en el cálculo (bien llenos de aire(secos) o llenos de agua parcial o totalmente).

A menudo para este ensayo se utiliza agua común en lugar de agua destilada (por lo menos en el trabajo de rutina); el error en este caso, es bastante pequeño.

La fuente más seria de error en la determinación experimental de la gravedad específica no es ni la temperatura ni la utilización de agua común. La mayor fuente de error proviene de la inadecuada deaireación de la mezcla suelo agua.

Se puede lograr la deaireación adecuada de la mezcla suelo-agua aplicando vacío y/o calentamiento. El vacío solo es normalmente suficiente para arenas, limos y arcillas.

En suelos orgánicos, es aconsejable dejar hervir cerca de 30 minutos la mezcla suelo-agua, añadiendo agua a medida que se necesite para mantener el frasco volumétrico medio lleno.

El intervalo de tiempo de aplicación del vacío puede variar entre unos pocos minutos hasta 6 a 8 horas. Para suelos plásticos, 4 a 6 horas. Para suelos de baja plasticidad.

- **Materiales y Equipos**, Picnómetro con una capacidad mínima de 250 ml. El volumen del picnómetro debe ser de 2 a 3 veces el volumen de la muestra húmeda durante la etapa de aireación.

Horno de secado, controlado por termostato, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

Balanza de 0.01 gr de precisión. Con una capacidad de por lo menos 500 gr cuando se utiliza el picnómetro de 250ml y 1000 gr para el picnómetro de 500 ml.

Desecador conteniendo sílica y gel. Se debe verificar que la sílica gel presente el color adecuado.

Termómetro de  $0.1^\circ\text{C}$  de precisión.

Equipo de remoción de aire de las muestras que puede estar constituido por una bomba de vacío o una hornilla capaz de mantener la temperatura adecuada para hervir el agua.

Tamiz No 4 (i.e. abertura de 4.75 mm).

Batidora de suelo.

Embudo.

Papel absorbente.

Conservadora.

Recipiente capaz de contener agua.

Trozo de plastofomo sobre el cual pueda asentarse el picnómetro.

Equipo de manipuleo: guantes de asbesto, espátulas y cucharas.

Agua desaireada.

- **Procedimiento**, Verificar que la masa del picnómetro,  $M_p$ , esté dentro los 0.06 gr de la masa calibrada, de lo contrario recalibrar la masa seca del picnómetro.

Determinar el contenido de humedad,  $w$ , de una porción de la muestra.

Colocar 100 ml de agua en la batidora de suelo.

Adicionar la muestra y batir.

Colocar el vaso en la batidora y batir la muestra.

Utilizando el embudo, colocar la mezcla en el picnómetro. Lavar todas las partículas retenidas en el embudo con ayuda de agua, haciendo que estas entren en el picnómetro.

Adicionar agua hasta que el nivel se encuentre entre  $1/3$  a  $1/2$  del alto del cuerpo del picnómetro.

Agitar el picnómetro hasta formar una mezcla homogénea.

Lavar cualquier partícula adherida al picnómetro. Para algunos suelos que contienen una fracción significativa de suelo orgánico, el kerosene es mejor humectante que el agua.

Para remover el contenido de aire se hierve la muestra por un mínimo de 2 horas, agitar la mezcla tanto como sea necesario para evitar que el suelo se adhiera al picnómetro o las partículas que se encuentren, en la superficie interna del picnómetro, sobre el nivel de la mezcla se sequen.

Llenar el picnómetro, hasta rebasar la marca de calibración, con agua desaireada introduciendo está a través de un tubo flexible de diámetro pequeño cuya punta se encuentre ligeramente sumergida en la mezcla contenida por el picnómetro.

Introducir a la conservadora el picnómetro, termómetro, un recipiente de agua, el tapón del picnómetro y agua desaireada en una botella. Dejar que el picnómetro entre en equilibrio térmico durante toda la noche.

Extraer el picnómetro de la conservadora, tomando este por la parte superior del cuello para no alterar la temperatura del agua y ponerlo sobre el plastoforno.

Ajustar el agua a la marca de calibración con la ayuda del papel absorbente.

Medir y registrar la masa del conjunto picnómetro, suelo y agua, con una precisión de 0.01 gr.

Dejar enfriar en el desecador.

Determinar la masa de la muestra seca con precisión de 0.01 gr.

- **Presentación de resultados**, Los resultados del ensayo deberán ser presentados en una planilla que contenga el valor de la gravedad específica a 20°C con una precisión de 0.01, el tamaño máximo de partícula, la gravedad específica para otra temperatura especificada diferente a 20°C con una precisión de 0.01, el tipo de fluido utilizado si es diferente al agua destilada, además los datos de la muestra, y por ultimo si alguna porción de la muestra es eliminada durante su preparación, esta información también deberá ser incluida en el informe.



**FOTOGRAFÍA F10** Ensayo de Peso Específico  
Fuente: Alunos de Edificações

### 3.5.2.8 Ensayo de Corte Directo (AASHTO: T236, ASTM D3080)

La resistencia al corte de una masa de suelo es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. El estudio de la resistencia al corte es necesario para analizar los problemas de estabilidad, capacidad de carga, estabilidad de taludes, presión lateral sobre estructuras de retención de tierras, etc.

Para la mayoría de los problemas de la mecánica de suelos, es suficiente aproximar el esfuerzo cortante sobre el plano de falla como una función lineal del esfuerzo normal (Coulomb).

- **Fundamento Teórico**, Cuando una estructura se apoya en la tierra, transmite los esfuerzos al suelo de fundación. Estos esfuerzos producen deformaciones en el suelo que pueden ocurrir de tres maneras:
  1. Por deformación elástica de las partículas.
  2. Por cambio de volumen en el suelo como consecuencia de la evacuación del líquido existente en los huecos entre las partículas.
  3. Por deslizamiento de las partículas, que pueden conducir al deslizamiento de una gran masa de suelo.

El primer caso es despreciable para la mayoría de los suelos, en los niveles de esfuerzo que ocurren en la práctica. El segundo caso corresponde al fenómeno de la consolidación.

El tercer caso, corresponde a fallas del tipo catastróficos y para evitarla se debe hacer un análisis de estabilidad, que requiere del conocimiento de la resistencia al corte de suelo. El análisis debe asegurar, que los esfuerzos de corte solicitantes son menores que la resistencia al corte, con un margen adecuado de modo que la obra siendo segura, sea económicamente factible de llevar a cabo.

Vemos que es absolutamente imposible independizar el comportamiento de la estructura y el del suelo.

Por tanto, el problema de la determinación de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos puede decirse que constituye uno de los puntos fundamentales de toda la Mecánica de Suelos. En efecto, una valoración correcta de este concepto constituye un paso previo imprescindible para intentar, con esperanza de éxito cualquier aplicación de la Mecánica de Suelos al análisis de la estabilidad de las obras civiles.

- **Materiales y Equipos**, Aparato de corte, El aparato de corte proporcionará medios para aplicar un esfuerzo normal a las caras de la muestra, permitiendo el drenado del agua a través de las placas porosa en los límites superior e inferior de la muestra de suelo, y para muestras sumergidas en agua. La máquina debe ser capaz de aplicar una fuerza cortante a la muestra a lo largo de un plano de corte predeterminado paralelo a las caras de la muestra. Los marcos que sostendrán la muestra deben ser lo suficientemente rígidos para prevenir su distorsión durante el proceso de corte. Varias partes de la máquina de corte deben de estar hechas de material anticorrosivo resistentes a la

humedad o sustancias presentes en el suelo, por ejemplo, acero inoxidable, bronce, aluminio, etc. Metales distintos a los nombrados pueden causar oxidación.

Caja de corte, una caja de corte, cuadrada, hecha de acero inoxidable, con aditamentos que permiten el drenado a través de la parte superior e inferior. La caja está dividida verticalmente por un plano horizontal en dos mitades con el mismo espesor unido con unos tornillos de seguridad. La caja de corte es ajustada con los tornillos de seguridad, que controlan el espacio entre la parte superior e inferior de las dos mitades de la caja de corte.

Aditamentos de carga.

Otros equipos, capsulas, cronometro, balanza de precisión.

- **Procedimiento**, Aplicar la carga vertical y colocar el medidor de desplazamiento vertical en posición.

Ajustar el anillo dinamométrico y el medidor de desplazamiento horizontal. Retirar los elementos que mantienen unida la mitad superior de la caja de corte a la mitad inferior, para permitir su desplazamiento.

Comenzar a aplicar la carga horizontal midiendo desde los deformímetros de carga, el cambio de volumen y de desplazamiento horizontal. La tasa de deformación unitaria debe ser del orden de 0,5 a 2 mm/min y deberá ser tal que la muestra tarde en fallar entre 3 y 5 minutos.

Se repite el procedimiento en por lo menos dos muestras más.

- **Presentación de resultados**, Los resultados del ensayo deberán ser presentados en una planilla que debe incluir, descripción del tipo de aparato utilizado en el ensayo.

La fecha de realización, descripción de la estructura del suelo, esto si el espécimen es inalterado, remoldeado, compactado o preparado de otra manera.

El esfuerzo normal, la velocidad de deformación, el desplazamiento de la muestra y los correspondientes valores nominales máximos y residuales de esfuerzo de corte.

Un gráfico de esfuerzo de corte contra la deformación (desplazamiento horizontal) en milímetros.



**FOTOGRAFÍA F11** Ensayo de Corte Directo

Fuente: Instituto de Estructuras y Transporte – Facultad de Ingeniería Uruguay, 2018

### 3.5.2.9 Ensayo de Proctor Modificado (AASHTO: T180D, ASTM D1557)

Se emplea para determinar la relación densidad seca – humedad de compactación de los materiales a utilizar en explanadas y en capas de firmes, y como referencia para el control de calidad de la compactación en obra.

- **Fundamento Teórico**, Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lb (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una energía de compactación de 2 700 kN-m/m<sup>3</sup>.

Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de ¾” pulgadas (19,0 mm).

Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

- **Materiales y Equipos**, Ensamblaje del Molde, Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo “partido” deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección.

El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.

Molde de 4 pulgadas, Un molde que tenga en promedio 101,6 ± 0,4 mm de diámetro interior, una altura de 116,4 ± 0,5 mm y un volumen de 944 ± 14 cm<sup>3</sup>.

Molde de 6 pulgadas, Un molde que tenga en promedio 152,4 ± 0,7 mm de diámetro interior, una altura de: 116,4 ± 0,5mm y un volumen de 2 124 ± 25 cm<sup>3</sup>.

Pisón ó Martillo, Un pisón operado manualmente ó mecánicamente. El pisón debe caer libremente a una distancia de 457,2 ± 1,6 mm de la superficie de espécimen.

Extractor de Muestras (opcional), Puede ser una gata, estructura ú otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.

Balanza, Una balanza de aproximación de 1 gramo.

Horno de Secado, Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5°C a través de la cámara de secado.

Regla, Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas (254 mm). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 1/8 pulgadas (3mm).

Tamices, De ¾ pulgadas, 3/8 pulgadas y N° 4, conforme a los requisitos de las especificaciones.

Herramientas de Mezcla, Diversas herramientas tales como cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc.

- **Procedimiento**, No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.

Utilice el método de preparación húmedo.

Prepare mínimo cuatro (preferiblemente cinco) muestras con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, por adiciones de agua y mezcla. Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos muestras húmedas y dos secas de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación. Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.

Usar aproximadamente 2,3 kg del suelo tamizado en cada muestra que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 5,9 kg cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 60°C. Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo antes de la compactación.

Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.

Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El método de enlace ó unión al cimiento rígido debe permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.

Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 5 mm de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactados o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo ú otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de la parte superior del molde, la muestra será descartado. Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 4 pulgadas ó 56 golpes para el molde de 6 pulgadas.

Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.

Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde.

Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.

Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen o una porción representativa. Obtener el contenido de humedad.

- **Presentación de resultados**, Los resultados del ensayo deberán ser presentados en una planilla correspondiente.

La prueba de compactación Proctor es muy sencilla y rápida de realizar, lo único que puede retrasar un poco dicha prueba es la obtención del contenido de humedad. En lo que se refiere al procedimiento no presenta mayor problema debido a que es repetitiva además de que no requiere equipo de gran tamaño o difícil de maniobrar.

Con esta prueba se obtiene la humedad óptima de compactación, así como, el peso específico seco máximo, con la finalidad de obtener una muy buena compactación en campo si se reproducen las condiciones en las que se realiza la práctica en el laboratorio; ofrece resultados confiables que si realmente se cumplen en campo se pueden obtener resultados satisfactorios.



**FOTOGRAFÍA F12** *Ensayo de Proctor Modificado*  
*Fuente: Elaboración propia*

### 3.5.2.10 Ensayo de Trozos Inalterados (AASHTO: T233-86, ASTM D854-02)

Este método de ensayo tiene el propósito de determinar la densidad de suelos cohesivos en su estado natural, suelos compactos cohesivos y suelos estabilizados mediante la medición del peso y volumen de muestras no alteradas.

Por ejemplo, cuando se realiza estudios geotécnicos de edificaciones, se debe efectuar exploración del subsuelo mediante pozos o calicatas, tomando muestras a distintos niveles o profundidades, de los cuales es fundamental conocer la densidad natural del suelo.

#### - **Fundamento Teórico**

**Determinación de la densidad y peso unitario en laboratorio, Suelos cohesivos,** De los suelos cohesivos, pueden tomarse muestras en terreno, con el fin de determinar su densidad y peso unitario en el laboratorio. Para otros suelos sin cohesión, o con partículas que no permitan el recorte de una muestra representativa, deben aplicarse otras metodologías de ensayo, como por ejemplo determinación de densidades por el método de la arena.

#### - **Materiales y Equipos,** Herramientas de corte y tallado.

Regla de acero, graduada, lecturas cada 0.5 mm.

Escuadras de acero.

Calibrador Vernier, precisión de 0.1 mm.

Plato plano de vidrio, cuadrado de 300 mm de lado y 10 mm de espesor.

Balanza, precisión de 0.01 gr para el método de mediciones lineales y balanza de 15 a 20 Kg de capacidad preferiblemente de plato plano.

Gancho y viga de soporte lo suficientemente resistentes para suspender la muestra debajo de la balanza (método de inmersión de agua).

Cera parafina y baño de cera.

Contenedor metálico rectangular.

Horno de secado y materiales para la determinación del contenido de humedad.

#### - **Procedimiento**

**a) método de mediciones lineales,** Determinar la masa de la muestra, haciendo uso de una balanza de las características especificadas en la sección de materiales y equipos.

Medir la longitud de cada cara del prisma rectangular a lo largo de los bordes y a lo largo de la parte media de cada cara haciendo uso del calibrador Vernier.

En caso de muestras cilíndricas; tomar en tres diferentes lugares, tres medidas de la altura del cilindro y tomar dos medidas del diámetro del cilindro de tal modo que estas últimas formen una cruz. Registrar las medidas realizadas.

Cuando se usa el calibrador Vernier, verificar inicialmente que el calibrador se encuentre en cero y aproximar cuidadosamente las abrazaderas del calibrador a la muestra de tal modo que hagan contacto con la misma, pero sin apoyarse en ella. El calibrador debe permanecer en forma perpendicular a la superficie que está siendo medida. En caso de que el calibrador no sea ajustado a cero registrar la medida hallada y restar a esta la lectura inicial.

La muestra no debe ser expuesta al aire mayor tiempo al necesario y no debe ser excesivamente manipulada, de otra manera esta puede perder humedad y resquebrajarse. Es aconsejable cubrir la muestra con plástico para minimizar las pérdidas de humedad debidas al calor de las manos.

- b) **método de inmersión en agua**, Colocar la balanza sobre una tabla o listón que se encuentre en el borde de alguna superficie firme, de modo que el canasto pueda ser suspendido y quedar en la parte media del contenedor metálico que será posteriormente llenado con agua. Asegúrese que la viga que soporta la balanza no se incline una vez colocada la muestra dentro el canasto.

Ajustar la altura y la posición del contenedor de tal modo que el canasto que contiene la muestra quede totalmente centrado (evitando que este choque con las paredes del contenedor) y que la muestra quede totalmente sumergida.

Llenar el contenedor con agua hasta aproximadamente 80 mm por debajo de la parte superior del contenedor.

Cuando el canasto se halla completamente sumergido, unir un contrapeso al plato de la balanza para registrar la lectura a cero, o utilizar la opción tarar para fijar la lectura de la balanza a cero. Registrar la masa aparente de la muestra sumergida en agua.

- **Presentación de resultados**, La densidad seca no puede ser determinada sin la realización de ensayos adicionales. Para obtener la masa seca a partir de la cual el contenido de humedad es calculado, la muestra entera debe ser destruida y colocada al interior del horno, asegurándose que no existan pérdidas de porciones de suelo. El contenido de humedad puede también ser determinado usando pequeñas porciones cortadas directamente sobre el recipiente para la determinación del contenido de humedad. Las porciones de suelo deben ser tomadas de regiones inmediatamente adyacentes a las caras superficiales de la muestra. Una vez determinado el contenido de humedad, se calcula la densidad seca.



**FOTOGRAFÍA F13** Ensayo de Trozos Inalterados  
Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2.11 Ensayo de C.B.R. (AASHTO: T193 - ASTM D1883)

No basta con especificar el grado de compactación de un suelo. Dos suelos diferentes alcanzarán no solo densidades secas y humedades óptimas diferentes en el ensayo de compactación, sino que el material al estar constituido por partículas diferentes, tendrá un comportamiento en términos de ingeniería diferente. Por ello, se hace necesario un parámetro adicional que considere la capacidad de soporte del suelo en sí mismo para esas condiciones de compactación.

El ensayo de soporte de California se desarrolló por parte de la División de Carreteras de California en 1929 como una forma de clasificar la capacidad de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base en construcción de carreteras. El ensayo CBR mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número asociado a la capacidad de soporte.

- **Fundamento Teórico**, El CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria (por pulgada cuadrada) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración dentro de la muestra de suelo compactada a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado. En forma de ecuación, esto se puede expresar como:

$$CBR = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} * 100\%$$

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo determinado utilizando el ensayo de compactación estándar (o modificado).

A menudo se compactan dos moldes de suelo: uno para penetración inmediata y otro para penetración después de dejarlo saturar por un periodo de 96 horas; este último se sobrecarga con un peso similar al del pavimento, pero en ningún caso menor que 4.5 kg. Es necesario durante este periodo tomar registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente.

En ambos ensayos, se coloca una sobrecarga sobre la muestra de la misma magnitud de la que se utiliza durante el ensayo de expansión. El ensayo sobre la muestra saturada cumple dos propósitos:

1. Dar información sobre la expansión esperada en el suelo bajo la estructura de pavimento cuando el suelo se satura.
2. Dar indicación de la pérdida de resistencia debida a la saturación en el campo.

El ensayo de penetración se lleva a cabo en una máquina de compresión utilizando una velocidad de deformación unitaria de 1.27 mm/min. Se toman lecturas de carga versus penetración cada 0.64 mm de penetración hasta llegar a un valor de 5.0 mm a partir del cual se toman lecturas con velocidades de penetración de 2.5 mm/min hasta obtener una penetración total de 12.7 mm. El valor del CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos, principalmente con fines de utilización como base y subrasante bajo pavimentos de carreteras y aeropuertos.

- **Materiales y Equipos**, Equipo de C.B.R. (molde de compactación con collar y base, disco espaciador.

Martillo de compactación.

Aparato para medir la expansión con precisión de 0.01mm.

Pesos para sobrecarga.

Máquina de compresión equipada con pistón de penetración CBR capaz de penetrar a una velocidad de 1.27 mm/min.

- **Procedimiento**, Preparar una muestra de suelo de grano fino (en cantidad suficiente para hacer 6 probetas) menor que el tamiz # 4, al contenido de humedad óptima del suelo determinado con el ensayo de Proctor Modificado.

Antes de compactar el suelo en los moldes, tomar una muestra representativa para determinar su contenido de humedad (por lo menos 100 g si el suelo es de grano fino).

Pesar los moldes sin su base ni el collar.

Para cada molde ajustar el molde a la base, insertar el disco espaciador en el molde y cubrirlo con un disco de papel filtro.

Fabricar 6 probetas de 5 capas cada una: 2 de 12 golpes por capa, 2 de 26 golpes por capa y 2 de 56 golpes por capa; dejar saturando una muestra de 12, de 26 y de 56 golpes por capa.

Para cada molde retirar la base, el collar y el disco espaciador, pesar el molde con el suelo compactado y determinara el peso unitario total del suelo.

Colocar un disco de papel filtro sobre la base, invertir la muestra y asegurar el molde a la base de forma que el suelo quede en contacto con el papel filtro.

Para muestras no saturadas, llevar a cabo los siguientes pasos:

Colocar suficientes pesas ranuradas (no menos de 4.5 kg) sobre la muestra de suelo para simular la presión de sobrecarga requerida.

Colocar la muestra en la máquina de compresión y sentar el pistón sobre la superficie de suelo utilizando una carga inicial no mayor de 4.5 kg.

Hacer lecturas de deformación o penetración y tomar las respectivas lecturas de carga. Extruir la muestra del molde y tomar dos muestras representativas adicionales para contenido de humedad.

Para muestras no saturadas:

Colocar la placa perforada con el vástago ajustable sobre el suelo compactado y aplicar suficientes pesas para obtener la sobrecarga deseada, cuidando que no sea inferior a 4.5 kg. Asegurarse de usar un disco de papel filtro entre la base perforada del vástago y el suelo para evitar que el suelo se pegue a la base del vástago.

Sumergir el molde y las pesas en un recipiente de agua de forma que el agua tenga acceso tanto a la parte superior como a la parte inferior de la muestra y ajustar el deformímetro de carátula (con lecturas al 0.01 mm) en su respectivo soporte; marcar sobre el molde los puntos donde se apoya el soporte de forma que pueda removerse y volver a colocarlo sobre el molde en el mismo sitio cuando se desee hacer una lectura.

Ajustar el cero del deformímetro de expansión y registrar el tiempo de comienzo del ensayo. Tomar las lecturas a 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 horas de tiempo transcurrido; el ensayo de expansión puede terminarse después de 48 horas si las lecturas en el deformímetro de expansión se mantienen constantes por lo menos durante 24 horas.

Al final de las 96 horas de inmersión, sacar la muestra y dejarla drenar por espacio de 15 min; secar completamente la superficie superior de la muestra con toallas de papel.

Pesar la muestra sumergida incluyendo el molde.

Tomar muestras para contenido de humedad.

- **Presentación de resultados**, Dibujar una curva de resistencia a la penetración o kPa versus la penetración en pulgadas o mm. En un mismo gráfico las muestras secas y en otro las muestras saturadas. Dibujar posteriormente estas curvas en un mismo gráfico comparando las resistencias secas y saturadas.

Calcular el CBR para una penetración de 0.01 pulgadas para los 6 ensayos; dibujar en un mismo gráfico la curva CBR (%) versus densidad seca ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ), una curva para las muestras secas y otro

para las muestras saturadas. Realizar otro gráfico con las mismas características para una penetración de 0.02 pulgadas.



**FOTOGRAFÍA F14** Ensayo de C.B.R.  
Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO 4

### CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

#### 4.1 UBICACIÓN DE POZOS – PARQUE URBANO CENTRAL, DISTRITO 6 (CIUDAD DE VIACHA)

La ubicación de los pozos se realizó a lo largo de lo que será el parque urbano central, tomando en cuenta sectores donde se construirán distintas infraestructuras y también se ubicó pozos en sectores de accesos a principales avenidas del sector.

Las coordenadas de dichos pozos se muestran en la tabla siguiente:

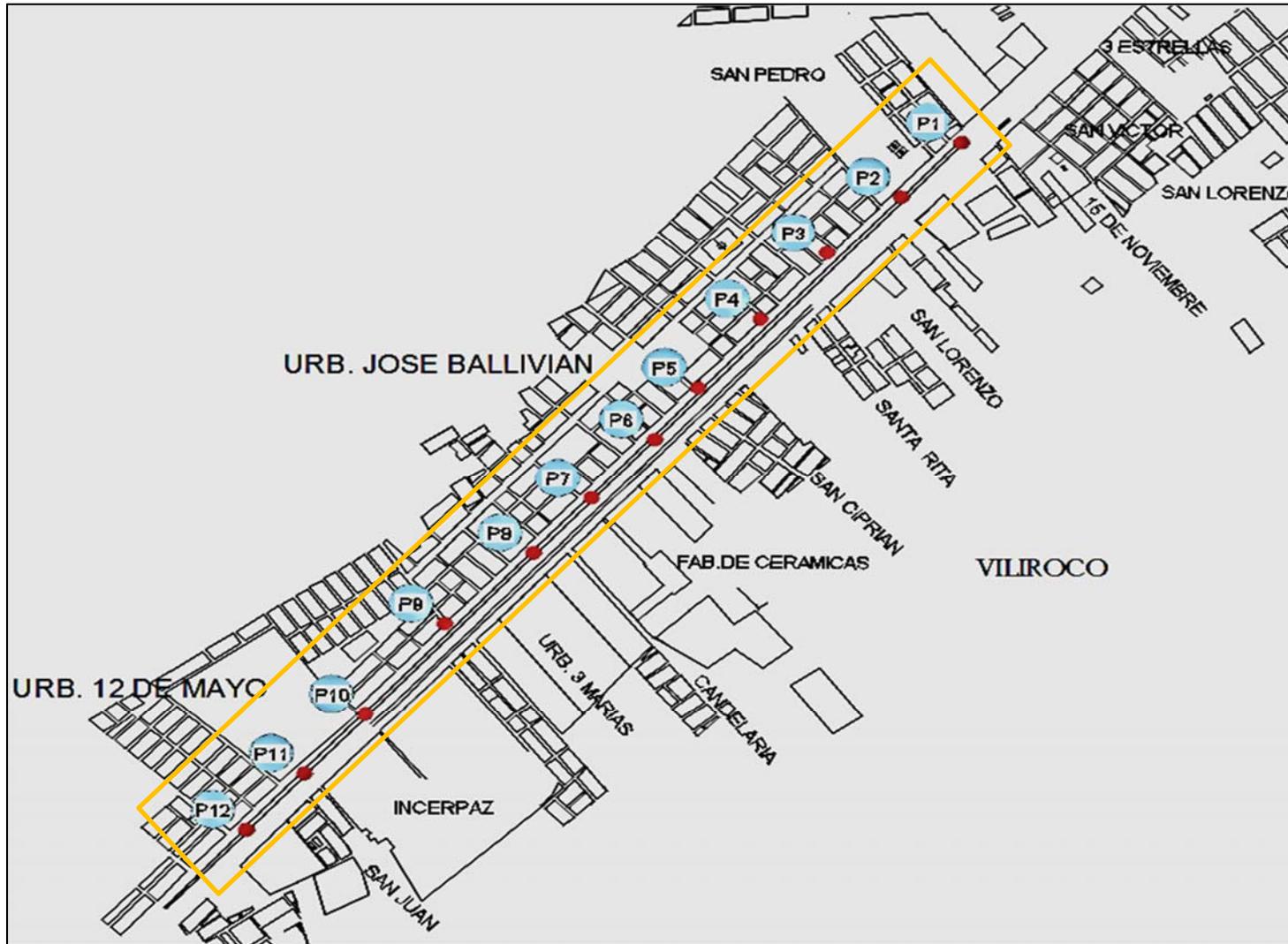
**TABLA 14**  
COORDENADAS DE POZOS – DISTRITO 6, PARQUE URBANO CENTRAL - VIACHA

Nº POZO	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
P – 1	579238.15	8163903.13
P – 2	579066.74	8163721.71
P – 3	578855.01	8163534.43
P – 4	578665.40	8163314.83
P – 5	578487.03	8163086.12
P – 6	578364.34	8162914.26
P – 7	578183.23	8162717.69
P – 8	578018.31	8162534.29
P – 9	577764.93	8162298.93
P – 10	577537.64	8161996.23
P – 11	577365.09	8161797.69
P – 12	577199.34	8161611.34

Proyección: UTM

Zona: 19K

Fuente: Elaboración Propia



**FIGURA F29**  
Ubicación de Pozos - Parque Urbano Central DISTRITO 6  
Fuente: Elaboración propia

## 4.2 RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS – PARQUE URBANO CENTRAL

### ➤ CONTENIDO DE HUMEDAD

**TABLA 15**  
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL, PARQUE URBANO CENTRAL - VIACHA

Nº POZO	PROFUNDIDAD (m)	HUMEDAD NATURAL %
P1	1.60	5.75
P2	1.60	3.38
P3	1.50	6.27
P4	1.40	6.57
P5	1.40	8.08
P6	1.40	8.92
P7	1.20	6.37
P8	1.40	6.74
P9	1.40	6.73
P10	1.50	16.45
P11	1.45	9.68
P12	1.50	6.44

Fuente: Elaboración Propia

### ➤ COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DE LOS SUELOS

**TABLA 16**  
**COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DE LOS SUELOS, PARQUE URBANO CENTRAL - VIACHA**

Nº POZO	PROFUNDIDAD (m)	PORCENTAJE QUE PASA								
		2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200
P1	1.60	91.3	89.1	75.9	68.3	51.6	37.5	21.2	10.7	6.2
P2	1.60	93.8	93.8	86.8	80.7	59.8	45	34.6	18.6	6
P3	1.50	92.5	92.5	79.9	70.8	52.5	37.2	20.9	8.3	5.5
P4	1.40	93.4	84.7	76.5	71.8	54.8	40.1	24.7	14.6	9.2
P5	1.40	100	95.4	89	84.1	63.3	48.4	36.1	15.6	9.4
P6	1.40	100	100	86.5	78.4	54.2	35.7	22.4	12.8	9.1
P7	1.20	100	91.9	82.1	73.1	52.5	34.9	20.1	5.9	3.5
P8	1.40	100	97.6	87.8	81.1	60.3	43.3	31.7	24.8	17.3
P9	1.40	100	100	88.8	83.6	66.3	49.6	32.3	15.4	10.2
P10	1.50	100	100	100	100	99.8	99.6	99.2	97.4	74.2
P11	1.45	100	100	96	93.1	74.3	56.2	39.7	20.2	11.3
P12	1.50	100	100	91.8	74.7	46.7	32.3	23.3	18.8	7.5

Fuente: Elaboración Propia

## ➤ LÍMITES DE ATTERBERG

**TABLA 17**  
LÍMITES DE ATTERBERG, PARQUE URBANO CENTRAL - VIACHA

Nº POZO	PROFUNDIDAD (m)	LÍMITES		
		LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
P1	1.60	21.68	13.14	8.54
P2	1.60	—	N.P.	N.P.
P3	1.50	21.90	13.47	8.43
P4	1.40	—	N.P.	N.P.
P5	1.40	20.60	13.38	7.22
P6	1.40	30.26	15.15	15.11
P7	1.20	23.96	14.14	9.82
P8	1.40	21.27	13.14	8.13
P9	1.40	27.78	12.94	14.84
P10	1.50	21.75	15.18	6.57
P11	1.45	29.22	13.49	15.73
P12	1.50	—	N.P.	N.P.

Fuente: Elaboración Propia

Límite Líquido Máximo:	30.26	Pozo	No 6
Límite Líquido Mínimo:	20.60	Pozo	No 5
Límite Plástico Máximo:	15.18	Pozo	No 10
Límite Plástico Mínimo:	12.94	Pozo	No 9
Índice de Plasticidad Máximo:	15.73	Pozo	No 11
Índice de Plasticidad Mínimo:	6.57	Pozo	No 10

➤ ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS – HIDROMETRÍA

**TABLA 18**  
HIDROMETRÍA, PARQUE URBANO CENTRAL – VIACHA

POZO Nº 1		POZO Nº 2		POZO Nº 3		POZO Nº 4		POZO Nº 5		POZO Nº 6		POZO Nº 7		POZO Nº 8		POZO Nº 9		POZO Nº 10		POZO Nº 11		POZO Nº 12	
PORCENTAJE RELATIVO %	DIÁMETRO PARTICULAS (mm)																						
3.441	0.0258	2.574	0.0289	3.083	0.0262	5.058	0.0257	5.085	0.0258	5.205	0.0259	1.944	0.0258	9.534	0.0258	5.697	0.0261	35.763	0.0269	4.142	0.0254	6.211	0.0259
3.316	0.0166	1.796	0.0203	2.859	0.0173	3.955	0.0183	4.900	0.0172	4.732	0.0167	1.768	0.0172	7.107	0.0187	5.283	0.0172	27.005	0.0189	3.766	0.0162	6.098	0.0172
3.191	0.0120	0.359	0.0167	2.803	0.0124	2.575	0.0146	4.715	0.0127	4.259	0.0121	1.591	0.0127	6.760	0.0134	4.765	0.0128	23.355	0.0139	3.389	0.0117	5.872	0.0128
2.941	0.0102	0.180	0.0138	2.747	0.0102	1.380	0.0129	4.530	0.0108	3.880	0.0101	1.520	0.0106	6.414	0.0111	4.558	0.0106	21.166	0.0116	3.163	0.0096	5.759	0.0107
2.190	0.0080	0.120	0.0098	2.635	0.0073	0.460	0.0097	4.161	0.0082	2.934	0.0074	1.273	0.0079	5.027	0.0084	4.351	0.0076	18.976	0.0084	2.862	0.0070	5.420	0.0079
0.688	0.0066	0.090	0.0070	2.355	0.0054	0.276	0.0069	3.698	0.0065	1.325	0.0055	0.990	0.0060	4.854	0.0060	3.626	0.0057	16.057	0.0061	2.485	0.0052	4.968	0.0058
0.313	0.0049	0.060	0.0049	0.953	0.0046	0.184	0.0049	0.925	0.0048	0.662	0.0047	0.177	0.0048	4.680	0.0043	1.657	0.0046	14.597	0.0043	2.184	0.0041	3.500	0.0042
0.250	0.0034	0.060	0.0034	0.112	0.0035	0.092	0.0034	0.462	0.0034	0.379	0.0034	0.106	0.0034	3.814	0.0030	0.622	0.0034	13.137	0.0030	2.034	0.0029	3.162	0.0030
0.188	0.0014	0.060	0.0014	0.056	0.0015	0.092	0.0014	0.185	0.0014	0.189	0.0014	0.035	0.0014	3.294	0.0013	0.207	0.0014	10.948	0.0013	1.657	0.0012	2.823	0.0013

Fuente: Elaboración Propia

➤ **CLASIFICACIÓN UNIFICADA Y AASHTO DE SUELOS**

**TABLA 19**  
**CLASIFICACIÓN DE SUELOS, PARQUE URBANO CENTRAL - VIACHA**

Nº POZO	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
		UNIFICADA	
P1	1.60	GW - GC	Grava bien graduada con arcilla y arena
P2	1.60	GW - GM	Grava bien graduada con limo y arena
P3	1.50	GW - GC	Grava bien graduada con arcilla y arena
P4	1.40	GP - GM	Grava pobremente graduada con limo y arena
P5	1.40	GW - GC	Grava bien graduada con arcilla y arena
P6	1.40	GP - GC	Grava pobremente graduada con arcilla y arena
P7	1.20	GW	Grava bien graduada
P8	1.40	GC	Grava arcillosa
P9	1.40	GP - GC	Grava pobremente graduada con arcilla y arena
P10	1.50	CL - ML	Arcilla con limo y arena muy fina
P11	1.45	GW - GC	Grava bien graduada con arcilla y arena
P12	1.50	GP - GM	Grava pobremente graduada con limo y arena

Nº POZO	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
		AASHTO	
P1	1.60	A - 2 - 4	Grava y arena arcillosa o limosa
P2	1.60		
P3	1.50		
P4	1.40		
P5	1.40		
P6	1.40	A - 2 - 6	Grava y arena arcillosa o limosa
P7	1.20	A - 2 - 4	Grava y arena arcillosa o limosa
P8	1.40	A - 2 - 4	
P9	1.40	A - 2 - 6	Grava y arena arcillosa o limosa
P10	1.50	A - 4	Suelo limoso
P11	1.45	A - 2 - 6	Grava y arena arcillosa o limosa
P12	1.50	A - 2 - 4	Grava y arena arcillosa o limosa

Fuente: Elaboración Propia

## ➤ ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR “S.P.T.”

**TABLA 20**  
ENSAYO DE S.P.T., PARQUE URBANO CENTRAL – VIACHA

Nº POZO	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN	Nº DE GOLPES	TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )
		UNIFICADA		
P1	1.60	GW - GC	16.00	2.00
P2	1.60	GW - GM	12.00	1.75
P3	1.50	GW - GC	27.00	2.75
P4	1.40	GP - GM	16.00	1.40
P5	1.40	GW - GC	26.00	2.70
P6	1.40	GP - GC	22.00	2.40
P7	1.20	GW	22.00	2.50
P8	1.40	GC	6.00	0.85
P9	1.40	GP - GC	14.00	1.35
P10	1.50	CL - ML	18.00	0.70
P11	1.45	GW - GC	20.00	2.35
P12	1.50	GP - GM	36.00	2.40

Fuente: Elaboración Propia

Tensión Máxima: 2.75 Kg/cm<sup>2</sup> Pozo Nº 3  
 Tensión Mínima: 0.70 Kg/cm<sup>2</sup> Pozo Nº 10

## ➤ ENSAYO DE DENSIDAD EN SITIO (CONO Y ARENA)

**TABLA 21**  
 ENSAYO DE DENSIDAD EN SITIO, PARQUE URBANO CENTRAL – VIACHA

Nº POZO	DENSIDAD SECA (Kg/dm <sup>3</sup> )	DENSIDAD MÁXIMA (Kg/dm <sup>3</sup> )	GRADO DE COMPACTACIÓN %
P3	2.02	2.29	88.14
P4	2.01	2.29	87.82
P6	2.08	2.31	89.93
P9	2.07	2.30	90.09
P10	1.54	1.96	78.51

Fuente: Elaboración Propia

## ➤ ENSAYO DE COMPACTACIÓN

**TABLA 22**  
 ENSAYO DE COMPACTACIÓN, PARQUE URBANO CENTRAL – VIACHA

Nº POZO	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	DENSIDAD MÁXIMA (Kg/dm <sup>3</sup> )
P3	5.79	2.29
P4	5.87	2.29
P6	5.69	2.31
P9	6.74	2.30
P10	7.99	1.96

Fuente: Elaboración Propia

➤ **ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA “CBR”**

**TABLA 23**  
ENSAYO DE CBR, PARQUE URBANO CENTRAL – VIACHA

Nº POZO	%	CBR
P3	95,00	100,00
P4	95,00	91,00
P6	95,00	95,20
P9	95,00	94,00
P10	95,00	2,74

Fuente: Elaboración Propia

➤ **ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO**

**TABLA 25**  
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO, PARQUE URBANO CENTRAL – VIACHA

Nº POZO	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN UNIFICADA	PESO ESPECÍFICO
P1	1.60	GW - GC	2.695
P6	1.40	GP - GC	2.687
P12	1.50	GP - GM	2.645

Fuente: Elaboración Propia

➤ ENSAYO DE DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS

**TABLA 26**  
ENSAYO DE DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS, PARQUE URBANO CENTRAL – VIACHA

Nº POZO	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN UNIFICADA	RELACIÓN DE VACIOS $e$	SATURACIÓN %	POROSIDAD $n$	DENSIDAD SUELO HUMEDO (gr/cm <sup>3</sup> )
P1	1,60	GW - GC	0,23	37,55	0,28	2,328
P6	1,40	GP - GC	0,21	42,00	0,26	2,340
P12	1,50	GP - GM	0,32	48,00	0,34	2,338

Fuente: Elaboración Propia

➤ ENSAYO DE CORTE DIRECTO

**TABLA 27**  
ENSAYO DE CORTE DIRECTO, PARQUE URBANO CENTRAL – VIACHA

Nº POZO	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN UNIFICADA	COHESIÓN "c" (Kg/cm <sup>2</sup> )	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA $\phi$ (°)
P1	1,60	GW - GC	0,47	43,23
P6	1,40	GP - GC	0,49	40,03
P12	1,50	GP - GM	0,48	40,04

Fuente: Elaboración Propia

## 4.3 PLANILLA RESUMEN DE ENSAYOS

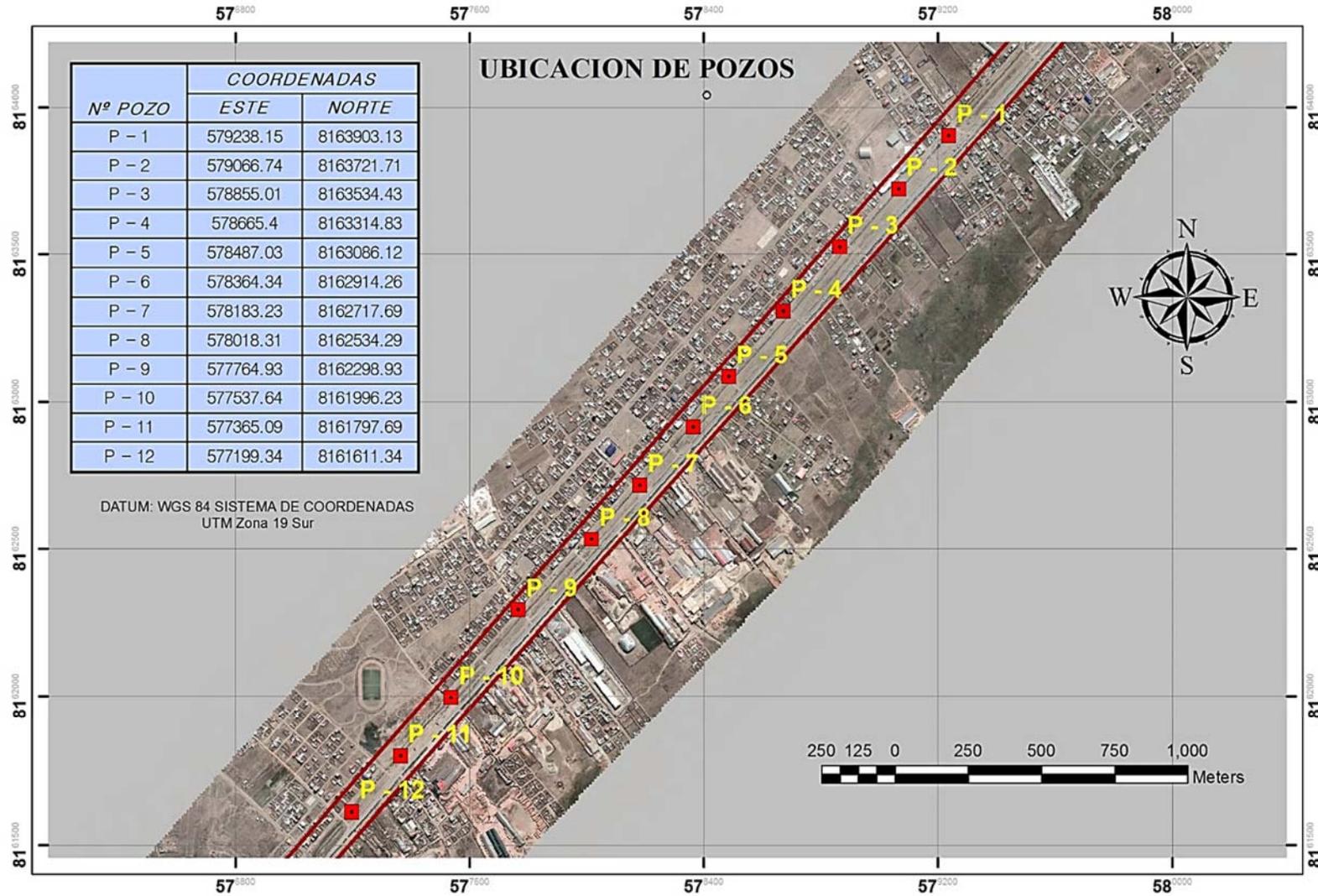
**TABLA 28**  
**PLANILLA RESUMEN DE ENSAYOS POR POZO, PARQUE URBANO CENTRAL – VIACHA**

Nº POZO	PROF. (m)	HUMEDAD NATURAL	GRANULOMETRÍA (% QUE PASA)									LÍMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACIÓN		Nº DE GOLPES	TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )
			2"	1 1/2"	1"	3/4"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº200	L.L.	L.P.	I.P.	UNIFICADA	DESCRIPCIÓN		
P1	1.60	5.75	91.3	89.1	75.9	68.3	51.6	37.5	21.2	10.7	6.2	21.68	13.14	8.54	GW - GC	Grava bien graduada con arcilla y arena	16.00	2.00
P2	1.60	3.38	93.8	93.8	86.8	80.7	59.8	45	34.6	18.6	6	—	N.P.	N.P.	GW - GM	Grava bien graduada con limo y arena	12.00	1.75
P3	1.50	6.27	92.5	92.5	79.9	70.8	52.5	37.2	20.9	8.3	5.5	21.90	13.47	8.43	GW - GC	Grava bien graduada con arcilla y arena	27.00	2.75
P4	1.40	6.57	93.4	84.7	76.5	71.8	54.8	40.1	24.7	14.6	9.2	—	N.P.	N.P.	GP - GM	Grava pobremente graduada con limo y arena	16.00	1.40
P5	1.40	8.08	100	95.4	89	84.1	63.3	48.4	36.1	15.6	9.4	20.60	13.38	7.22	GW - GC	Grava bien graduada con arcilla y arena	26.00	2.70
P6	1.40	8.92	100	100	86.5	78.4	54.2	35.7	22.4	12.8	9.1	30.26	15.15	15.11	GP - GC	Grava pobremente graduada con arcilla y arena	22.00	2.40
P7	1.20	6.37	100	91.9	82.1	73.1	52.5	34.9	20.1	5.9	3.5	23.96	14.14	9.82	GW	Grava bien graduada	22.00	2.50
P8	1.40	6.74	100	97.6	87.8	81.1	60.3	43.3	31.7	24.8	17.3	21.27	13.14	8.13	GC	Grava arcillosa	6.00	0.85
P9	1.40	6.73	100	100	88.8	83.6	66.3	49.6	32.3	15.4	10.2	27.78	12.94	14.84	GP - GC	Grava pobremente graduada con arcilla y arena	14.00	1.35
P10	1.50	16.45	100	100	100	100	99.8	99.6	99.2	97.4	74.2	21.75	15.18	6.57	CL - ML	Arcilla con limo y arena muy fina	18.00	0.70
P11	1.45	9.68	100	100	96	93.1	74.3	56.2	39.7	20.2	11.3	29.22	13.49	15.73	GW - GC	Grava bien graduada con arcilla y arena	20.00	2.35
P12	1.50	6.44	100	100	91.8	74.7	46.7	32.3	23.3	18.8	7.5	—	N.P.	N.P.	GP - GM	Grava pobremente graduada con limo y arena	36.00	2.40

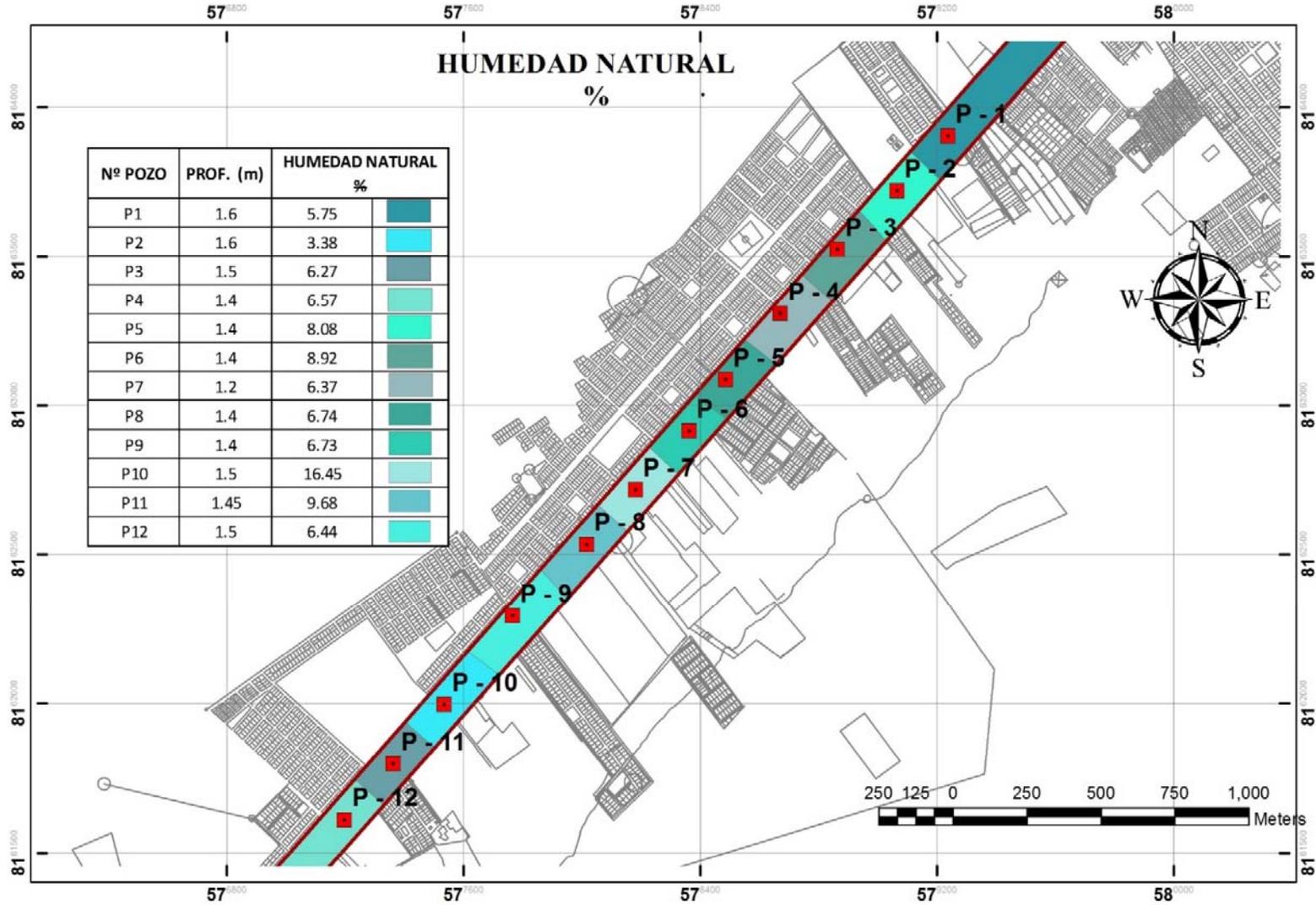
Fuente: Elaboración Propia

4.4 RESUMEN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS GEOTÉCNICOS – PARQUE URBANO CENTRAL

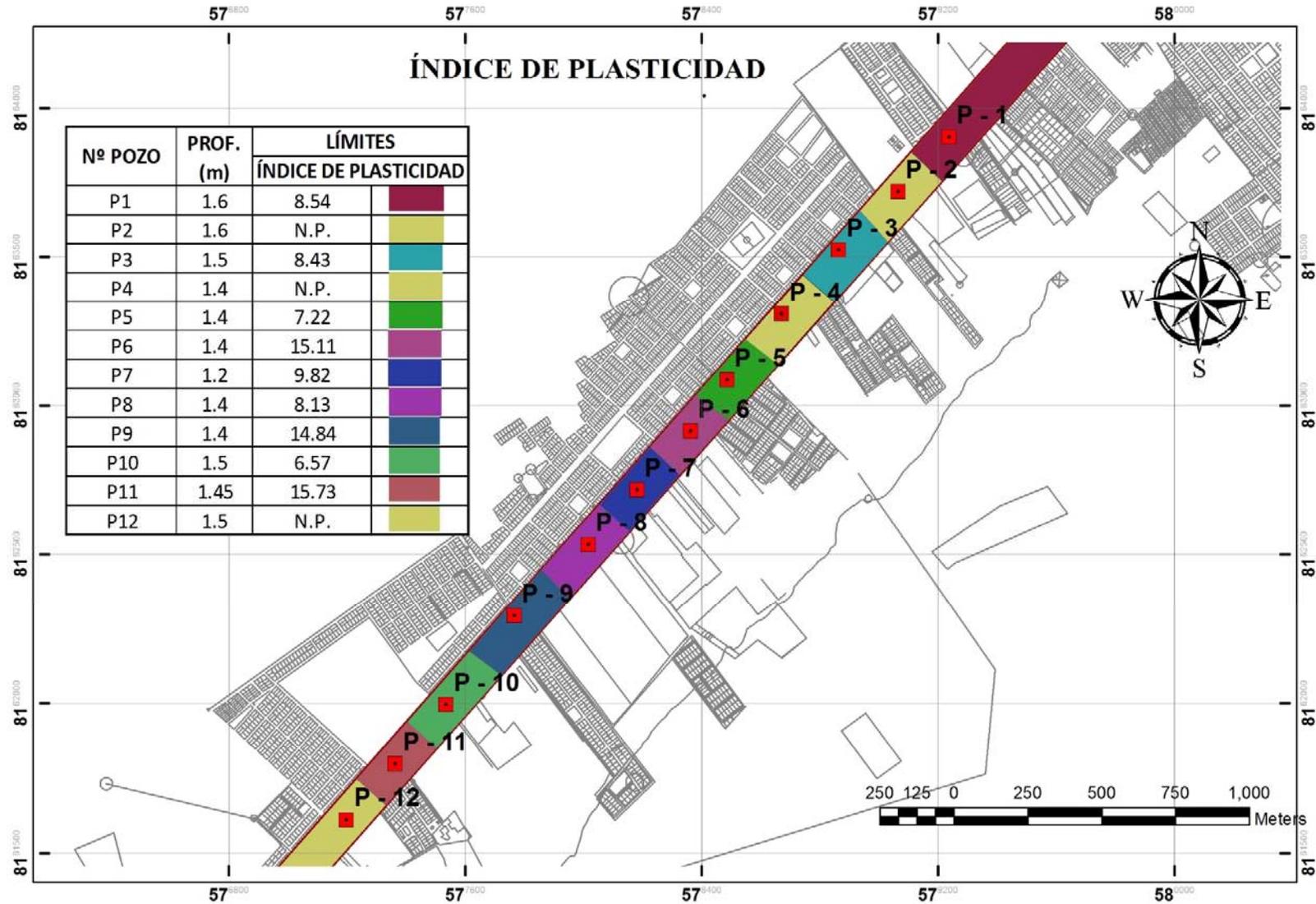
FIGURA F30 UBICACIÓN DEL PARQUE URBANO CENTRAL DEL DISTRITO 6 – MUNICIPIO DE VIACHA  
Fuente: Elaboración Propia



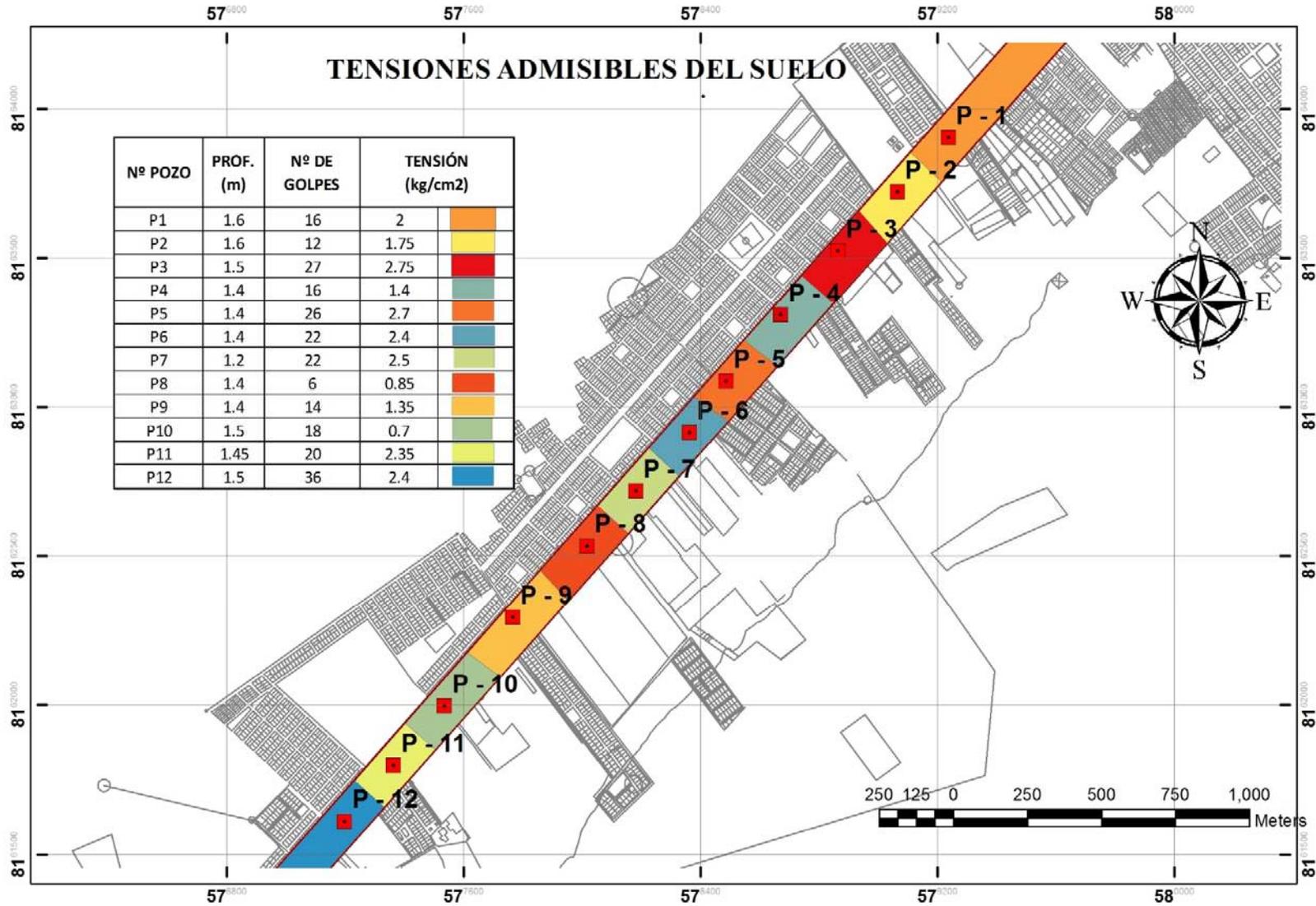
**FIGURA F31** DISTRIBUCIÓN GRÁFICA DE HUMEDADES – PARQUE URBANO CENTRAL, DISTRITO 6  
 Fuente: Elaboración Propia



**FIGURA F32** DISTRIBUCIÓN GRÁFICA DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD – PARQUE URBANO CENTRAL, DISTRITO 6  
 Fuente: Elaboración Propia



**FIGURA F33** DISTRIBUCIÓN GRÁFICA DE TENSIONES ADMISIBLES DEL SUELO – PARQUE URBANO CENTRAL, DISTRITO 6  
 Fuente: Elaboración Propia



**4.5 MAPEO GEOTÉCNICO – PARQUE URBANO CENTRAL, DISTRITO 6 – MUNICIPIO DE VIACHA**

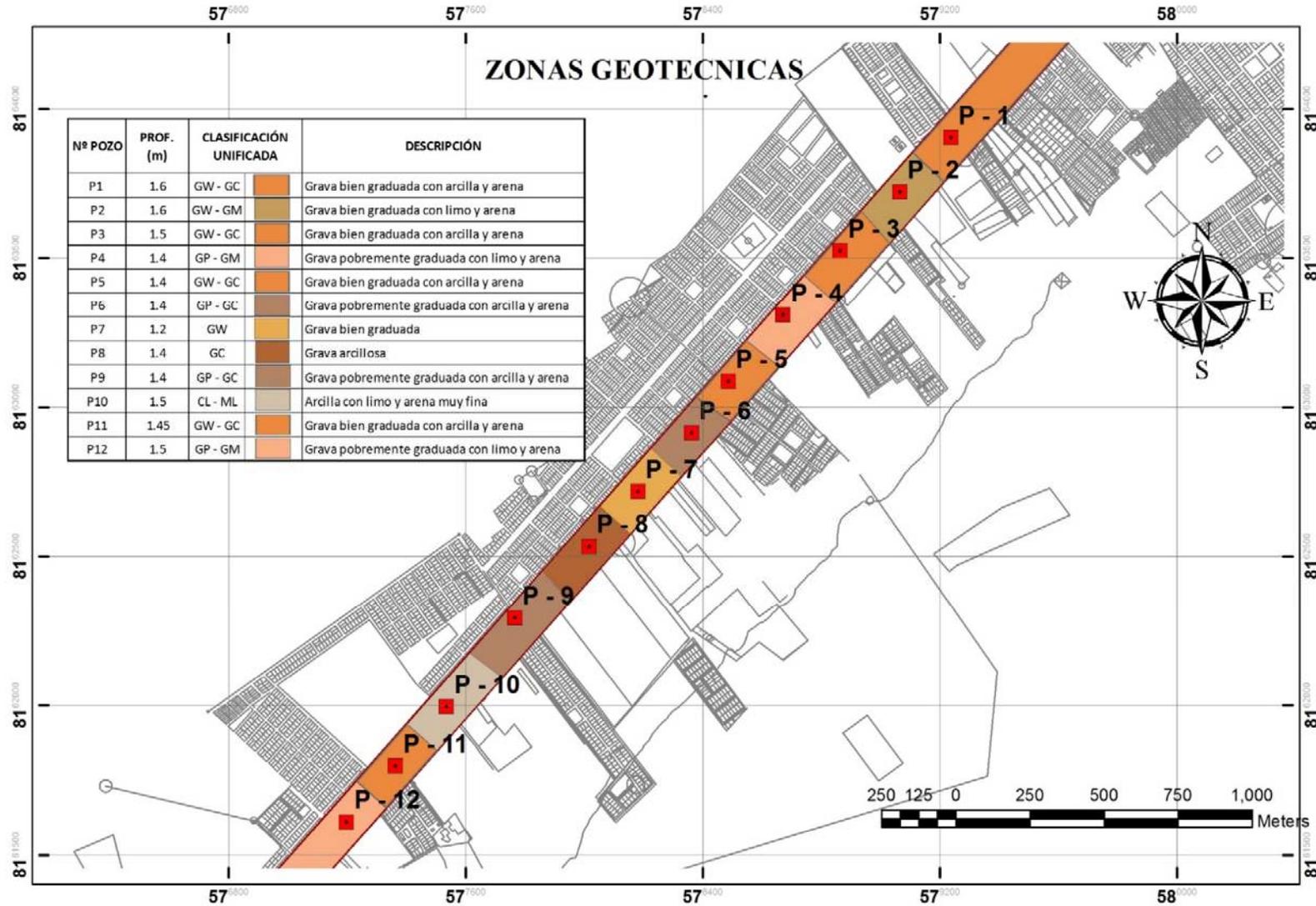
**TABLA 29**  
 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS POR ZONA, PARQUE URBANO CENTRAL – VIACHA

ZONA	Nº POZO	PROF. (m)	HUMEDAD NATURAL	LÍMITES DE ATTERBERG			TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIFICACIÓN	
				L.L.	L.P.	I.P.		UNIFICADA	DESCRIPCIÓN
I	P1	1,60	5,75	21,68	13,14	8,54	2,00	GW - GC	Grava bien graduada con arcilla y arena
	P3	1,50	6,27	21,90	13,47	8,43	2,75		
	P5	1,40	8,08	20,60	13,38	7,22	2,70		
	P11	1,45	9,68	29,22	13,49	15,73	2,35		
II	P2	1,60	3,38	—	N.P.	N.P.	1,75	GW - GM	Grava bien graduada con limo y arena
III	P4	1,40	6,57	—	N.P.	N.P.	1,40	GP - GM	Grava pobremente graduada con limo y arena
	P12	1,50	6,44	—	N.P.	N.P.	2,40		
IV	P6	1,40	8,92	30,26	15,15	15,11	2,40	GP - GC	Grava pobremente graduada con arcilla y arena
	P9	1,40	6,73	27,78	12,94	14,84	1,35		
V	P7	1,20	6,37	23,96	14,14	9,82	2,50	GW	Grava bien graduada
VI	P8	1,40	6,74	21,27	13,14	8,13	0,85	GC	Grava arcillosa
VII	P10	1,50	16,45	21,75	15,18	6,57	0,70	CL - ML	Arcilla con limo y arena muy fina

Fuente: Elaboración Propia

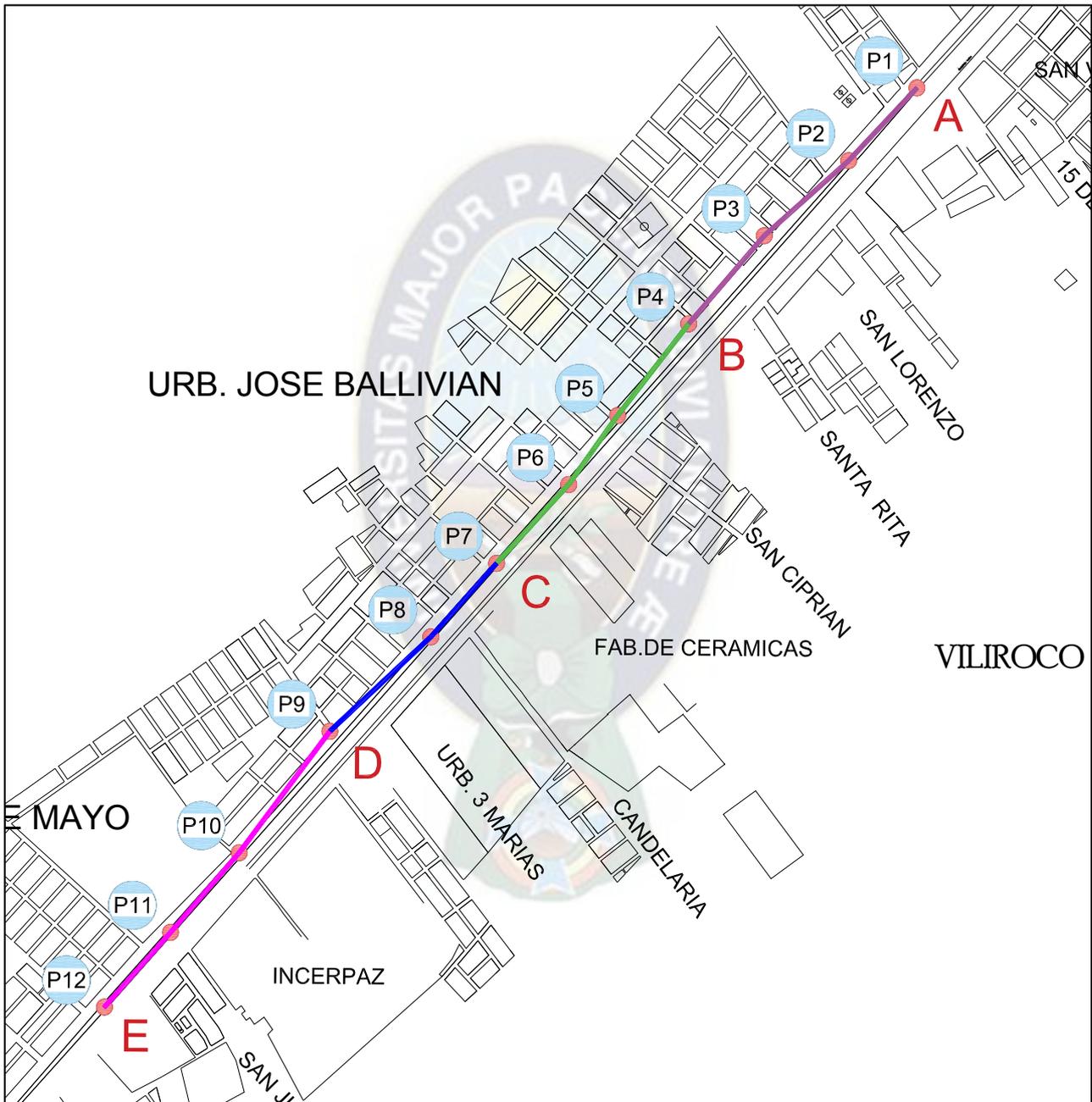
**FIGURA F34** ZONAS GEOTÉCNICAS – PARQUE URBANO CENTRAL, DISTRITO 6

Fuente: Elaboración Propia

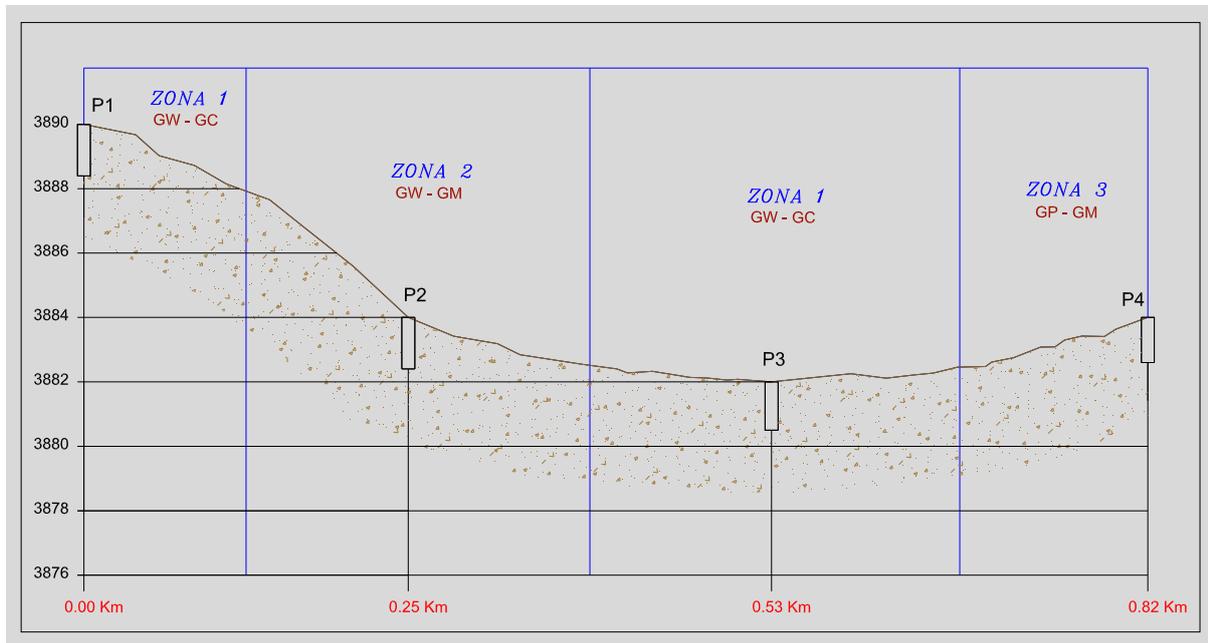


### 4.6 PERFIL LONGITUDINAL DE CORRELACIÓN

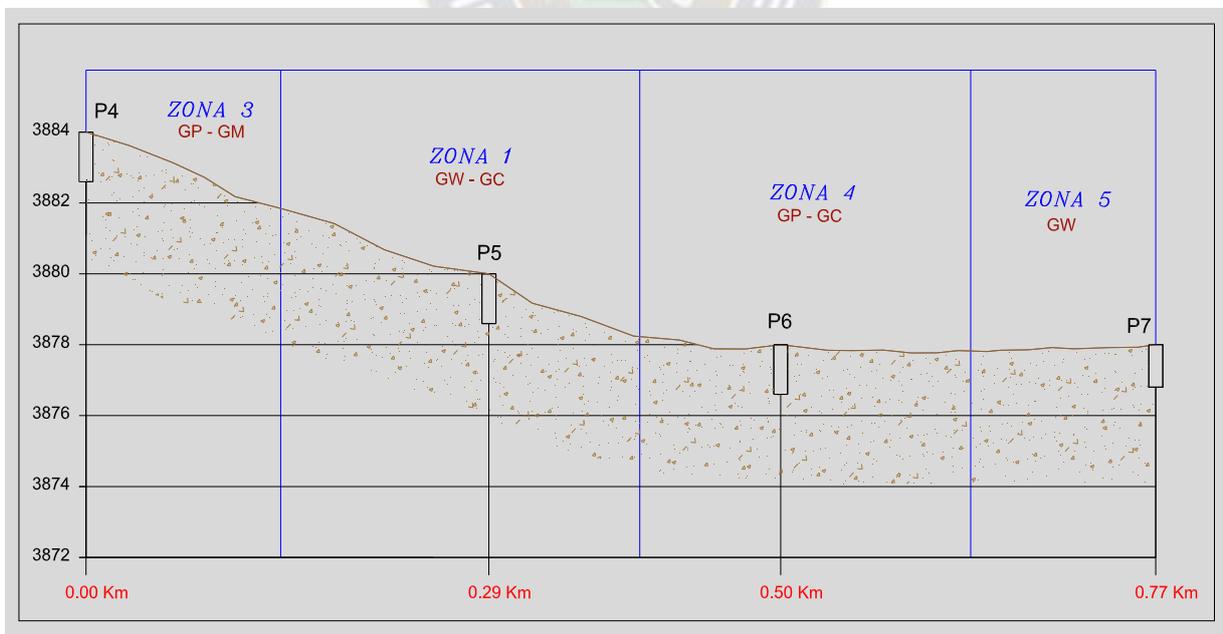
**FIGURA F35** PERFIL LONGITUDINAL DE CORRELACIÓN – PARQUE URBANO CENTRAL, DISTRITO 6  
 Fuente: Elaboración Propia



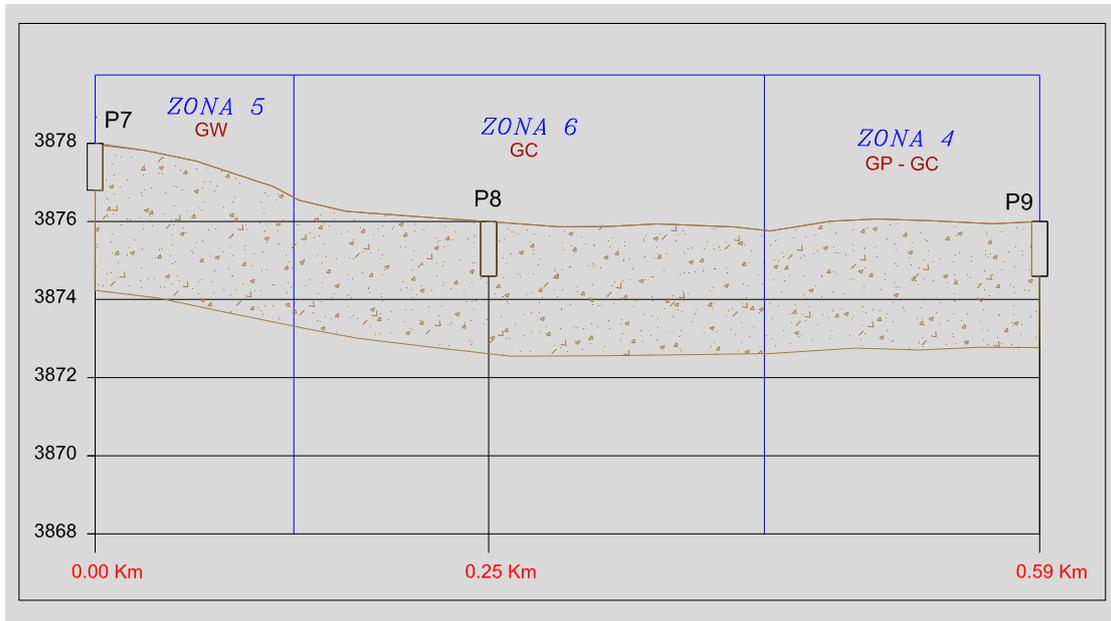
**FIGURA F36** PERFIL LONGITUDINAL DE CORRELACIÓN – SECCIÓN “A – B”  
 Fuente: Elaboración Propia



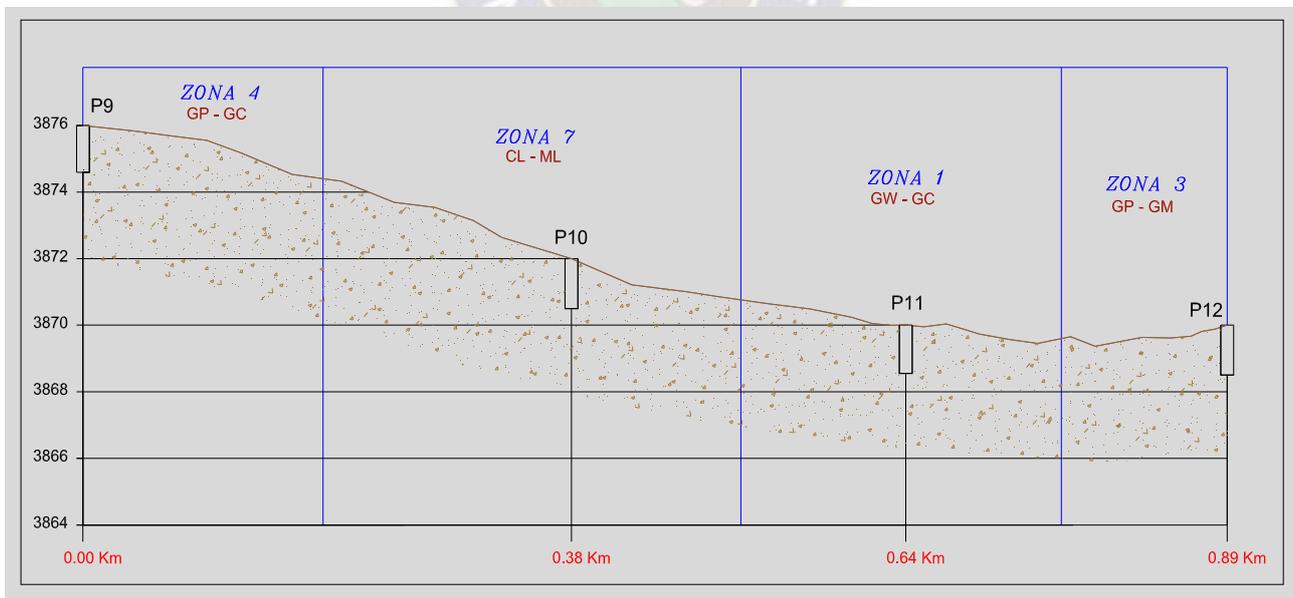
**FIGURA F37** PERFIL LONGITUDINAL DE CORRELACIÓN – SECCIÓN “B – C”  
 Fuente: Elaboración Propia



**FIGURA F38** PERFIL LONGITUDINAL DE CORRELACIÓN – SECCIÓN “C – D”  
Fuente: Elaboración Propia



**FIGURA F39** PERFIL LONGITUDINAL DE CORRELACIÓN – SECCIÓN “D – E”  
Fuente: Elaboración Propia



## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- a) El terreno donde se encuentra el objeto de nuestro estudio se halla sobre un suelo que corresponde a un depósito fluvio-glacial, constituidas por materiales lacustrinos no consolidados de origen sedimentario, como arcillas y limos, aunque también es normal encontrar material más grueso, como arenas y gravas.
- b) En el sector se evidencia la presencia de unidades geológicas de origen fluvial, glacial y sectores de relleno artificial.
- c) La topografía de lo que constituirá el Parque presenta cierta horizontalidad en algunos sectores y una inclinación más pronunciada en otros con una elevación comprendida entre cotas 3870 y 3890 m.s.n.m.
- d) Se evidencia la presencia de capa vegetal en el sector.
- e) Según la Clasificación Unificada de Suelos (S.U.C.S.), se observó la presencia preponderante de material gravoso, juntamente, aunque en menor medida material arenoso seguido de material arcilloso y por último limo, clasificado de la siguiente manera:

✓ GW – GC	Grava bien graduada con arcilla y arena ( en cuatro pozos)
✓ GW – GM	Grava bien graduada con limo y arena (en un pozo)
✓ GP – GM	Grava pobremente graduada con limo y arena (en dos pozos)
✓ GP – GC	Grava pobremente graduada con arcilla y arena (en dos pozos)
✓ GW	Grava bien graduada ( en un pozo)
✓ GC	Grava arcillosa (en un pozo)
✓ CL – ML	Arcilla con limo y arena muy fina (en un pozo)

f) En función a los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos, en todos los pozos, tenemos los siguientes porcentajes de materiales:

Grava: 43.82 % a 67.67 %

Arena: 24.83 % a 44.90 %

Finos: 3.50 % a 17.28 %

g) De acuerdo a la clasificación de suelos por el método AASHTO tenemos tres tipos de suelo:

- ✓ A - 2 - 4 Grava y arena arcillosa o limosa (en ocho pozos)
- ✓ A - 2 - 6 Grava y arena arcillosa o limosa (en tres pozos)
- ✓ A - 4 Suelo limoso (en un pozo)

h) Se obtuvo muestras de pozos ubicados en sectores que son prolongaciones de avenidas principales, los cuales se prevé que comuniquen con ingresos al parque urbano central, analizando el CBR de cuatro de ellos, vemos que cumplen con lo establecido en el Manual de Ensayos y Materiales de Suelos de la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras) que indica el material para sub base deberá tener un CBR mayor o igual a 40% y mayor o igual a 80% en el caso de capa base, constituyendo un material apto para la construcción de las vías. Pero uno de ellos no cumple lo anterior mencionado por ser un sector de relleno artificial, con gran presencia de finos.

- ✓ P - 3 CBR 100 %
- ✓ P - 4 CBR 91 %
- ✓ P - 6 CBR 95.2 %
- ✓ P - 9 CBR 94 %

i) En lo referente a la plasticidad del sector, y tomando en cuenta los resultados obtenidos en los ensayos realizados de los pozos, podemos establecer que los materiales presentes en el subsuelo están aglomerados mediante un matrix arcilloso y/o limoso, con un índice de plasticidad que varía de NP (no plástico) a 15.73%. Con respecto al límite líquido, estos se encuentran comprendidos entre 20.60% y 30.26%, lo que indica que se trata de suelos con baja plasticidad.

j) En función a la clasificación y características de los suelos, podemos establecer los siguientes aspectos:

**TABLA 30**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS, PARQUE URBANO CENTRAL – VIACHA**

CLASIFICACIÓN UNIFICADA	CAPACIDAD DE CARGA	RIESGO DE ASIENTOS	MODIFICACIÓN DE RESISTENCIA POR CAMBIOS DE HUMEDAD	COMPACTABILIDAD	CAPACIDAD DE DRENAJE
GW - GC	Alta	Bajo	Baja	Buena	Aceptable
GW - GM	Alta	Bajo	Baja	Buena	Aceptable
GP - GM	Alta	Bajo	Baja	Buena a media	Aceptable
GP - GC	Alta	Bajo	Baja	Buena a media	Aceptable
GW	Muy Alta	Muy bajo	Muy baja	Muy buena	Excelente
GC	Alta	Bajo	Baja a media	Buena a media	Mala a impermeable
CL - ML	Baja	Medio	Media a alta	Mala	Mala casi impermeable

Fuente: Elaboración Propia

k) En la mayoría de los pozos no se evidencio la presencia de agua en la profundidad excavada, salvo en los pozos P5, P6, P7 y P11 donde se advirtió la existencia de nivel freático.

l) Con respecto al contenido de humedad, en los pozos que no presentan nivel freático, se tiene una humedad comprendida en el rango de 3.38% a 6.74%. Y en los pozos con nivel freático se tiene una humedad comprendida entre 6.37% a 9.68%, cabe hacer notar que se tiene una humedad de 16.45% en el pozo P10, pero no es tan representativo al ser el sector un relleno artificial.

m) La saturación en función al rango de humedades, está comprendida entre 37.55% y 48.00%.

n) Con respecto al ensayo de SPT podemos indicar que en el sector se presentan valores de tensiones con poca variación en la mayor parte de estos (10 pozos), teniendo un rango entre 1.35 a 2.75 kg/cm<sup>2</sup>, considerados como de buena capacidad, y dos pozos en los que tenemos resultados de la capacidad portante bajo.

**TABLA 31**  
CAPACIDAD PORTANTE DEL LOS POZOS

POZO	TENSION OBTENIDA Kg/cm <sup>2</sup>	RANGO DE TENSION Kg/cm <sup>2</sup>	DESCRIPCIÓN
P1	2.00	1.0 a 2.0	Compacta
P2	1.75		
P4	1.40		
P9	1.35		
P3	2.75	2.0 a 4.0	Muy compacta
P5	2.70		
P6	2.40		
P7	2.50		
P11	2.35		
P12	2.40	0.5 a 1.0	Media
P8	0.85		
P10	0.70		

Fuente: Elaboración Propia

- o) El ensayo de peso específico nos da los valores que están en el rango de 2.645 a 2.695, que corresponden a suelos gravo-arenosos con presencia de finos limosos y/o arcillosos.
- p) La densidad del suelo húmedo está en el rango de 2.33 a 2.34 gr/cm<sup>3</sup>, así mismo la densidad del suelo seco esta entre 2.21 a 2.23 gr/cm<sup>3</sup>, lo que nos indica que la densidad del suelo en el sector del proyecto puede asumirse como media.
- q) Debido a que el suelo en el sector de estudio está constituido por un tipo de suelo gravoso y arenoso en su mayor parte, tenemos que el ángulo de fricción interna varia de 40.03° a 43.23° en estado de saturación natural, por lo que se encuentra dentro de un rango optimo, concluyéndose que este suelo es estable y menos propenso a deslizamientos.

**TABLA 32**  
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA

TIPO DE SUELO	Ø (grados)
Arena: Granos angulares	
Suelta	30 - 35
Media	35 - 40
Densa	40 - 45
Grava con algo de arena	34 - 48
Arcillas consolidadas	2,70
Limos	2,40

Fuente: Braja M. Das, 2001

- r) La zona de estudio, el Parque Urbano central del Distrito 6 de Viacha, presenta siete zonas Geotécnicas, las cuales se clasificaron tomando en cuenta la Clasificación Unificada (S.U.C.S.), con predominancia de material gravoso y arena, además de arcilla y limo en menor proporción.
- s) La caracterización presentada no representa una propuesta definitiva y debe ser complementado con estudios y actualizaciones de datos, que deberá ser realizado por las instancias competentes para tal efecto, la Sub Alcaldía del Distrito 6 de la ciudad de Viacha.
- t) A lo largo del parque urbano central se tiene previsto construir diversas infraestructuras destinadas al esparcimiento, juegos mecánicos para niños, sectores de comida, estacionamientos, etc., por lo que se deberá tener el cuidado respectivo para realizar la construcción de estas estructuras, complementando con estudios de suelos más puntuales, para determinar las características físico-mecánica del suelo en los sectores destinados para tal efecto.
- u) Además de infraestructura se tiene previsto la construcción de avenidas pavimentadas que conecten sectores del parque con vías principales e inclusive con la carretera que une a la ciudad de Viacha con la ciudad de El Alto, los pozos P3, P4, P6 y P9 pertenecen a ingresos a avenidas principales teniéndose según al análisis echo, un material gravoso-arenoso en un mayor porcentaje y de características adecuadas para la implementación de las vías.
- v) La caracterización geotécnica permitirá a la Sub Alcaldía del Distrito 6 de Viacha tener una base que permitirá hacer un correcto uso de los suelos, de manera de coadyuvar a la planificación del crecimiento urbano, en el diseño y mejoramiento de las vías, implementación de alcantarillado sanitario y pluvial así también la construcción de viviendas y otra infraestructura.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- a) Tomando en cuenta las características geológicas, geotécnicas del subsuelo, se sugiere adoptar una cota de fundación de 1 a 1.5 metros de profundidad para edificaciones de distinta índole, pero teniendo el cuidado de realizar los respectivos ensayos para verificar de manera puntual las condiciones del suelo utilizado, de manera de garantizar la seguridad de la obra. Más aun cuando se trate de estructuras de envergadura y complejidad.
- b) Se deberá considerar, si las condiciones lo requieren, cambios de material para fines constructivos y mejorar las condiciones del subsuelo. También se recomienda usar un tipo de cimentación, que puede ser directa, tipo zapata aislada o en otro caso, fundaciones de zapatas aisladas con vigas de arriostre ortogonales.

- c) En referencia a los trabajos futuros en las avenidas y calles principales que comunican con el parque urbano, se deberá realizar estudios actuales y complementarios a fin de evaluar con certeza el tipo de material y si este puede ser utilizado para la conformación de las diferentes capas que forman la infraestructura vial.
- d) Se sugiere considerar el uso de métodos empíricos para estimar y considerar problemas de asentamientos en suelos de tipo granular, por el tipo de suelo que se presenta en el sector, pudiendo tomar como referencia a los propuestos por Meyerhof, Skempton, Terzagui y Peck, etc.
- e) Durante la implementación de sistemas de alcantarillado y agua en el sector se deberá contar con la protección debida de zanjas, que dependerá de la profundidad y características del terreno, como ser entibados, además de prever el nivel freático alto que se presenta en algunos sectores del parque urbano.
- f) Se deberá considerar la implementación de políticas ambientales de manera de evitar rellenos de basura y depósitos de escombros, a fin de evitar problemas en momentos de construir y en lo referente a la salud.
- g) Se entregará este documento al Municipio de Viacha mediante la carrera de Ingeniería Civil para su utilización por el personal competente de la Sub Alcaldía del Distrito 6, como una referencia para una mejor disposición y uso del suelo, claro está debiéndose complementar con una actualización y verificación de la calidad del suelo en los sectores destinados a proyectos del parque, de igual manera a través del software ARCGIS, se dispondrá de una consulta de los parámetros geotécnicos del sector estudiado.

## BIBLIOGRAFÍA

- [A-1] APUNTES DE CLASE DE SUELOS I Y II
- [A-2] APUNTES PROCTOR ESTÁNDAR Y MODIFICADO, Civilgeeks.com,2016.  
<<https://civilgeeks.com/2015/07/23/apuntes-sobre-la-diferencia-entre-proctor-estandar-y-modificado/>>
- [B-1] BRAJA M. Das. Fundamentos de Ingeniería geotécnica, 2015.
- [B-2] BIOESCUELA, Tipos de Suelo  
<<http://www.bioescuela.org.ar/1-6-1-tipos-de-suelo/?print=print>>
- [C-1] CRESPO Villalaz Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones (Quinta Edición), 2004.
- [C-2] APUNTES DEL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS  
<<https://civilgeeks.com/2015/07/11/apuntes-del-sistema-unificado-de-clasificacion-de-suelos-s-u-c-s/>>
- [C-3] CONTENIDO DE HUMEDAD, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.2013  
<<https://www.youtube.com/watch?v=XrwWi07MzAI>>
- [D-1] DEFINICION DE GEOLOGÍA  
<<https://definicion.de/geologia/>>
- [D-2] DELGADO Martin Jordi. Prácticas de Geología, mapas Geológicos y Problemas, 2010.
- [D-3] PEREZ Porto Julián, Gardey Ana, DEFINICIÓN DE GEOTÉCNIA,2019.  
<<https://definicion.de/geotecnia/> >
- [D-4] DUQUE Escobar Gonzalo, Escobar Potes Carlos Enrique, ORIGEN FORMACIÓN Y CONSTITUCIÓN DEL SUELO-GEOMECÁNICA PARA INGENIEROS, Universidad Nacional de Colombia [PDF], 2016.  
<<http://bdigital.unal.edu.co/53252/85/introduccion.pdf>>
- [E-1] ESTUDIO DE SUELOS EN LA CONSTRUCCION  
< <https://arquigrafico.com/estudio-de-suelos-en-la-construccion-para-evitar-desplomes-en-los-edificios/>>
- [E-2] ESTABILIDAD DE TALUDES.  
<<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/09/estabilidad-de-taludes.pdf>>
- [E-3] ESTUDIOS GEOTECNICOS UNA NECESIDAD EN LAS OBRAS CIVILES  
<[http://www.academia.edu/1424825/Estudios\\_geot%C3%A9cnicos\\_Una\\_necesidad\\_en\\_obras\\_civiles](http://www.academia.edu/1424825/Estudios_geot%C3%A9cnicos_Una_necesidad_en_obras_civiles)>
- [E-4] EL INGENIERO CIVIL, Mecánica de Suelos, Ensayo del Hidrómetro,2008  
<<http://ingciv-sandrus.blogspot.com/2008/05/mecnica-de-suelos-ensayo-del-hidrometro.html>>
- [E-5] ESTUDIO DE ESTABILIDAD ALTO DE MISAEL, Ensayo de Corte Directo, Universidad de Antioquia, Colombia.

- <<https://sites.google.com/site/estabilidadaltodemisael/localizacion>>
- [E-6] ENSAYO DE CORTE DIRECTO, Instituto de Estructuras y Transporte, Facultad de Ingeniería, Uruguay, 2018.  
<<https://www.fing.edu.uy/iet/departamentos/depto-de-ingenier%C3%ADa-geot%C3%A9cnica/laboratorio-ensayos-geotecnicos/ensayo-de-corte-dir>>
  - [F-1] FRATELLI María Graciela. Suelos, Fundaciones y Muros, 1993.
  - [F-2] FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIO ECONÓMICO Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL, GRUPO SACSA. Propiedades de los Suelos, 2015.  
<<http://www.gruposacsa.com.mx/caracteristicas-del-suelo-arcilloso/>>
  - [F-3] FERNANDEZ Estecche Scarlet. ¿Cuál es la composición del suelo?, 2017.  
<<https://www.lifeder.com/composicion-del-suelo/>>
  - [G-1] GUIA DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNIA, Víctor Eduardo Bermejo Franco, Luis Pacosillo Ticona, IEM UMSA, 2013.
  - [G-2] PROBLEMÁTICA ASOCIADA A INESTABILIDADES EN TALUDES ROCOSOS, GEOSCAN, Consultoría Geológica, 2014.  
<<http://geoscan.es/problematika-asociada-a-inestabilidades-en-taludes-rocosos-del-bajo-aragon/>>
  - [I-1] IGLESIAS Celso. Mecánica del Suelo, 1997.
  - [I-2] IMPORTANCIA DEL ESTUDIO GEOTECNICO EN LA SEGURIDAD  
<<http://www.icoq.es/egeo/?p=196>>
  - [I-3] IMPORTANCIA DE LA GEOLOGÍA EN LA INGENIERIA CIVIL  
<[http://www.academia.edu/9493578/Importancia\\_De\\_La\\_Geolog%C3%ADa\\_En\\_La\\_Ingenier%C3%ADa\\_Civil](http://www.academia.edu/9493578/Importancia_De_La_Geolog%C3%ADa_En_La_Ingenier%C3%ADa_Civil)>
  - [I-4] INFORME, CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASTHO Y SUCS, TILACINO TWS  
<[https://kupdf.net/download/informe-clasificacion-de-suelos-aashto-y-sucs\\_59e358bd08bbc5c949e653fd\\_pdf](https://kupdf.net/download/informe-clasificacion-de-suelos-aashto-y-sucs_59e358bd08bbc5c949e653fd_pdf)>
  - [J-1] JUARES Badillo. Mecánica de Suelos (TOMO 1 y TOMO 2), 2005.
  - [L-1] LA IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS  
<<http://www.geoseismic.cl/la-importancia-mecanica-suelos/>>
  - [L-2] LOS SUELOS Y SUS TIPOS  
<<http://www.monografias.com/trabajos105/suelos-y-sus-tipos/suelos-y-sus-tipos.shtml>>
  - [M-1] MAPA GEOLÓGICO DE LA COMUNIDAD DE MADRID  
<<https://studylib.es/doc/5592102/mapa-geol%C3%B3gico-de-la-comunidad-de-madrid>>
  - [M-2] MATUS Lazo Iván, Blanco Rodríguez Marvin, CLASIFICACIÓN DE SUELOS.  
<[https://www.academia.edu/27688247/CLASIFICACION%C3%93N\\_DE\\_SUELOS](https://www.academia.edu/27688247/CLASIFICACION%C3%93N_DE_SUELOS)>

- [M-3] MECÁNICA DE SUELOS, Valle de Aburra, Colombia  
<<http://mecanicadelossuelos.blogspot.com/p/analisis-mecanico-del-suelo-hidrometro.html>>
- [M-4] MANUALES TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS, ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS (ABC) [PDF].  
<[https://www.abc.gob.bo/wp-content/uploads/2018/09/manual\\_de\\_ensayos\\_y\\_materiales\\_de\\_suelos\\_abc.pdf](https://www.abc.gob.bo/wp-content/uploads/2018/09/manual_de_ensayos_y_materiales_de_suelos_abc.pdf)>
- [N-1] A.B.I.G. Norma de la Asociación Boliviana de Ingeniería Geotécnica, 2007.
- [O-1] ORIGEN Y FORMACIÓN DE LOS SUELOS, Geología Web, Geología ramas y aplicaciones  
<<https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/mecanica-de-suelos/origen-formacion-suelos/>>
- [P-1] PARA QUE SIRVE UN ESTUDIO GEOTECNICO  
<<http://e-struc.com/2014/10/01/informe-geotecnico-1-para-que-sirve-un-estudio-geotecnico/>>
- [P-2] PLAN ESTRATEGICO INSTITUCIONAL 2016-2020. Gobierno Autónomo Municipal de Viacha.
- [P-3] PLAN TERRITORIAL DE DESARROLLO INTEGRAL 2016-2020. Gobierno Autónomo Municipal de Viacha.
- [P-4] DELGADO Martín Jordi, Padilla Benítez Francisco, Barrientos Víctor. PRÁCTICAS DE GEOLOGÍA, MAPAS GEOLÓGICOS Y PROBLEMAS, Universidad La Coruña [PDF] España, octubre, 2010.  
<<https://docplayer.es/11686933-Practicas-de-geologia-mapas-geologicos-y-problemas.html>>
- [P-5] PLATAFORMA REGIONAL PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LAS AMERICAS  
<<https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea65s/ch16.htm#a.%20visi%C3%B3n%20general%20de%20os%20peligros%20geol%C3%B3gicos%20y%20el%20proceso%20de%20la%20pl>>
- [P-6] PESO ESPÉCIFIC DE SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS, La Cueva del Ingeniero Civil, 2017  
<<https://www.cuevadelcivil.com/2017/05/peso-especifico-de-suelos-cohesivos-y.html>>
- [Q-1] QUE ES, COMO SE HACE Y PARA QUE SIRVE UN ESTUDIO DE SUELO  
<<http://blog.about-haus.com/estudio-de-suelo/>>
- [Q-2] QUINCE ASPECTOS QUE DEBE INCLUIR UN ESTUDIO DE SUELOS  
<<https://www.e-ziquat.com/noticias/importancia-estudio-de-suelos/>>
- [Q-3] QUE ES UN MAPA GEOLÓGICO  
<<https://ifblueplanet.blogspot.com/2013/03/que-es-un-mapa-geologico.html>>
- [Q-4] ¿Qué ES EL CBR DE UN SUELO?, Civilgeeks.com,2012.  
<<https://civilgeeks.com/2012/08/14/que-es-el-cbr-de-un-suelo/>>
- [R-1] RODAS Valle Raúl. Carreteras, Calles y Aeropistas (Cuarta Edición), 1963.
- [R-2] RAMIREZ Carvajal Roberto. Propiedades Físicas Químicas y Biológicas de los Suelos, 1997.

- [R-3] RAMAS DE LA GEOLOGÍA  
<<http://pinwinoambiental.blogspot.com/2009/08/ramas-de-la-geologia.html>>
- [R-4] RESPUESTAS.TIPS, ¿Cuáles son los componentes del suelo?  
<<http://respuestas.tips/como-esta-compuesto-el-suelo/>>
- [S-1] SHEILA C.S.S. Prontuario características de los Terrenos y Cimentaciones Adecuadas a los mismos, [PDF] 2016.  
<[https://www.mapfrere.com/reaseguro/es/images/Prontuario-Suelos-Cimentaciones\\_tcm636-81027.pdf](https://www.mapfrere.com/reaseguro/es/images/Prontuario-Suelos-Cimentaciones_tcm636-81027.pdf)>
- [S-2] SAINZ Pascual Jorge. Estudio Geotécnico-INZAMAC Asistencias Técnicas, [PDF] 2018.  
<<https://es.slideshare.net/evinlopezgomez/curso-sobre-estudio-geotecnico>>
- [S-3] SANCHEZ Leal Freddy J. Conceptos y Aplicaciones de la Tecnología Ramcodes en Suelos y Mezclas Asfálticas, 2012.  
<<http://blogramcodes.blogspot.com/2012/08/se-puede-tener-mas-del-100-de.html>>
- [S-4] SALAZAR Jiménez. Mecánica de Suelos, 1954.
- [S-5] SISTEMA DE PLANIFICACIÓN INTEGRAL DEL ESTADO (SPIE) DE BOLIVIA  
<<http://si-spie.planificacion.gob.bo/>>
- [S-6] SERVICIOS AGROPECUARIOS DE LA COSTA, GRUPO SACSA. Propiedades de los Suelos Arenosos, 2015.  
<<http://www.gruposacsa.com.mx/propiedades-de-los-suelos-arenosos/>>
- [T-1] TALLER BÁSICO DE MECÁNICA DE SUELOS, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, [PDF] 2006.  
<[http://www.lms.uni.edu.pe/labsuelos/EXPOSICIONES/Limite%20liquido%20%20y%20plastico\\_ppt.pdf](http://www.lms.uni.edu.pe/labsuelos/EXPOSICIONES/Limite%20liquido%20%20y%20plastico_ppt.pdf)>

# ANEXOS

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO MPOR TAMIZADO**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 1
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,60m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	

DATOS DE LA MUESTRA TOTAL		
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA	5,712	gr
PESO RETENIDO TAMIZ Nº 4	3566	gr
PESO PASA TAMIZ Nº 4 HUMEDO	2,146	gr
PESO PASA TAMIZ Nº 4 SECO	2,137	gr
PESO TOTAL MUESTRA SECA	5,703	gr

DATOS DEL AGREGADO FINO		
PASA Nº 4 HUMEDO	500.0	gr
PASA Nº 4 SECO	498.0	gr

DETERMINACION DE HUMEDADES		
	NATURAL	HIGROS.
TARA Nº	10	20
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	265.18	164.28
PESO TARA + MUESTRA SECA	252.71	163.81
PESO DEL AGUA	12.47	0.47
PESO DE LA TARA	35.76	46.12
PESO MUESTRA SECA	216.95	117.69
CONTENIDO DE AGUA %	5.7	0.4

**LIMITES DE ATTERBERG AASHTO T90-70 - T89-76**

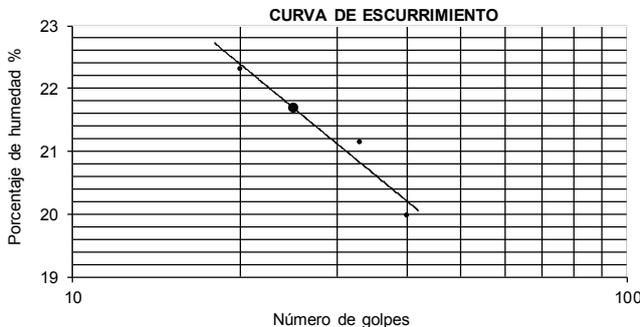
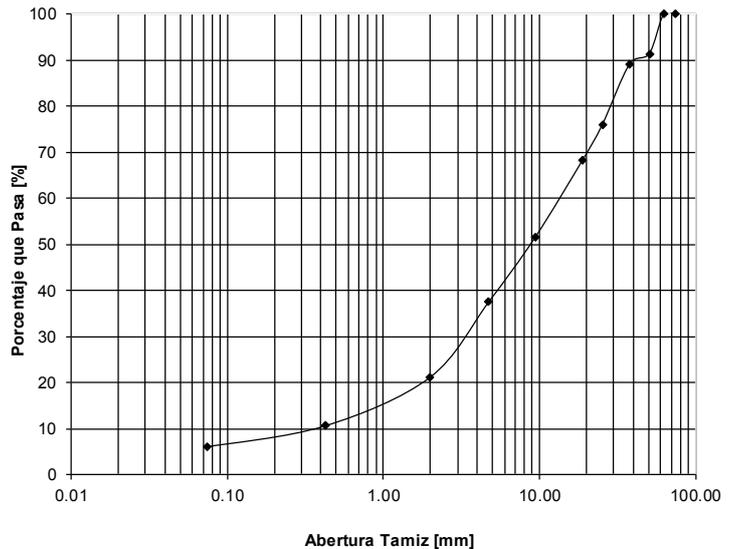
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO			
TARA Nº	7-A	12-A	6-A
NUMERO DE GOLPES	40	33	20
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	64.48	54.09	49.62
PESO TARA + MUESTRA SECA	55.97	47.00	43.04
PESO DEL AGUA	8.51	7.09	6.58
PESO DE LA TARA	13.35	13.46	13.53
PESO MUESTRA SECA	42.62	33.54	29.51
CONTENIDO DE AGUA %	19.97	21.14	22.30

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO		
TARA Nº	21-A	27-A
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	15.10	15.19
PESO TARA + MUESTRA SECA	14.45	14.53
PESO DEL AGUA	0.65	0.66
PESO DE LA TARA	9.49	9.52
PESO MUESTRA SECA	4.96	5.01
CONTENIDO DE AGUA %	13.10	13.17

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO				
TAMIZ Nº	ABERTURA EN [mm]	RETENIDO ACUMULADO		% QUE PASA DEL TOTAL
		gr	%	
3"	75.00	0.0		100.0
2 1/2"	63.00	0.0		100.0
2"	50.80	498.0	8.7	91.3
1 1/2"	38.10	620.0	10.9	89.1
1"	25.40	1,374.0	24.1	75.9
3/4"	19.00	1,808.0	31.7	68.3
3/8"	9.50	2,758.0	48.4	51.6
No 4	4.75	3,566.0	62.5	37.5
No 10	2.00	216.2	43.4	21.2
No 40	0.43	356.3	71.5	10.7
No 200	0.08	415.9	83.5	6.2

Grava (%)	62.52
Arena (%)	31.30
Fina (%)	6.18
TOTAL, (%)	100.00

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



RESUMEN	
HUMEDAD NATURAL	5.75
LIMITE LIQUIDO	21.68
LIMITE PLASTICO	13.14
INDICE DE PLASTICIDAD	8.54

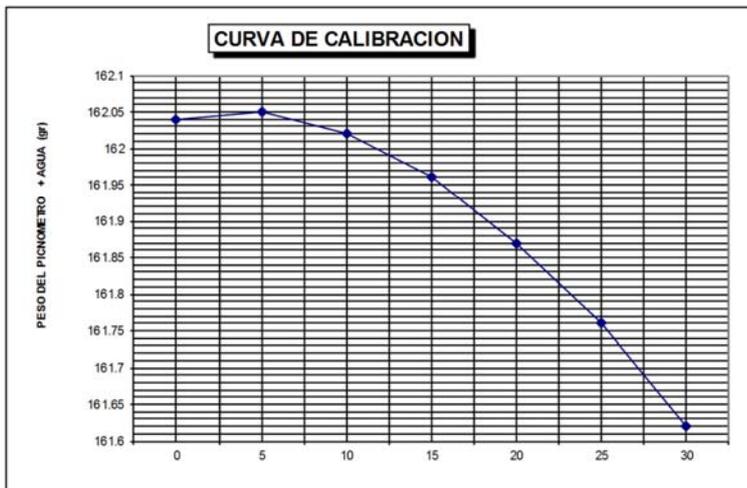
CLASIFICACIÓN UNIFICADA	
<b>P 1</b>	<b>GW - GC</b>
Grava bien graduada con arcilla y arena	

OBSERVACIONES:

**ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G<sub>s</sub>**

<b>ELABORADO :</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 1
<b>PROYECTO :</b> "PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b> 1,50 m
<b>LOCALIZACIÓN :</b> DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b> Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>

Picnometro	1		
Peso del Picnometro WB (gr)=	61.83		



$Y_w = n$   
 $W_{2i} = (W_2 - W_B) + W_B$   
 $Y_{wr}$

$W_{2i} = (\text{Peso del picnometro} + \text{agua})$   
 a la temperatura "i" correspondiente

Temp. (°C)	G <sub>wn</sub>	W <sub>2i</sub>
0	0.9999	162.04
5	1.0000	162.05
10	0.9997	162.02
15	0.9991	161.96
20	0.9982	161.87
25	0.9971	161.78
30	0.9957	161.62

Picnometro N°		1			Para el agua	
					Temp T (°C)	Gt (gr/cm <sup>3</sup> )
Peso picnometro + agua + suelo :	W <sub>1</sub> (gr) =	186.66			10	0.9997
Temperatura :	(T) (°C) =	16.00			11	0.9996
Peso picnometro + agua :	W <sub>2</sub> (gr) =	161.95			12	0.9995
Recipiente de evaporacion :	N° =	26			13	0.9994
Peso del recipiente + suelo seco :	W <sub>rs</sub> (gr) =	175.52			14	0.9993
Peso del recipiente :	W <sub>r</sub> (gr) =	136.21			15	0.9991
Peso del suelo seco = W <sub>rs</sub> -W <sub>r</sub> :	W <sub>s</sub> (gr) =	39.31			16	0.9990
Peso especifico del agua a Temp (T)	g <sub>wT</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )=	0.9990			17	0.9988
Relacion entre densidades del agua :	K <sub>t</sub> =	1.0008		<b>PESO ESPECIFICO</b>	18	0.9986
Peso especifico del suelo (G <sub>s</sub> )20 °C :	(g <sub>s</sub> ) <sub>20 °C</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )=	2.695		2.695	19	0.9984
					20	0.9982
					21	0.9980
					22	0.9978

$\frac{KT \bullet W_s}{W_s - W_1 + W_2} = Y_s 20^\circ C$

$W_2 =$  Se obtiene de la curva de calibracion  
 para la temperatura de ensayo  
 $W_2 = 162,03$

Observaciones :

**ENSAYO DE TROZO INALTERADO**

<b>ELABORADO :</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 1
<b>PROYECTO :</b> "PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b> 0,60m
<b>LOCALIZACIÓN :</b> DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b> Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>

TROZO N° O IDENTIFICACION MUESTRA	0			
Profundidad (toma de muestra) (m)	1.50			
Suelo humedo mas parafina, Pmp en grs	368.15			
Peso del suelo humedo, =Ph, en grs	405.08			
Peso parafina para cubrir la muestra Pp, grs.	18.90			
Densidad de la parafina, Dp en grs por cm3	0.912			
Volumen parafina para cubrir suelo, Vp=Pp/Dp.cc	20.724			
(Cesto mas suelo cubierto con parafina ) sumergido en agua, Pcm, en grs	290.7			
Peso del cesto sumergido en agua, en grs	117.3			
Suelo cubierto con parafina sumergido en agua, Pmpa, en grs	173.4			
Volumen del suelo humedo cubierto con parafina Vmc	194.75			
Volumen del suelo humedo, Vh en cc	174.03			
Densidad del suelo humedo, Dh = Ph/ Vh, grs/cm3	2.328			
Lata o Tara N°	10			
Suelo humedo mas tara	1241.00			
Suelo seco mas tara	1184.13			
Peso del agua	56.87			
Peso de la tara	154.07			
Peso del suelo seco	1030.06			
Porciento de humedad %h	5.521			
Densidad del suelo seco, Ds=(Dhx100) / (100+%h)	2.206			
Peso especifico, Gs	2.695			
Relacion de vacios, e	0.23			
Saturacion, S	37.55			
Porosidad, n	0.28			

**OBSERVACIONES:**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080 AASTHO T2-3**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 1
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,50 m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	

DATOS DE LA PROBETA	
Diametro (cm)	6.38
Area (cm)	31.97
Espesor (cm)	2.50

<b>MUESTRA :</b>	1		
Probeta Remoldeada			
Anillo de Carga No.	1		
Factor de Calibracion	0.227		
Presion Aplicada (Kg/cm2)	0.50	1.00	1.50
Ext. Vtcal (pul):	0.001	Ext. Hztal: 0,01mm.	

TIEMPO (min)	LECTURAS EXTENSOMETRO HORIZONTAL			LECTURAS EXTENSOMETRO VERTICAL			DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (cm)	DESPLAZAMIENTO VERTICAL (cm)			LECTURA ANILLO DE CARGA			FUERZA DE CORTE (Kg)			TENSION DE CORTE (Kg/cm2)		
	I	II	III	I	II	III		I	II	III	0.5	100	15	0.5	100	15	0.5	100	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.12	12	-1	-3	-7	0.012	-0.003	-0.008	-0.018	18	80	130	4.09	18.16	29.51	0.13	0.57	0.93		
0.25	25	2	0	-4	0.025	0.005	0.000	-0.010	44	178	223	9.99	40.41	50.62	0.31	1.27	1.59		
0.50	50	13	11	0	0.05	0.033	0.028	0.000	100	204	261	22.7	46.31	59.25	0.71	1.45	1.86		
0.75	75	18	15	5	0.075	0.046	0.038	0.013	129	198	253	29.28	44.95	57.43	0.92	1.41	1.8		
1	100	32	18	10	0.1	0.081	0.046	0.025	128	184	236	29.06	41.77	53.35	0.91	1.31	1.67		
2	200	36	26	20	0.2	0.091	0.066	0.051	106	153	201	24.06	34.73	45.63	0.76	1.09	1.43		
3	300	44	20	26	0.3	0.112	0.074	0.066	88	133	177	19.98	30.19	40.18	0.63	0.95	1.26		
4	400	48	35	28	0.4	0.122	0.089	0.071	75	121	160	17.03	27.47	36.32	0.53	0.86	1.14		
5	500	51	38	31	0.5	0.130	0.097	0.079	68	110	147	15.44	24.97	33.37	0.48	0.78	1.05		
6	600	42	40	32	0.6	0.127	0.102	0.081	63	102	145	14.30	23.15	32.92	0.45	0.73	1.03		
	Probeta	I	II	III		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III		

Nota.- Las probetas fueron remoldeadas  
La densidad humeda es de 1,94(g/cm3)

**Ensayo de Contenido de Humedad**

Recipiente No	5
Suelo humedo + capsula (g)	266.98
Suelo seco + capsula (g)	257.00
Peso del agua (g)	9.98
Peso de la capsula (g)	71.23
Peso del suelo seco (g)	185.77
Humedad %H	5.4

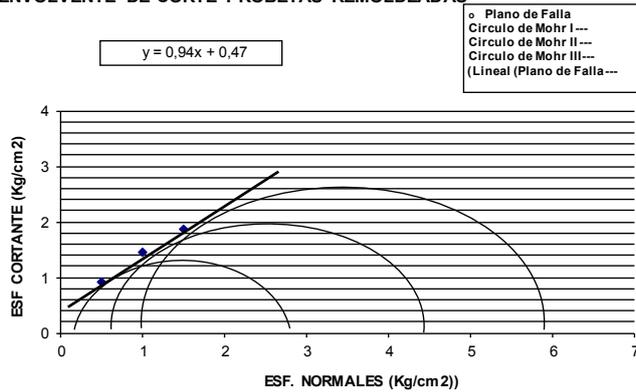
<b>DENSIDAD HUMEDA</b>	
DE ENSAYO (g/cm)	2.328
PESO ESPECIFICO RELATIVO Gs	2.695
HUMEDAD DE ENSAYO	5.37
RELACION DE VACIOS	0.23
GRADO DE SATURACION (%)	30.50

Observaciones:

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080 AASTHO T2-3**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 1
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,50 m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	

**ENVOLVENTE DE CORTE PROBETAS REMOLDEADAS**



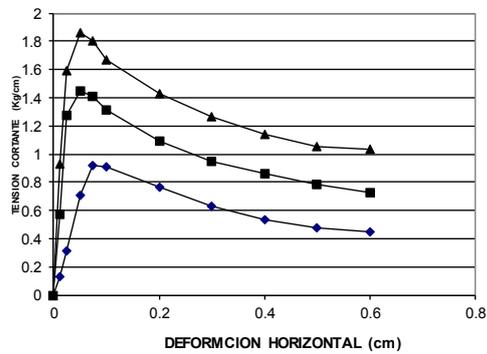
**ESFUERZOS DE CORTE DEL SUELO**

Esfuerzos normales $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,5	1,00	1,50
Esfuerzos tangenciales T (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,92	1,45	1,86

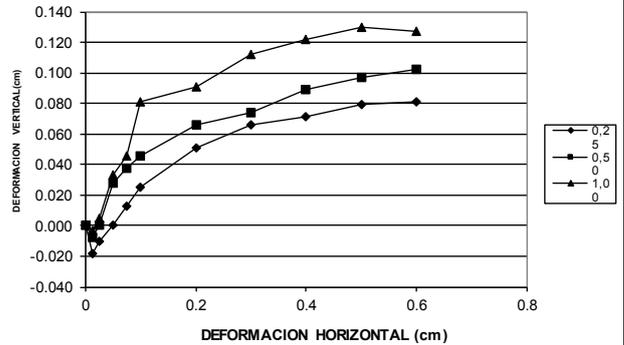
**PARAMETROS DE CORTE DEL SUELO**

COHESION C ( Kg/cm <sup>2</sup> )	0,47
PENDIENTE	0,94
ANGULO DE FRICCION INTERNA $\phi$ (°)	43,23

**CORTANTE vs DEF. HORIZONTAL**



**CURVAS DE DEFORMACIONES HORIZONTAL - VERTICAL**



Observaciones:

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO MPOR TAMIZADO**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 2
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,60m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	

DATOS DE LA MUESTRA TOTAL		
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA	3,176	gr
PESO RETENIDO TAMIZ Nº 4	1744	gr
PESO PASA TAMIZ Nº 4 HUMEDO	1,432	gr
PESO PASA TAMIZ Nº 4 SECO	1,428	gr
PESO TOTAL MUESTRA SECA	3,172	gr

DATOS DEL AGREGADO FINO		
PASA Nº 4 HUMEDO	500.0	gr
PASA Nº 4 SECO	498.6	gr

DETERMINACION DE HUMEDADES		
TARA Nº	NATURAL	HIGROS.
	4	24
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	330.92	181.03
PESO TARA + MUESTRA SECA	321.09	180.65
PESO DEL AGUA	9.83	0.38
PESO DE LA TARA	30.46	46.34
PESO MUESTRA SECA	290.63	134.31
CONTENIDO DE AGUA %	3.4	0.3

**LIMITES DE ATTERBERG AASHTO T90-70 - T89-76**

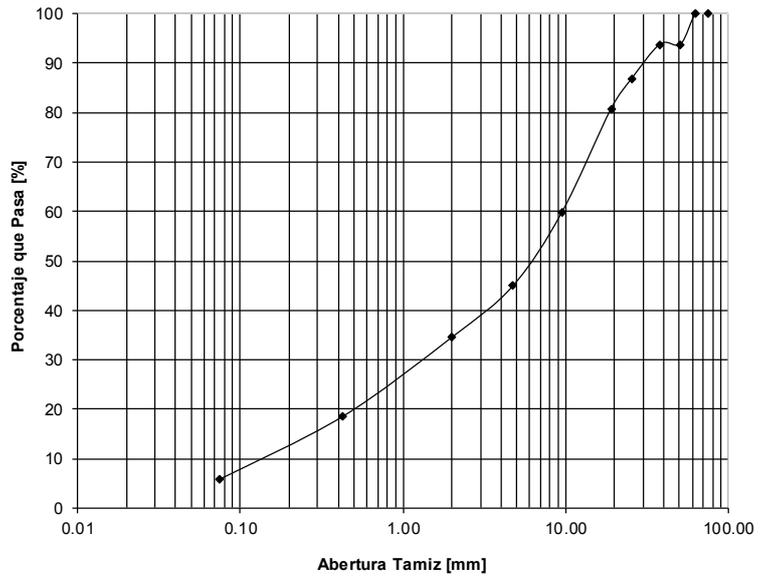
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO			
TARA Nº			
NUMERO DE GOLPES			
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA			
PESO TARA + MUESTRA SECA			
PESO DEL AGUA			
PESO DE LA TARA			
PESO MUESTRA SECA			
CONTENIDO DE AGUA %			

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO			
TARA Nº			
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA			
PESO TARA + MUESTRA SECA			
PESO DEL AGUA			
PESO DE LA TARA			
PESO MUESTRA SECA			
CONTENIDO DE AGUA %	NP	NP	

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO				
TAMIZ Nº	ABERTURA EN [mm]	RETENIDO ACUMULADO		% QUE PASA DEL TOTAL
		gr	%	
3"	75.00	0.0		100.0
2 1/2"	63.00	0.0		100.0
2"	50.80	198.0	6.2	93.8
1 1/2"	38.10	198.0	6.2	93.8
1"	25.40	420.0	13.2	86.8
3/4"	19.00	612.0	19.3	80.7
3/8"	9.50	1,274.0	40.2	59.8
No 4	4.75	1,744.0	55.0	45.0
No 10	2.00	115.5	23.2	34.6
No 40	0.43	292.7	58.7	18.6
No 200	0.08	432.4	86.7	6.0

Grava (%)	54.98
Arena (%)	39.04
Fina (%)	5.98
TOTAL, (%)	100.00

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**CURVA DE ESCURRIMIENTO**



**Abertura Tamiz [mm]**

RESUMEN	
HUMEDAD NATURAL	3.38
LIMITE LIQUIDO	
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	

CLASIFICACIÓN UNIFICADA	
P 2	<b>GW - GM</b>
Grava bien graduada con limo y arena	

OBSERVACIONES:

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO MPOR TAMIZADO**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 3
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,60m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	

DATOS DE LA MUESTRA TOTAL		
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA	4,410	gr
PESO RETENIDO TAMIZ Nº 4	2766	gr
PESO PASA TAMIZ Nº 4 HUMEDO	1,644	gr
PESO PASA TAMIZ Nº 4 SECO	1,636	gr
PESO TOTAL MUESTRA SECA	4,402	gr

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO				
TAMIZ Nº	ABERTURA EN [m.m]	RETENIDO ACUMULADO		% QUE PASA DEL TOTAL
		gr	%	
3"	75.00	0.0		100.0
2 1/2"	63.00	0.0		100.0
2"	50.80	328.0	7.5	92.5
1 1/2"	38.10	328.0	7.5	92.5
1"	25.40	886.0	20.1	79.9
3/4"	19.00	1,286.0	29.2	70.8
3/8"	9.50	2,090.0	47.5	52.5
No 4	4.75	2,766.0	62.8	37.2
No 10	2.00	217.2	43.6	20.9
No 40	0.43	387.0	77.8	8.3
No 200	0.08	423.9	85.2	5.5

Grava (%)	62.83
Arena (%)	31.66
Fina (%)	5.51
<b>TOTAL, (%)</b>	<b>100.00</b>

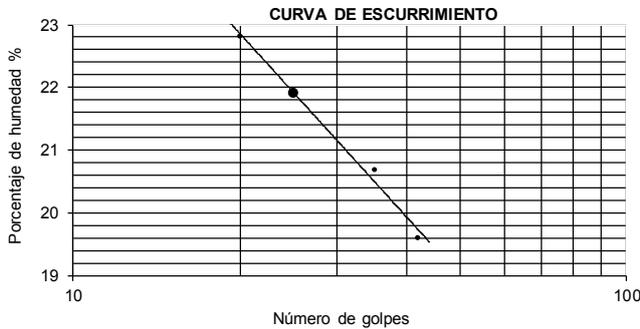
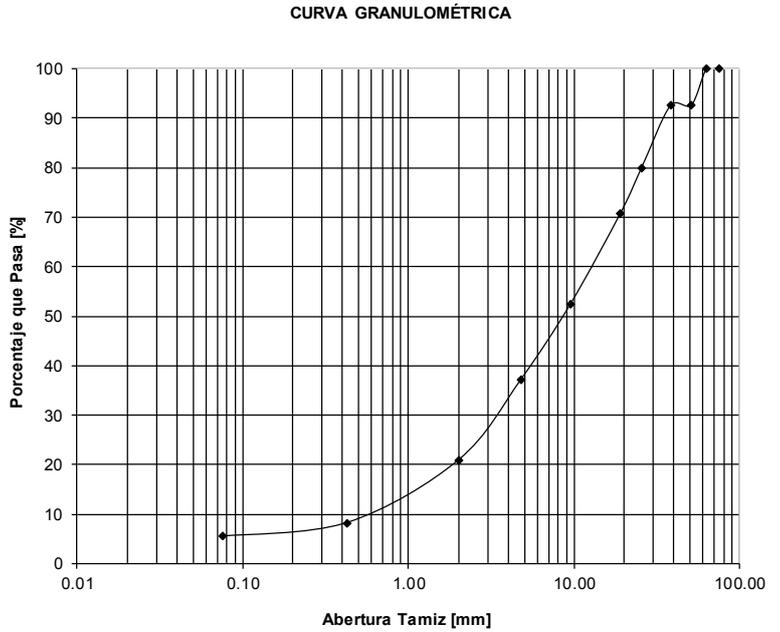
DATOS DEL AGREGADO FINO		
PASA Nº 4 HUMEDO	500.0	gr
PASA Nº 4 SECO	497.6	gr

DETERMINACION DE HUMEDADES		
	NATURAL	HIGROS.
TARA Nº	7	22
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	302.52	180.83
PESO TARA + MUESTRA SECA	286.76	180.20
PESO DEL AGUA	15.76	0.63
PESO DE LA TARA	35.41	49.49
PESO MUESTRA SECA	251.35	130.71
CONTENIDO DE AGUA %	6.3	0.5

**LIMITES DE ATTERBERG AASHTO T90-70 - T89-76**

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO			
TARA Nº	4-A	1-A	3-A
NUMERO DE GOLPES	42	35	20
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	53.69	51.85	57.62
PESO TARA + MUESTRA SECA	47.08	45.23	49.48
PESO DEL AGUA	6.61	6.62	8.14
PESO DE LA TARA	13.34	13.21	13.80
PESO MUESTRA SECA	33.74	32.02	35.68
CONTENIDO DE AGUA %	19.59	20.67	22.81

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO		
TARA Nº	24-A	28-A
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	13.90	13.74
PESO TARA + MUESTRA SECA	13.38	13.24
PESO DEL AGUA	0.52	0.50
PESO DE LA TARA	9.58	9.47
PESO MUESTRA SECA	3.80	3.77
CONTENIDO DE AGUA %	13.68	13.26



RESUMEN	
HUMEDAD NATURAL	6.27
LIMITE LIQUIDO	21.90
LIMITE PLASTICO	13.47
INDICE DE PLASTICIDAD	8.43

CLASIFICACIÓN UNIFICADA	
<b>P 3</b>	<b>GW - GC</b>
Grava bien graduada con arcilla y arena	

OBSERVACIONES:

**DENSIDAD EN SITIO (METODO CONO DE ARENA)**

<b>ENSAYISTA:</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN:</b>	Pozo 3
<b>PROYECTO:</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6m
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	DISTRITO 6 VIACHA	<b>MATERIAL:</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO:</b>	VIACHA - LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	

**CALIBRACIÓN DEL APARATO**

Peso del aparato mas agua	5060.00
Peso del aparato vacio	830.00
Peso del agua	4230.00
Volumen del frasco de vidrio y tapa	4230.00
Peso del aparato mas arena seca al aire	6702.00
Peso de la arena seca que ocupa el aparato	5872.00
Densidad de arena secada al aire	1.38
Peso del aparato mas arena (despues de llenar el embudo)	5143.00
Peso de la arena seca para llenar el embudo	1559.00

**DETERMINACIÓN DEL PESO DE LA MUESTRA**

Porcentaje de humedad %H	5.79
Peso del suelo humedo retirado del hoyo mas vasija	5648.00
Peso de la vasija	503.00
Peso suelo humedo retirado del hoyo	5145.00
Peso del suelo seco retirado del hoyo	4863.41

**DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HOYO**

Peso arena que queda mas aparato	1818.00
Peso arena necearia p/llenar hoyo y embudo	4884.00
Peso arena para llenar el hoyo	3325.00
Volumen del hoyo	2409.42

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD**

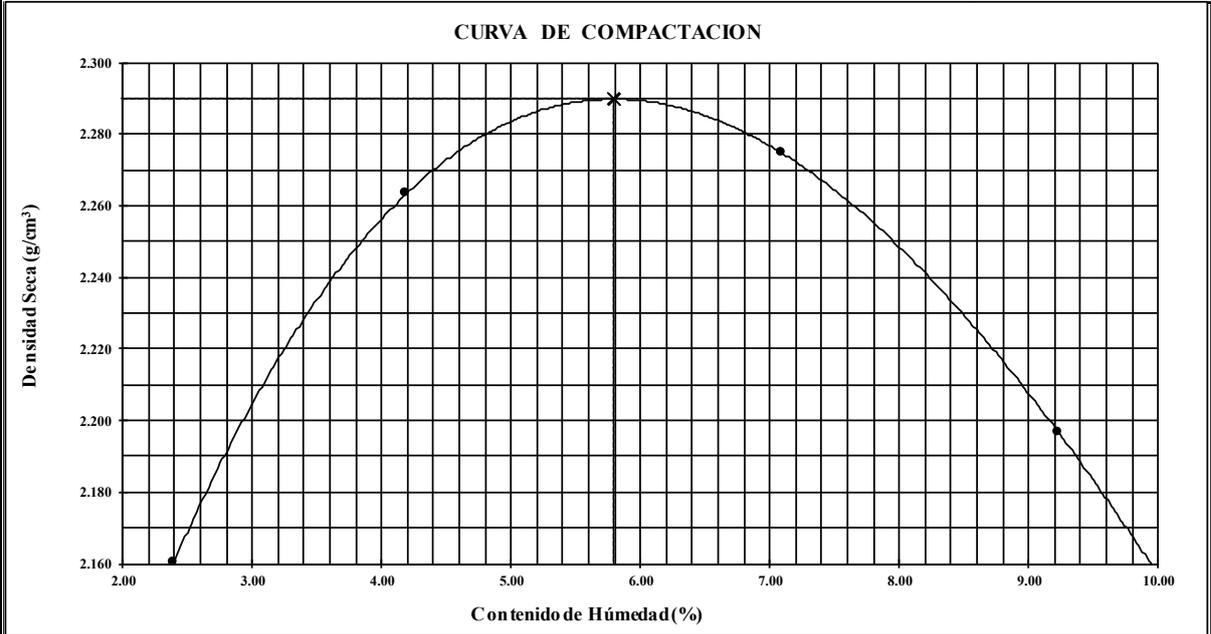
Densidad del suelo seco	2.02
Densidad máxima de la curva de compactación	2.29
Porciento de compactación que se obtiene	88.14

OBSERVACIONES:

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN AASTHO T - 180 D**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 3
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	0,60m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	

<b>Molde No.:</b>	2	<b>Volumen:</b>	2189	cm <sup>3</sup>	<b>Peso:</b>	5468	grs.
<b>PRUEBA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Dimensiones estandar</b>	
No de Capas	5	5	5	5		D molde	15.50
No de Golpes	56	56	56	56		H molde	11.60
Peso Muestra Húmeda + Molde (g)	10310	10630	10800	10720		V molde	2188.83
Peso Muestra Húmeda (g)	4842	5162	5332	5252		hcp	45.72
Densidad Muestra Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.212	2.358	2.436	2.399		W=Ppison	4.54
Cápsula No.	20	24	18	17		E específica	26.53
Peso Suelo Húmedo + Cápsula (g)	303.6	277.9	248.7	234.8		<b>Dimensiones del ensayo</b>	
Peso Suelo Seco + Cápsula (g)	297.6	268.6	235.4	217.9		D molde	
Peso del Agua (g)	6.0	9.3	13.3	16.9		H molde	
Peso de la Cápsula (g)	46.1	46.3	48.1	34.9		V molde	2189
Peso Suelo Seco (g)	251.5	222.2	187.3	183.0		hcp	45.72
Contenido de Humedad (%)	2.39	4.19	7.10	9.23		W=Ppison	4.52
Densidad Muestra Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.160	2.263	2.275	2.197		E específica	26.44



<b>RESULTADOS</b>	
<b>DENSIDAD MAXIMA SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.290</b>
<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>	<b>5.79</b>

**OBSERVACIONES:** Cualquier raspadura o enmienda anula los resultados

**RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA C.B.R. AASTHO T - 193**

<b>ELABORADO :</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 3
<b>PROYECTO :</b> "PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b> 0,60m
<b>LOCALIZACIÓN :</b> DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b> Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>

COMPACTACION DE LA MUESTRA						
Molde No	10		11		12	
Altura del Molde (cm)	11.6		11.6		11.6	
No de Capas	5		5		5	
No de Golpes/ Capa	56		25		12	
<b>CONDICION DE LA MUESTRA</b>	<b>Antes de Mojarse</b>	<b>D.de.M.</b>	<b>Antes de Mojarse</b>	<b>D.de.M.</b>	<b>Antes de Mojarse</b>	<b>D.de.M.</b>
Peso Muestra Húmeda + Molde (g)	12390	12470	12350	12480	12170	13960
Peso Molde (g)	7310	7310	7380	7380	7330	7330
Peso Muestra Húmeda (g)	5080	5160	4970	5100	4840	6630
Volumen de la Muestra (cm <sup>3</sup> )	2077	2077	2161	2161	2161	2161
Densidad Muestra Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.446	2.484	2.300	2.360	2.240	3.068

HUMEDADES DE COMPACTACION Y EMBEBIMIENTO									
HUMEDAD	Fondo	Superf.	2" Sup.	Fondo	Superf.	2" Sup.	Fondo	Superf.	2" Sup.
Cápsula No	1		13	10		12	7		4
Peso Suelo Húmedo + Cápsula (g)	271.0		328.7	292.3		289.0	274.5		279.1
Peso Suelo Seco + Cápsula (g)	258.6		313.6	278.4		274.7	262.0		264.3
Peso del Agua (g)	12.4		15.1	13.9		14.3	12.5		14.7
Peso de la Cápsula (g)	29.6		29.0	35.8		35.8	35.4		30.5
Peso del Suelo Seco (g)	229.0		284.6	242.6		238.9	226.6		233.87
Contenido de Humedad (%)	5.42		5.29	5.71		5.99	5.50		6.30
Contenido de Húm. Promedio (%)		5.42	5.29	5.71	5.99	5.50	5.50	6.30	6.30
Densidad Muestra Seca (g/cm <sup>3</sup> )		2.320	2.359	2.176	2.227	2.123	2.123	2.886	2.886

EXPANSION											
Fecha	Hora	Tiempo en Dias	MOLDE N° 10			MOLDE N° 11			MOLDE N° 12		
			LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA A EXTENS.	EXPANSION		LECTURA A EXTENS.	EXPANSION	
				(cm)	(%)		(cm)	(%)		(cm)	(%)
# <sub>i</sub> REF!	9:00	0	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.000	0.000
05/01/2018	9:00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/01/2018	9:00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/01/2018	9:00	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/01/2017	9:00	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

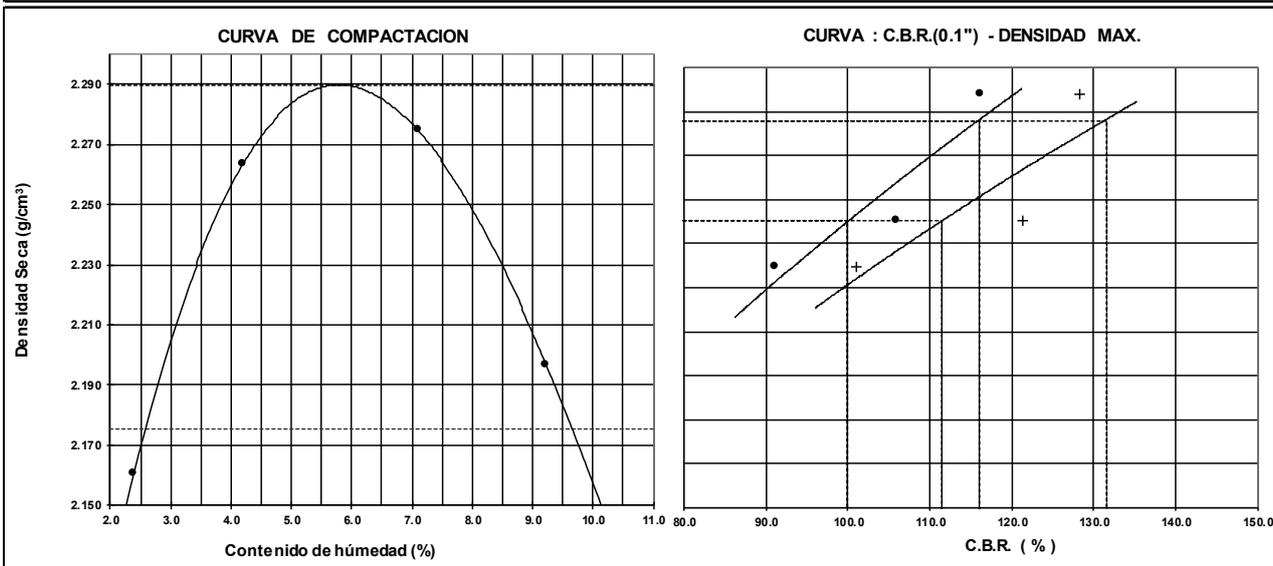
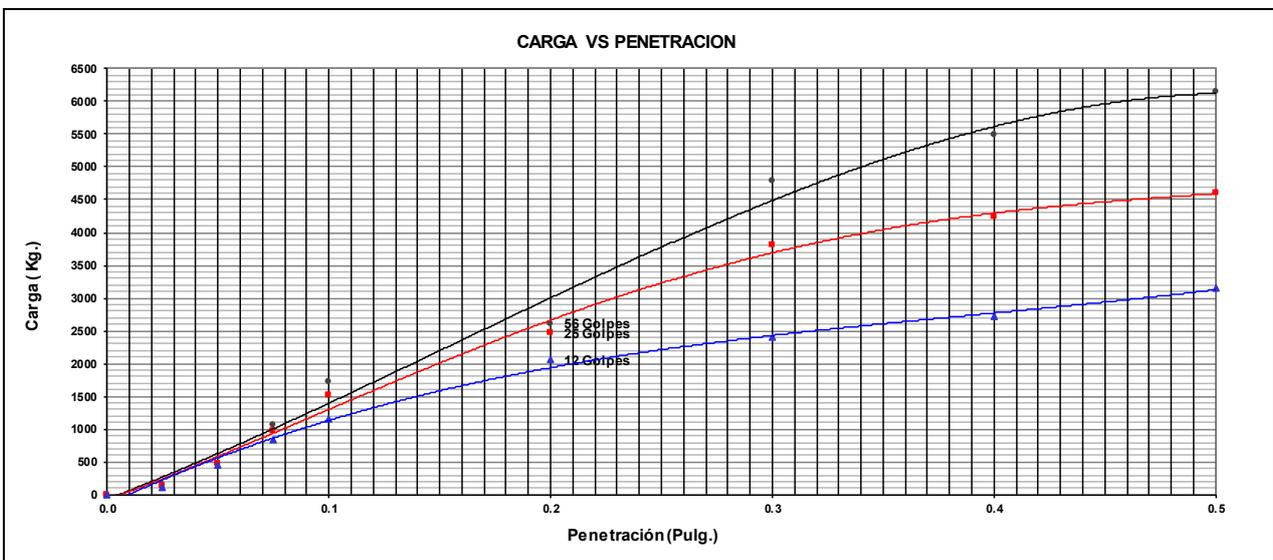
COLUMNA RESUMEN	
LL	IP
	NP
<b>Clasificación</b>	
A-1- a (0)	
Humed. Optima %	Dens Max. g/cm <sup>3</sup>
5.79	2.290
<b>0,1" de Penetra.</b>	
C.B.R.	Densid.
%	g/cm <sup>2</sup>
116.2	2.320
105.9	2.176
91.2	2.123
<b>0,2" de Penetra.</b>	
C.B.R.	Densid.
%	g/cm <sup>2</sup>
128.2	2.320
121.4	2.176
101.0	2.123
Exp.	Densid.
%	g/cm <sup>2</sup>
0.00	2.320
0.00	2.176
0.00	2.123

C B R - Factor de deformación del anillo														
PENETRACION		CARGA ESTANDAR Kg	MOLDE N° 10			MOLDE N° 11			MOLDE N° 12					
Pulg.	mm		LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR %	LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR %	LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR %
				ALCULADA	CORREGIDA			CALCULADA	FORREGIDA			CALCULADA	CORREGIDA	
0.000	0		0	0.0		0	0.0			0	0.0			
0.025	0.63		46	153.5		40	135.0			34	116.5			
0.050	1.27		152	480.1		150	473.9			144	455.4			
0.075	1.9		340	1059.3		310	966.9			270	843.6			
0.10	2.54		555	1721.7	1580.0	116.2	485	1506.1	1440.0	105.9	370	1151.7	1240.0 91.2	
0.20	5.08		845	2615.2	2615.2	128.2	800	2476.6	2476.6	121.4	665	2060.6	2060.6 101.0	
0.30	7.62		1550	4787.3			1235	3816.8			775	2399.5		
0.40	10.16		1780	5495.9			1375	4248.1			880	2723.0		
0.50	12.7		1990	6143.0			1490	4602.5			1020	3154.4		

**RELACION SOPORTE CALIFORNIA C.B.R. AASTHO T - 193**

<b>ELABORADO :</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 3
<b>PROYECTO :</b> "PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b> 0,60m
<b>LOCALIZACIÓN :</b> DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b> Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>

**C. B. R. AASTHO T-193 / GRAFICAS**



	C.B.R. (%)	
	0.1"	0.2"
Dens Max 100%	116.00	131.50
Dens Max 95%	100.00	111.50

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO MPOR TAMIZADO**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 4
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,40m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	

DATOS DE LA MUESTRA TOTAL		
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA	4,372	gr
PESO RETENIDO TAMIZ N° 4	2614	gr
PESO PASA TAMIZ N° 4 HUMEDO	1,758	gr
PESO PASA TAMIZ N° 4 SECO	1,751	gr
PESO TOTAL MUESTRA SECA	4,365	gr

DATOS DEL AGREGADO FINO		
PASA N° 4 HUMEDO	500.0	gr
PASA N° 4 SECO	497.9	gr

DETERMINACION DE HUMEDADES		
TARA N°	NATURAL	HIGROS.
	6	16
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	313.68	168.02
PESO TARA + MUESTRA SECA	296.51	167.48
PESO DEL AGUA	17.17	0.54
PESO DE LA TARA	35.34	38.84
PESO MUESTRA SECA	261.17	128.64
CONTENIDO DE AGUA %	6.6	0.4

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO				
TAMIZ N°	ABERTURA EN [m.m.]	RETENIDO ACUMULADO		% QUE PASA DEL TOTAL
		gr	%	
3"	75.00	0.0		100.0
2 1/2"	63.00	0.0		100.0
2"	50.80	288.0	6.6	93.4
1 1/2"	38.10	666.0	15.3	84.7
1"	25.40	1,026.0	23.5	76.5
3/4"	19.00	1,232.0	28.2	71.8
3/8"	9.50	1,974.0	45.2	54.8
No 4	4.75	2,614.0	59.9	40.1
No 10	2.00	191.0	38.4	24.7
No 40	0.43	317.2	63.7	14.6
No 200	0.08	383.5	77.0	9.2

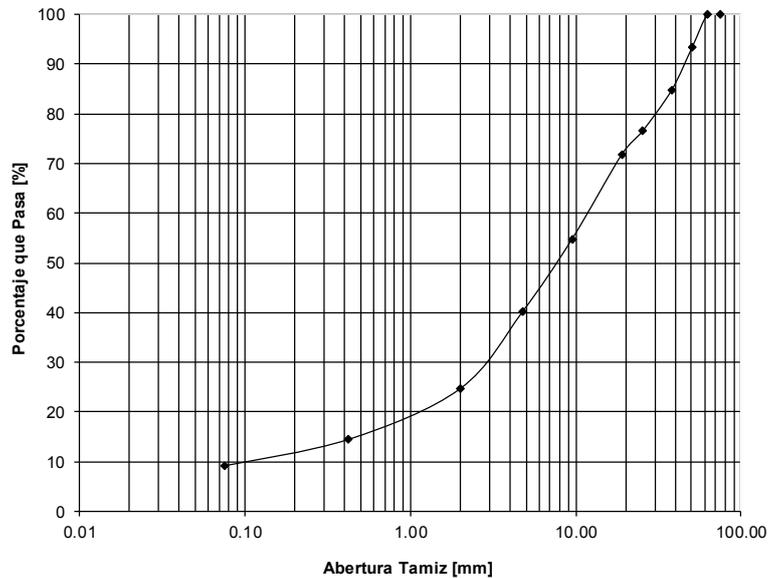
Grava (%)	59.89
Arena (%)	30.89
Fina (%)	9.22
TOTAL, (%)	100.00

**LIMITES DE ATTERBERG AASHTO T90-70 - T89-76**

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO			
TARA N°			
NUMERO DE GOLPES			
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA			
PESO TARA + MUESTRA SECA			
PESO DEL AGUA			
PESO DE LA TARA			
PESO MUESTRA SECA			
CONTENIDO DE AGUA %			

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO			
TARA N°			
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA			
PESO TARA + MUESTRA SECA			
PESO DEL AGUA			
PESO DE LA TARA			
PESO MUESTRA SECA			
CONTENIDO DE AGUA %	NP	NP	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**CURVA DE ESCURRIMIENTO**



RESUMEN	
HUMEDAD NATURAL	6.57
LIMITE LIQUIDO	
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	

CLASIFICACIÓN UNIFICADA	
P 4	GP - GM
Grava pobremente graduada con limo y arena	

OBSERVACIONES:

**DENSIDAD EN SITIO (METODO CONO DE ARENA)**

<b>ENSAYISTA:</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN:</b>	Pozo 4
<b>PROYECTO:</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6m
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	DISTRITO 6 VIACHA	<b>MATERIAL:</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO:</b>	VIACHA - LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	

**CALIBRACIÓN DEL APARATO**

Peso del aparato mas agua	5060.00
Peso del aparato vacio	830.00
Peso del agua	4230.00
Volumen del frasco de vidrio y tapa	4230.00
Peso del aparato mas arena seca al aire	6702.00
Peso de la arena seca que ocupa el aparato	5872.00
Densidad de arena secada al aire	1.38
Peso del aparato mas arena (despues de llenar el embudo)	5143.00
Peso de la arena seca para llenar el embudo	1559.00

**DETERMINACIÓN DEL PESO DE LA MUESTRA**

Porcentaje de humedad %H	5.87
Peso del suelo humedo retirado del hoyo mas vasija	5931.36
Peso de la vasija	503.00
Peso suelo humedo retirado del hoyo	5428.36
Peso del suelo seco retirado del hoyo	5127.38

**DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HOYO**

Peso arena que queda mas aparato	1624.68
Peso arena necesaria p/llenar hoyo y embudo	5077.32
Peso arena para llenar el hoyo	3518.32
Volumen del hoyo	2549.51

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD**

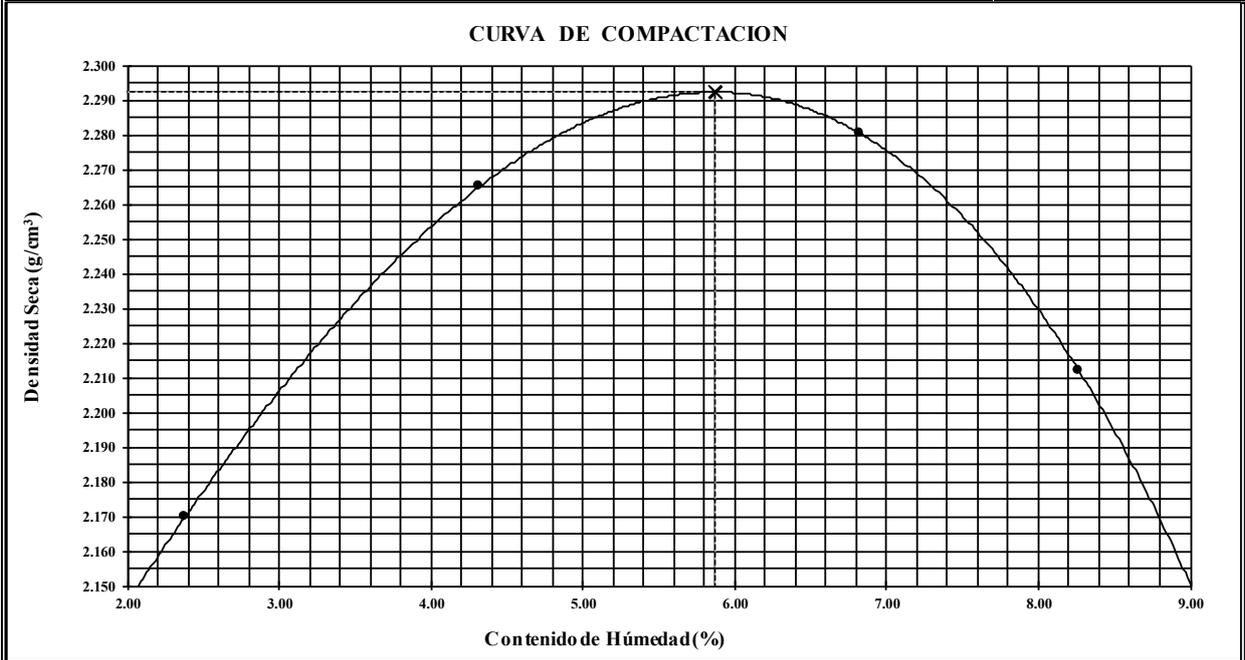
Densidad del suelo seco	2.01
Densidad máxima de la curva de compactación	2.29
Porciento de compactación que se obtiene	87.82

OBSERVACIONES:

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN AASTHO T - 180 D**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 4
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	0,60m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	

Molde No.:	2	Volumen:	2189	cm <sup>3</sup>	Peso:	5468	grs.
<b>PRUEBA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Dimensiones estandar</b>	
No de Capas	5	5	5	5	5	D molde	15.50
No de Golpes	56	56	56	56	56	H molde	11.60
Peso Muestra Húmeda + Molde (g)	10330	10640	10800	10710	10710	V molde	2188.83
Peso Muestra Húmeda (g)	4862	5172	5332	5242	5242	hcp	45.72
Densidad Muestra Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.221</b>	<b>2.363</b>	<b>2.436</b>	<b>2.395</b>	<b>2.395</b>	W=Ppison	4.54
Cápsula No.	19	20	22	24	24	E específica	26.53
Peso Suelo Húmedo + Cápsula (g)	236.6	240.5	249.7	288.8	288.8	<b>Dimensiones del ensayo</b>	
Peso Suelo Seco + Cápsula (g)	232.0	232.4	236.9	270.3	270.3	D molde	
Peso del Agua (g)	4.7	8.1	12.8	18.5	18.5	H molde	
Peso de la Cápsula (g)	36.5	46.1	49.5	46.3	46.3	V molde	2189
Peso Suelo Seco (g)	195.5	186.3	187.4	224.0	224.0	hcp	45.72
Contenido de Humedad (%)	<b>2.38</b>	<b>4.32</b>	<b>6.82</b>	<b>8.26</b>	<b>8.26</b>	W=Ppison	4.52
Densidad Muestra Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.170</b>	<b>2.265</b>	<b>2.280</b>	<b>2.212</b>	<b>2.212</b>	E específica	26.44



<b>RESULTADOS</b>	
DENSIDAD MAXIMA SECA (g/cm <sup>3</sup> )	2.292
HUMEDAD OPTIMA (%)	5.87

**OBSERVACIONES:**

**RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA C.B.R. AASTHO T - 193**

<b>ELABORAD</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ <b>PROYECTO</b> "PARQUE URBANO CENTRAL" <b>LOCALIZA</b> DISTRITO D-6 VIACHA <b>DEPARTAM</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 4 <b>PROFUNDIDAD :</b> 0,60m <b>MATERIAL :</b> Suelo Natural <b>FECHA DE ENSAYO :</b>
---	--

COMPACTACION DE LA MUESTRA						
Molde No	4		5		6	
Altura del Molde (cm)	11.6		11.6		11.6	
No de Capas	5		5		5	
No de Golpes/ Capa	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	Antes de Mojarse	D.de.M.	Antes de Mojarse	D.de.M.	Antes de Mojarse	D.de.M.
Peso Muestra Húmeda + Molde (g)	11580	11620	11340	11480	11200	12180
Peso Molde (g)	6440	6440	6450	6450	6420	6420
Peso Muestra Húmeda (g)	5140	5180	4890	5030	4780	5760
Volumen de la Muestra (cm³)	2105	2105	2105	2105	2105	2105
Densidad Muestra Húmeda (g/cm³)	2.442	2.461	2.323	2.390	2.271	2.736

HUMEDADES DE COMPACTACION Y EMBEBIMIENTO									
HUMEDAD	Fondo	Superf.	2" Sup.	Fondo	Superf.	2" Sup.	Fondo	Superf.	2" Sup.
Cápsula No	7		27	8		28	9		29
Peso Suelo Húmedo + Cápsula (g)	284.6		232.4	266.4		274.6	286.2		292.6
Peso Suelo Seco + Cápsula (g)	270.6		221.9	253.8		262.0	272.0		278.0
Peso del Agua (g)	14.0		10.5	12.6		12.6	14.2		14.6
Peso de la Cápsula (g)	35.4		49.5	35.8		46.8	34.8		46.3
Peso del Suelo Seco (g)	235.2		172.4	218.0		215.2	237.2		231.67
Contenido de Humedad (%)	5.95		6.09	5.78		5.85	5.99		6.30
Contenido de Húm. Promedio (%)	5.95		6.09	5.78		5.85	5.99		6.30
Densidad Muestra Seca (g/cm³)	2.305		2.320	2.196		2.257	2.143		2.574

EXPANSION											
Fecha	Hora	Tiempo en Dias	MOLDE N° 4			MOLDE N° 5			MOLDE N° 6		
			LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA EXTEN.	EXPANSION		LECTURA EXTEN.	EXPANSION	
				(cm)	(%)		(cm)	(%)		(cm)	(%)
#REF!	11:00	0	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.000	0.000
05/01/2018	11:00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/01/2018	11:00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/01/2018	11:00	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/01/2018	11:00	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

COLUMNA RESUMEN	
LL	IP
	NP
Clasificación	
A-1- a (0)	
Humed. Optima %	Dens Max. g/cm³
5.87	2.292
0,1" de Penetra.	
C.B.R.	Densid.
%	g/cm²
114.1	2.305
99.6	2.196
82.8	2.143
0,2" de Penetra.	
C.B.R.	Densid.
%	g/cm²
121.1	2.305
103.2	2.196
89.1	2.143
Exp.	Densid.
%	g/cm.²
0.00	2.305
0.00	2.196
0.00	2.143

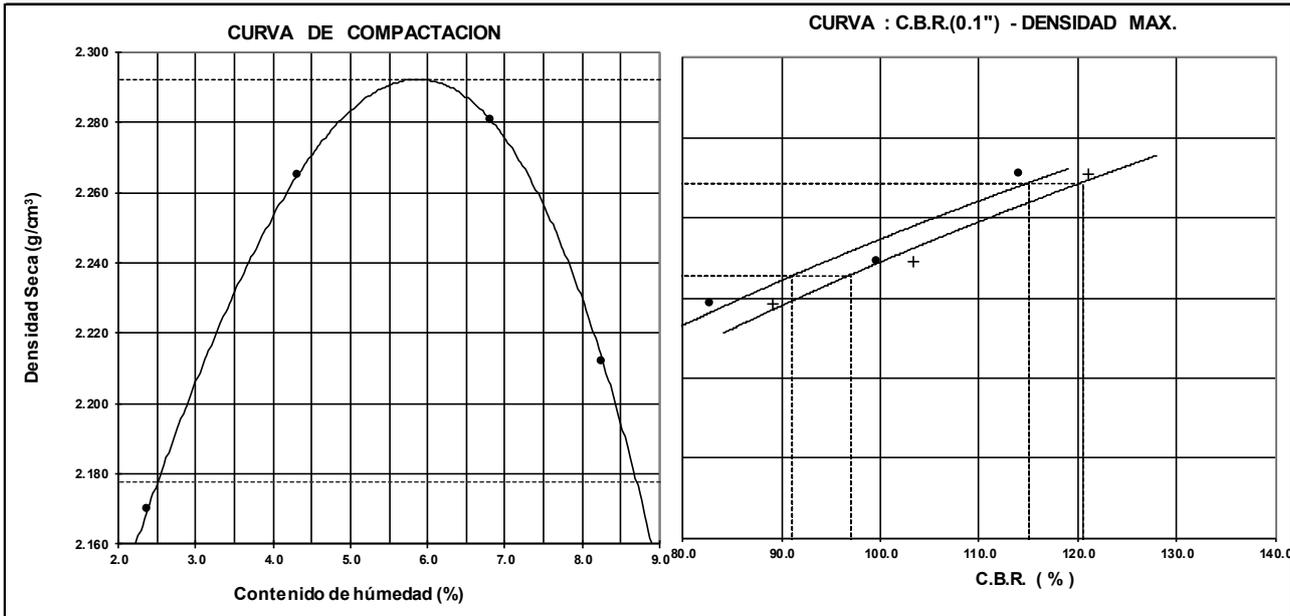
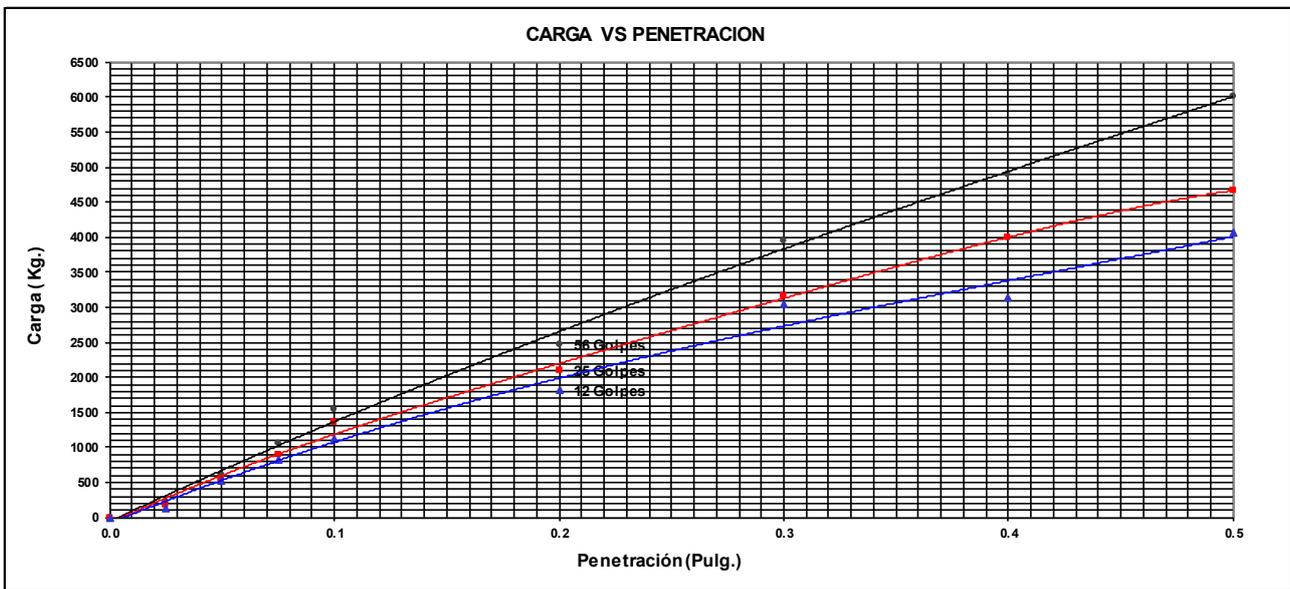
C B R - Factor de deformacion del anillo														
PENETRACION		CARGA ESTANDAR Kg	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
Pulg.	mm		LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR %	LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR %	LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR %
		ALCULAD		CORREGIDA				ALCULAD	CORREGIDA				ALCULAD	
0.000	0		0	0.0		0	0.0		0	0.0		0	0.0	
0.025	0.63		66	215.0		52	171.9		40	135.0				
0.050	1.27		198	621.6		172	541.5		166	523.0				
0.075	1.9		338	1052.8		286	892.6		264	824.9				
0.10	2.54		500	1551.8	1551.8	114.1	436	1354.6	1354.6	99.6	362	1126.7	1126.7	82.8
0.20	5.08		798	2469.6	2469.6	121.1	680	2106.2	2106.2	103.2	586	1816.6	1816.6	89.1
0.30	7.62		1280	3954.2			1026	3171.8			988	3054.8		
0.40	10.16		1590	4909.0			1294	3997.3			1016	3141.0		
0.50	12.7		1950	6017.8			1512	4668.7			1320	4077.4		

**RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA C.B.R. AASTHO T - 193**

ELABORAD ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ  
 PROYECTO "PARQUE URBANO CENTRAL"  
 LOCALIZA DISTRITO D-6 VIACHA  
 DEPARTAM VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA

UBICACIÓN : Pozo 4  
 PROFUNDIDAD : 0,60m  
 MATERIAL : Suelo Natural  
 FECHA DE ENSAYO :

**C. B. R. AASTHO T-193 / GRAFICAS**



	C.B.R. (%)	
	0.1"	0.2"
Dens Max 100%	115.00	120.50
Dens Max 95%	91.00	97.00

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO MPOR TAMIZADO**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 5
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,40m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	

DATOS DE LA MUESTRA TOTAL		
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA	3,494	gr
PESO RETENIDO TAMIZ N° 4	1800	gr
PESO PASA TAMIZ N° 4 HUMEDO	1,694	gr
PESO PASA TAMIZ N° 4 SECO	1,689	gr
PESO TOTAL MUESTRA SECA	3,489	gr

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO				
TAMIZ N°	ABERTURA EN [mm]	RETENIDO ACUMULADO		% QUE PASA DEL TOTAL
		gr	%	
3"	75.00	0.0		100.0
2 1/2"	63.00	0.0		100.0
2"	50.80	0.0		100.0
1 1/2"	38.10	162.0	4.6	95.4
1"	25.40	384.0	11.0	89.0
3/4"	19.00	554.0	15.9	84.1
3/8"	9.50	1,282.0	36.7	63.3
No 4	4.75	1,800.0	51.6	48.4
No 10	2.00	126.2	25.3	36.1
No 40	0.43	337.7	67.8	15.6
No 200	0.08	402.1	80.7	9.4

Grava (%)	51.60
Arena (%)	39.05
Fina (%)	9.35
TOTAL, (%)	100.00

DATOS DEL AGREGADO FINO		
PASA N° 4 HUMEDO	500.0	gr
PASA N° 4 SECO	498.4	gr

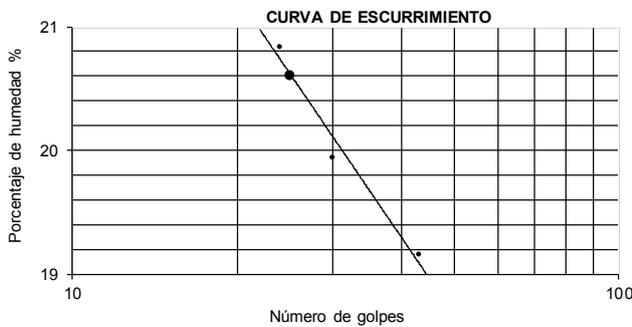
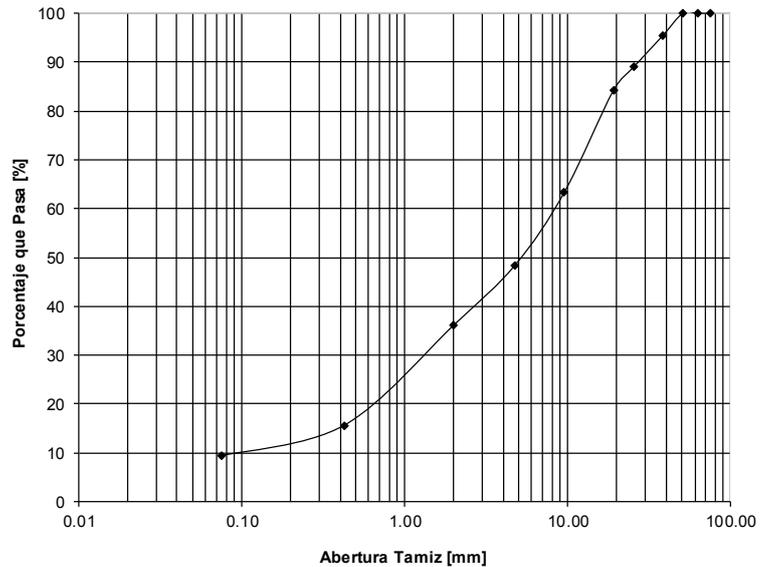
DETERMINACION DE HUMEDADES		
	NATURAL	HIGROS.
TARA N°	12	8
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	304.09	183.90
PESO TARA + MUESTRA SECA	284.04	183.43
PESO DEL AGUA	20.05	0.47
PESO DE LA TARA	35.80	35.81
PESO MUESTRA SECA	248.24	147.62
CONTENIDO DE AGUA %	8.1	0.3

**LIMITES DE ATTERBERG AASHTO T90-70 - T89-76**

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO			
TARA N°	9-A	8-A	11-A
NUMERO DE GOLPES	43	30	24
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	43.33	47.47	41.06
PESO TARA + MUESTRA SECA	38.61	41.78	36.34
PESO DEL AGUA	4.72	5.69	4.72
PESO DE LA TARA	13.97	13.24	13.69
PESO MUESTRA SECA	24.64	28.54	22.65
CONTENIDO DE AGUA %	19.16	19.94	20.84

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO		
TARA N°	23-A	13-B
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	15.53	15.40
PESO TARA + MUESTRA SECA	14.82	14.70
PESO DEL AGUA	0.71	0.70
PESO DE LA TARA	9.49	9.49
PESO MUESTRA SECA	5.33	5.21
CONTENIDO DE AGUA %	13.32	13.44

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



RESUMEN	
HUMEDAD NATURAL	8.08
LIMITE LIQUIDO	20.60
LIMITE PLASTICO	13.38
INDICE DE PLASTICIDAD	7.22

CLASIFICACIÓN UNIFICADA	
<b>P 5</b>	<b>GW - GC</b>
Grava bien graduada con arcilla y arena	

OBSERVACIONES:

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO MPOR TAMIZADO**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 6
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,40m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	

DATOS DE LA MUESTRA TOTAL		
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA	3,592	gr
PESO RETENIDO TAMIZ N° 4	2306	gr
PESO PASA TAMIZ N° 4 HUMEDO	1,286	gr
PESO PASA TAMIZ N° 4 SECO	1,281	gr
PESO TOTAL MUESTRA SECA	3,587	gr

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO					
TAMIZ N°	ABERTURA EN [mm]	RETENIDO ACUMULADO gr	%	% QUE PASA DEL TOTAL	
3"	75.00	0.0		100.0	
2 1/2"	63.00	0.0		100.0	
2"	50.80	0.0		100.0	
1 1/2"	38.10	0.0		100.0	
1"	25.40	486.0	13.5	86.5	
3/4"	19.00	776.0	21.6	78.4	
3/8"	9.50	1,644.0	45.8	54.2	Grava (%) 64.29
No 4	4.75	2,306.0	64.3	35.7	Arena (%) 26.66
No 10	2.00	186.2	37.4	22.4	Fina (%) 9.05
No 40	0.43	320.0	64.2	12.8	TOTAL, (%) 100.00
No 200	0.08	371.8	74.7	9.1	

DATOS DEL AGREGADO FINO		
PASA N° 4 HUMEDO	500.0	gr
PASA N° 4 SECO	498.1	gr

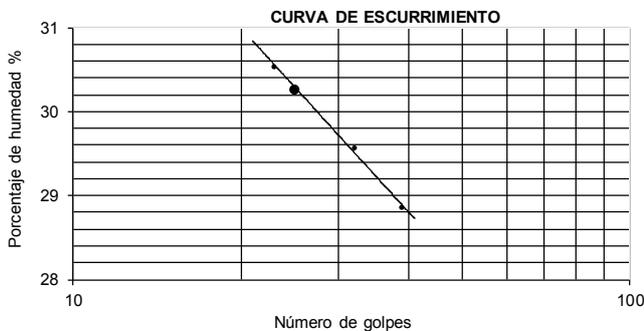
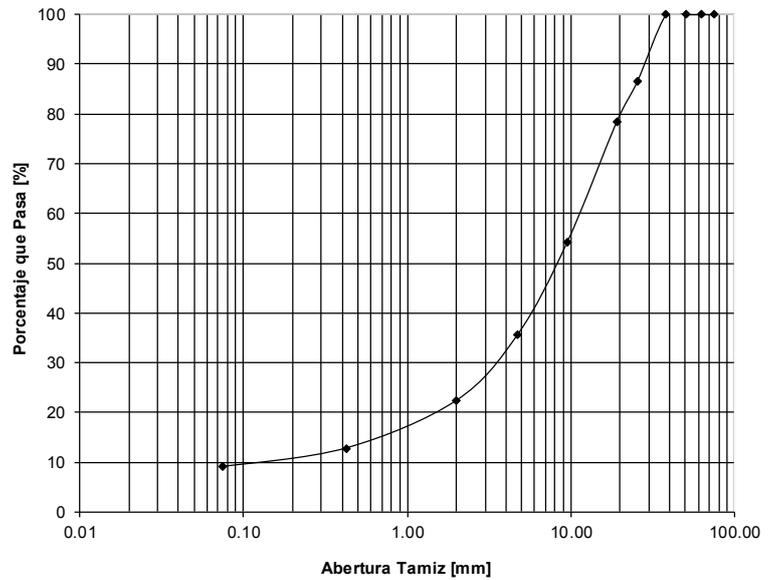
DETERMINACION DE HUMEDADES		
	NATURAL	HIGROS.
TARA N°	13	9
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	384.64	162.23
PESO TARA + MUESTRA SECA	355.50	161.74
PESO DEL AGUA	29.14	0.49
PESO DE LA TARA	29.00	34.82
PESO MUESTRA SECA	326.50	126.92
CONTENIDO DE AGUA %	8.9	0.4

**LIMITES DE ATTERBERG AASHTO T90-70 - T89-76**

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO			
TARA N°	14-A	15-A	20-A
NUMERO DE GOLPES	39	32	23
PESO TARA + MUESTRA HUMED	46.52	55.89	53.11
PESO TARA + MUESTRA SECA	39.14	46.28	43.88
PESO DEL AGUA	7.38	9.61	9.23
PESO DE LA TARA	13.56	13.77	13.65
PESO MUESTRA SECA	25.58	32.51	30.23
CONTENIDO DE AGUA %	28.85	29.56	30.53

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO		
TARA N°	14-B	26A
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	13.46	13.24
PESO TARA + MUESTRA SECA	12.94	12.73
PESO DEL AGUA	0.52	0.51
PESO DE LA TARA	9.46	9.41
PESO MUESTRA SECA	3.48	3.32
CONTENIDO DE AGUA %	14.94	15.36

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



RESUMEN	
HUMEDAD NATURAL	8.92
LIMITE LIQUIDO	30.26
LIMITE PLASTICO	15.15
INDICE DE PLASTICIDAD	15.11

CLASIFICACIÓN UNIFICADA	
<b>P 6</b>	<b>GP - GC</b>
Grava pobremente graduada con arcilla y arena	

**OBSERVACIONES:**

**DENSIDAD EN SITIO (METODO CONO DE ARENA)**

<b>ENSAYISTA:</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN:</b>	Pozo 6
<b>PROYECTO:</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6m
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	DISTRITO 6 VIACHA	<b>MATERIAL:</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO:</b>	VIACHA - LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	

**CALIBRACIÓN DEL APARATO**

Peso del aparato mas agua	5060.00
Peso del aparato vacio	830.00
Peso del agua	4230.00
Volumen del frasco de vidrio y tapa	4230.00
Peso del aparato mas arena seca al aire	6702.00
Peso de la arena seca que ocupa el aparato	5872.00
Densidad de arena secada al aire	1.39
Peso del aparato mas arena (despues de llenar el embudo)	5136.00
Peso de la arena seca para llenar el embudo	1566.00

**DETERMINACIÓN DEL PESO DE LA MUESTRA**

Porcentaje de humedad %H	5.69
Peso del suelo humedo retirado del hoyo mas vasija	5971.61
Peso de la vasija	501.00
Peso suelo humedo retirado del hoyo	5470.61
Peso del suelo seco retirado del hoyo	5176.09

**DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HOYO**

Peso arena que queda mas aparato	1672.74
Peso arena necearia p/llenar hoyo y embudo	5029.26
Peso arena para llenar el hoyo	3463.26
Volumen del hoyo	2491.55

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD**

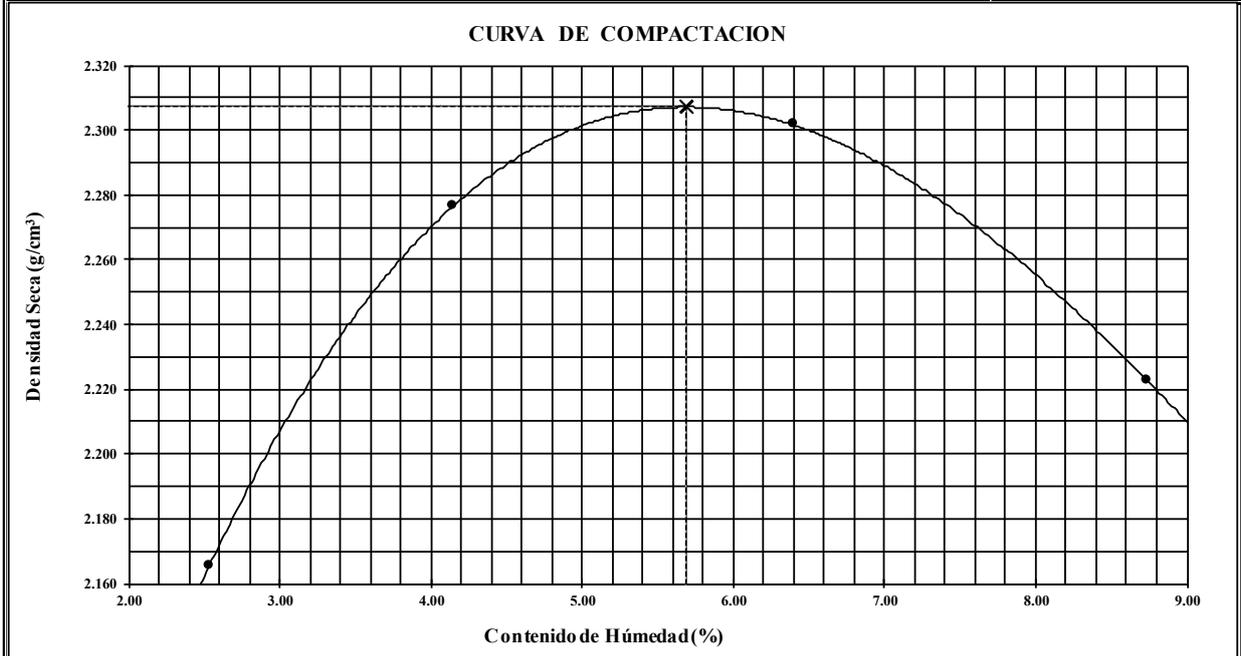
Densidad del suelo seco	2.08
Densidad máxima de la curva de compactación	2.31
Porciento de compactación que se obtiene	89.93

OBSERVACIONES:

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN AASTHO T - 180 D**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 6
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	0,60m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	

Molde No.:	2	Volumen:	2189	cm <sup>3</sup>	Peso:	5460	grs.
<b>PRUEBA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Dimensiones estandar</b>	
No de Capas	5	5	5	5		D molde	15.50
No de Golpes	56	56	56	56		H molde	11.60
Peso Muestra Húmeda + Molde (g)	10320	10650	10820	10750		V molde	2188.83
Peso Muestra Húmeda (g)	4860	5190	5360	5290		hcp	45.72
Densidad Muestra Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.220	2.371	2.449	2.417		W=Ppison	4.54
Cápsula No.	18	19	22	23		E específica	26.53
Peso Suelo Húmedo + Cápsula (g)	274.6	282.4	276.2	290.2		<b>Dimensiones del ensayo</b>	
Peso Suelo Seco + Cápsula (g)	269.0	272.6	262.4	270.6		D molde	
Peso del Agua (g)	5.6	9.8	13.8	19.6		H molde	
Peso de la Cápsula (g)	48.1	36.4	46.8	46.3		V molde	2189
Peso Suelo Seco (g)	220.9	236.2	215.6	224.3		hcp	45.72
Contenido de Humedad (%)	2.53	4.15	6.40	8.74		W=Ppison	4.52
Densidad Muestra Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.165	2.277	2.302	2.223		E específica	26.44



<b>OBSERVACIONES:</b> Cualquier raspadura o enmienda anula los resultados
---

**RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA C.B.R. AASTHO T - 193**

<b>ELABORAD</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 6
<b>PROYECTO</b> "PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b> 0,60m
<b>LOCALIZA</b> DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b> Suelo Natural
<b>DEPARTAM</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>

COMPACTACION DE LA MUESTRA						
Molde No	7		8		9	
Altura del Molde (cm)	11.6		11.6		11.6	
No de Capas	5		5		5	
No de Golpes/ Capa	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	Antes de Mojars e	D.de.M.	Antes de Mojars e	D.de.M.	Antes de Mojars e	D.de.M.
Peso Muestra Húmeda + Molde (g)	11600	11680	11520	11660	11190	11980
Peso Molde (g)	6450	6450	6590	6590	6380	6380
Peso Muestra Húmeda (g)	5150	5230	4930	5070	4810	5600
Volumen de la Muestra (cm <sup>3</sup> )	2105	2105	2105	2105	2105	2105
Densidad Muestra Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.447	2.485	2.342	2.409	2.285	2.660

HUMEDADES DE COMPACTACION Y EMBEBIMIENTO									
HUMEDAD	Fondo	Superf.	2" Sup.	Fondo	Superf.	2" Sup.	Fondo	Superf.	2" Sup.
Cápsula No	14		19	15		20	16		22
Peso Suelo Húmedo + Cápsula (g)	282.4		302.4	288.6		312.4	292.7		328.7
Peso Suelo Seco + Cápsula (g)	269.0		287.5	275.2		297.2	278.8		312.0
Peso del Agua (g)	13.4		14.9	13.4		15.2	13.9		16.7
Peso de la Cápsula (g)	34.9		36.5	43.2		46.1	38.8		49.5
Peso del Suelo Seco (g)	234.2		251.0	232.0		251.1	240.0		262.51
Contenido de Húmedad (%)	5.72		5.94	5.77		6.05	5.79		6.36
Contenido de Húm. Promedio (%)	5.72		5.94	5.77		6.05	5.79		6.36
Densidad Muestra Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.314		2.345	2.214		2.271	2.160		2.501

EXPANSION											
Fecha	Hora	Tiempo en Dias	MOLDE N° 7			MOLDE N° 8			MOLDE N° 9		
			LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA EXTEN.	EXPANSION		LECTURA EXTEN.	EXPANSION	
				(cm)	(%)		(cm)	(%)		(cm)	(%)
# <sub>i</sub> REF!	12:00	0	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.000	0.000
05/01/2018	12:00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/01/2018	12:00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/01/2018	12:00	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/01/2018	12:00	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

C B R - Factor de deformacion del anillo														
PENETRACION		CARGA ESTANDAR Kg	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
Pulg.	mm		LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR %	LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR %	LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR %
				ALCULAD	CORREGIDA			ALCULAD	CORREGIDA			ALCULAD	CORREGIDA	
0.000	0		0	0.0		0	0.0			0	0.0			
0.025	0.63		58	190.5		46	153.5			40	135.0			
0.050	1.27		190	597.2		180	566.3			172	541.7			
0.075	1.9		342	1065.5		294	917.6			256	800.5			
0.10	2.54		512	1589.2	1589.2	116.9	432	1342.8	1342.8	98.7	394	1225.7	1225.7 90.1	
0.20	5.08		832	2575.2	2575.2	126.2	710	2199.3	2199.3	107.8	610	1891.2	1891.2 92.7	
0.30	7.62		1310	4047.9			1182	3653.5			1010	3123.6		
0.40	10.16		1640	5064.6			1320	4078.7			1200	3709.0		
0.50	12.7		1930	5958.1			1614	4984.5			1412	4362.1		

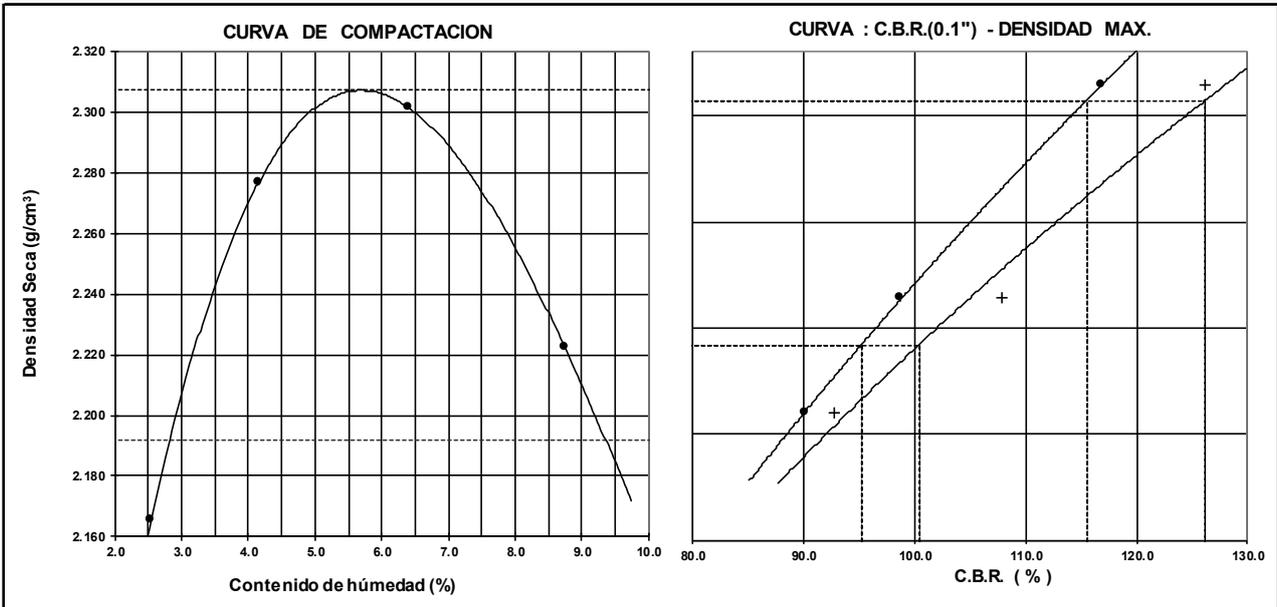
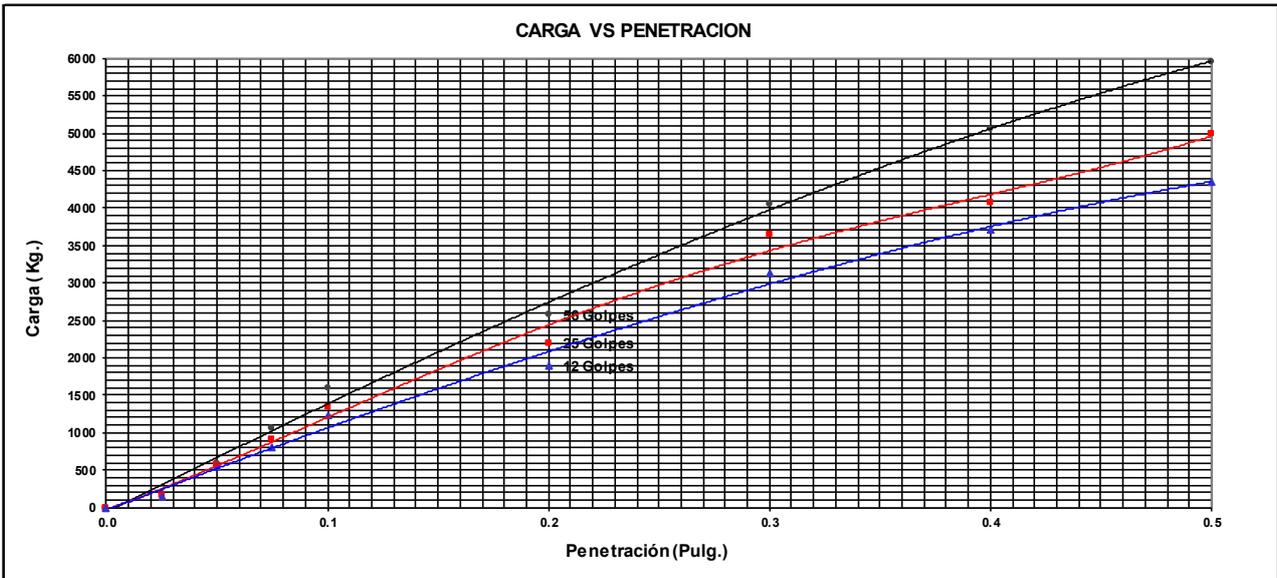
COLUMNA RESUMEN	
LL	IP
#####	NP
Clasificación	
A-1-a (0)	
Humed. Optima	Dens. Max. g/cm <sup>3</sup>
5.69	2.307
0,1" de Penetra. C.B.R. Densid. % g/cm <sup>2</sup>	
116.9	2.314
98.7	2.214
90.1	2.160
0,2" de Penetra. C.B.R. Densid. % g/cm <sup>2</sup>	
126.2	2.314
107.8	2.214
92.7	2.160
Exp. %	Densid. g/cm <sup>2</sup>
0.00	2.314
0.00	2.214
0.00	2.160

**RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA C.B.R. AASTHO T - 193**

ELABORAD ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ  
 PROYECTO "PARQUE URBANO CENTRAL"  
 LOCALIZAI DISTRITO D-6 VIACHA  
 DEPARTAM VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA

UBICACIÓN : Pozo 6  
 PROFUNDIDAD : 0,60m  
 MATERIAL : Suelo Natural  
 FECHA DE ENSAYO :

**C. B. R. AASTHO T-193 / GRAFICAS**

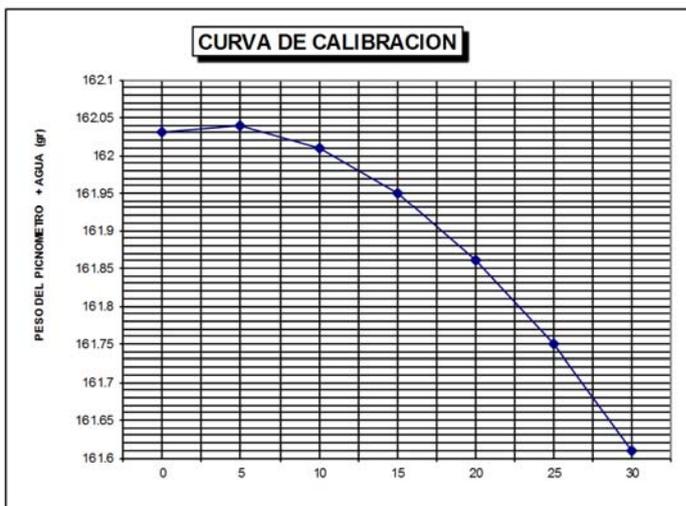


	C.B.R. (%)	
	0.1"	0.2"
Dens Max 100%	115.50	126.20
Dens Max 95%	95.20	100.40

**ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO Gs**

<b>ELABORADO :</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 6
<b>PROYECTO :</b> "PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b> 1,50 m
<b>LOCALIZACIÓN :</b> DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b> Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>

Picnometro	1			
Peso del Picnometro WB (gr)=	61.83			



$$W_{2i} = \frac{Y_w - Y_{wr}}{Y_w - Y_{wn}} (W_2 - W_B) + W_B$$

$W_{2i}$  = (Peso del picnometro + agua)  
a la temperatura "i" correspondiente

Temp. (°C)	g <sub>wn</sub>	W <sub>2i</sub>
0	0.9999	162.03
5	1.0000	162.04
10	0.9997	162.01
15	0.9991	161.95
20	0.9982	161.86
25	0.9971	161.75
30	0.9957	161.61

				Para el agua	
Picnometro N°	1			Temp T (°C)	Gt (gr/cm <sup>3</sup> )
Peso picnometro + agua + suelo : W <sub>1</sub> (gr) =	186.66			10	0.9997
Temperatura : (T) (°C) =	18			11	0.9996
Peso picnometro + agua : W <sub>2</sub> (gr) =	161.90			12	0.9995
Recipiente de evaporacion : N° =	6			13	0.9994
Peso del recipiente + suelo seco : W <sub>rs</sub> (gr) =	122.94			14	0.9993
Peso del recipiente : W <sub>r</sub> (gr) =	83.21			15	0.9991
Peso del suelo seco = W <sub>rs</sub> -W <sub>r</sub> : W <sub>s</sub> (gr) =	39.73			16	0.9990
Peso especifico del agua a Temp (T) g <sub>wT</sub> (gr/cm <sup>3</sup> ) =	0.9990			17	0.9988
Relacion entre densidades del agua : K <sub>t</sub> =	1.0004		<b>PESO ESPECIFICO</b>	18	0.9986
Peso especifico del suelo (Gs) <sub>20°C</sub> : (g <sub>s</sub> ) <sub>20°C</sub> (gr/cm <sup>3</sup> ) =	2.687		2.687	19	0.9984
				20	0.9982
				21	0.9980
				22	0.9978

$$\frac{K_T W_s}{W_s - W_1 + W_2} = Y_s 20^\circ C$$

W<sub>2</sub> = Se obtiene de la curva de calibracion para la temperatura de ensayo  
W<sub>2</sub> = 162,03

Observaciones :

### ENSAYO DE TROZO INALTERADO

<b>ELABORADO :</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 6
<b>PROYECTO :</b> "PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b> 1,50m
<b>LOCALIZACIÓN :</b> DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b> Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>

TROZO N° O IDENTIFICACION MUESTRA	0			
Profundidad (toma de muestra) (m)	1.50			
Suelo humedo mas parafina, Pmp en grs	366.2			
Peso del suelo humedo, =Ph, en grs	459.60			
Peso parafina para cubrir la muestra Pp, grs.	20.20			
Densidad de la parafina, Dp en grs por cm <sup>3</sup>	0.912			
Volumen parafina para cubrir suelo, Vp=Pp/Dp.cc	22.149			
(Cesto mas suelo cubierto con parafina ) sumergido en agua, Pcm, en grs	296.4			
Peso del cesto sumergido en agua, en grs	117.3			
Suelo cubierto con parafina sumergido en agua, Pmpa, en grs	184.6			
Volumen del suelo humedo cubierto con parafina Vmc	202.6			
Volumen del suelo humedo, Vh en cc	196.4			
Densidad del suelo humedo, Dh = Ph/ Vh, grs/cm <sup>3</sup>	2.340			
Lata o Tara N°	8			
Suelo humedo mas tara	1627.90			
Suelo seco mas tara	1546.20			
Peso del agua	81.70			
Peso de la tara	152			
Peso del suelo seco	1394.20			
Porciento de humedad %h	5.860			
Densidad del suelo seco, Ds=(Dhx100) / (100+%h)	2.211			
Peso especifico, Gs	2.644			
Relacion de vacios, e	0.21			
Saturacion, S	42			
Porosidad, n	0.26			

**OBSERVACIONES:**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080 AASTHO T2-3**

<b>ELABORADO :</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 6
<b>PROYECTO :</b> "PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b> 1,50 m
<b>LOCALIZACIÓN :</b> DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b> Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>

DATOS DE LA PROBETA	
Diametro (cm)	6.38
Area (cm)	31.97
Espesor (cm)	2.50

<b>MUESTRA :</b> 1
Probeta Remoldeada
Anillo de Carga No. 1
Factor de Calibracion 0.227
Presion Aplicada (Kg/cm2) 0.50 1.00 1.50
Ext. Vtcal (pul): 0.001 Ext. Hztal: 0,01mm.

TIEMPO (min)	LECTURAS EXTENSOMETRO HORIZONTAL			LECTURAS EXTENSOMETRO VERTICAL			DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (cm)	DESPLAZAMIENTO VERTICAL (cm)			LECTURA ANILLO DE CARGA			FUERZA DE CORTE (Kg)			TENSION DE CORTE (Kg/cm2)		
	I	II	III	I	II	III		I	II	III	0.5	100	15	0.5	100	15	0.5	100	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.12	12	1	0	-5	0.012	0.003	0.000	-0.013	40	100	80	9.08	22.70	18.16	0.28	0.71	0.57		
0.25	25	2	0	-5	0.025	0.005	0.000	-0.013	68	142	160	15.44	32.23	36.32	0.48	1.01	1.14		
0.50	50	6	7	-2	0.05	0.015	0.018	-0.005	110	188	238	24.97	42.68	54.03	0.78	1.34	1.70		
0.75	75	18	11	1	0.075	0.046	0.028	0.003	125	179	243	28.38	40.63	55.16	0.89	1.27	1.73		
1	100	24	15	5	0.1	0.061	0.038	0.013	118	170	228	26.79	38.59	51.76	0.84	1.21	1.62		
2	200	32	26	14	0.2	0.081	0.066	0.036	89	136	195	20.2	30.87	44.27	0.63	0.97	1.39		
3	300	47	33	20	0.3	0.119	0.084	0.051	70	122	168	15.89	27.69	38.14	0.50	0.87	1.20		
4	400	53	38	23	0.4	0.135	0.091	0.058	60	110	155	13.62	24.97	35.19	0.43	0.78	1.1		
5	500	57	40	25	0.5	0.145	0.102	0.064	51	105	144	11.58	23.84	32.69	0.36	0.75	1.03		
6	600	62	41	26	0.6	0.157	0.104	0.066	49	98	136	11.12	22.25	30.87	0.35	0.7	0.97		
7	700																		

Probeta I II III

**Ensayo de Contenido de Humedad**

Nota.- Las probetas fueron remoldeadas  
La densidad humeda es de 2,340(g/cm3)

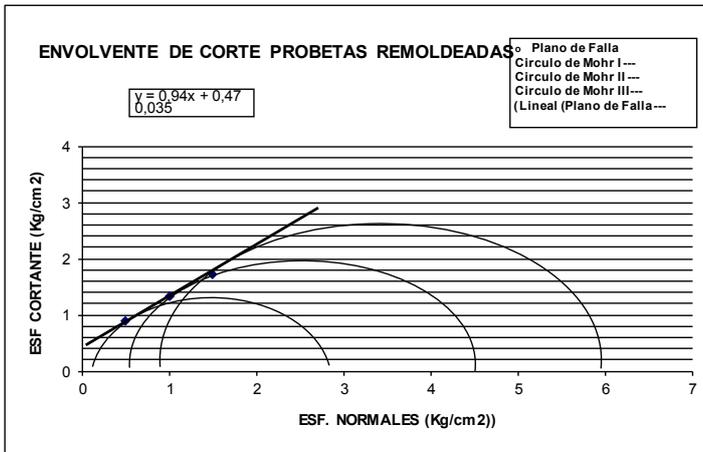
Recipiente No	3
Suelo humedo + capsula (g)	268.78
Suelo seco + capsula (g)	256.13
Peso del agua (g)	12.65
Peso de la capsula (g)	85.59
Peso del suelo seco (g)	170.54
Humedad %H	7.4

<b>DENSIDAD HUMEDA</b>	
DE ENSAYO (g/cm)	2.34
PESO ESPECIFICO RELATIVO Gs	2.687
HUMEDAD DE ENSAYO	7.42
RELACION DE VACIOS	0.21
GRADO DE SATURACION (%)	93.77

Observaciones:

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080 AASTHO T2-3**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 6
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,50 m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	

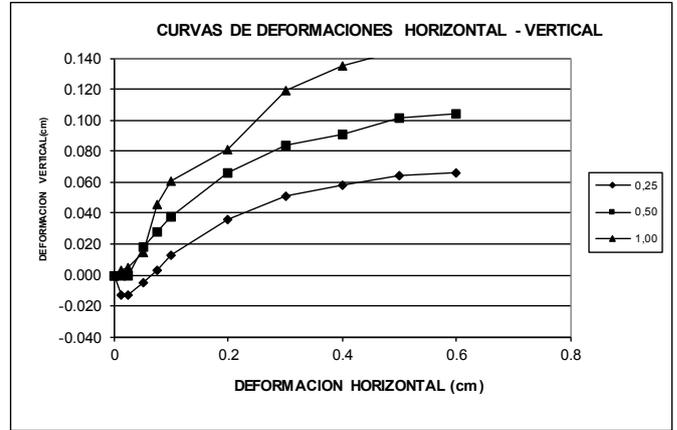
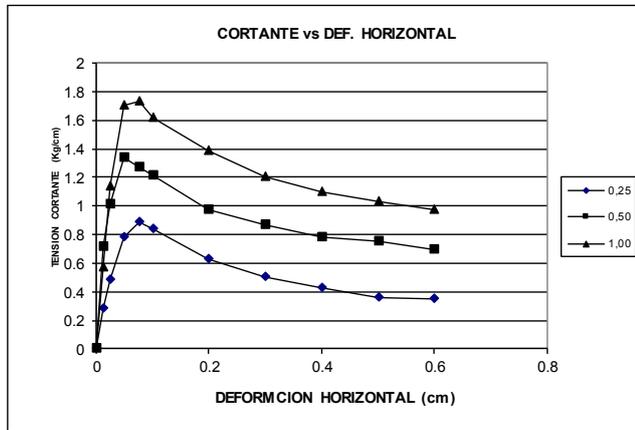


**ESFUERZOS DE CORTE DEL SUELO**

Esfuerzos normales $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.00	1.50
Esfuerzos tangenciales T (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.89	1.34	1.73

**PARAMETROS DE CORTE DEL SUELO**

COHESION C ( Kg/cm <sup>2</sup> )	0.48
PENDIENTE	0.84
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA $\phi$ (°)	40.03



Observaciones:



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO MPOR TAMIZADO**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 8
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,40m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	

DATOS DE LA MUESTRA TOTAL		
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA	4,000	gr
PESO RETENIDO TAMIZ Nº 4	2258	gr
PESO PASA TAMIZ Nº 4 HUMEDO	1,742	gr
PESO PASA TAMIZ Nº 4 SECO	1,728	gr
PESO TOTAL MUESTRA SECA	3,986	gr

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO				
TAMIZ Nº	ABERTURA EN [mm]	RETENIDO ACUMULADO		% QUE PASA DEL TOTAL
		gr	%	
3"	75.00	0.0		100.0
2 1/2"	63.00	0.0		100.0
2"	50.80	0.0		100.0
1 1/2"	38.10	94.0	2.4	97.6
1"	25.40	486.0	12.2	87.8
3/4"	19.00	752.0	18.9	81.1
3/8"	9.50	1,584.0	39.7	60.3
No 4	4.75	2,258.0	56.7	43.3
No 10	2.00	133.0	26.8	31.7
No 40	0.43	211.7	42.7	24.8
No 200	0.08	298.2	60.1	17.3

Grava (%)	56.65
Arena (%)	26.07
Fina (%)	17.28
TOTAL, (%)	100.00

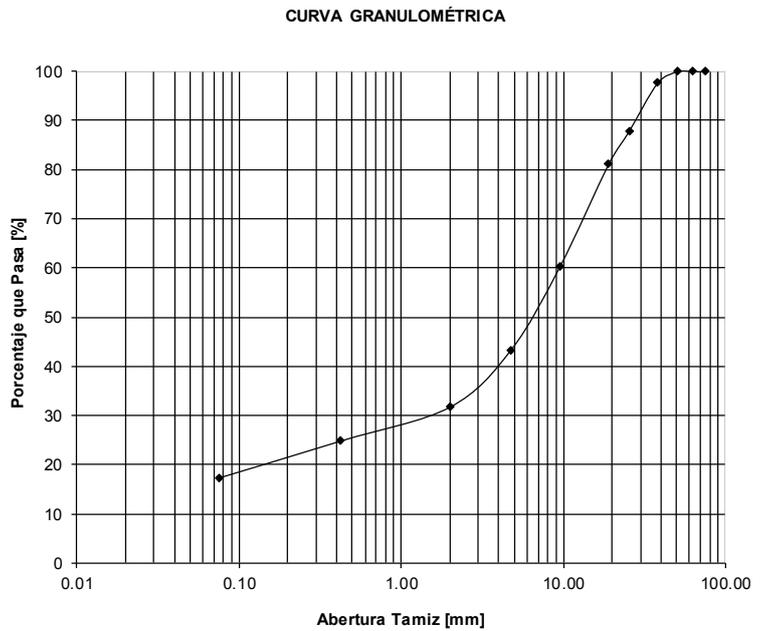
DATOS DEL AGREGADO FINO		
PASA Nº 4 HUMEDO	500.0	gr
PASA Nº 4 SECO	495.9	gr

DETERMINACION DE HUMEDADES		
	NATURAL	HIGROS.
TARA Nº	11	17
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	319.10	161.29
PESO TARA + MUESTRA SECA	301.17	160.25
PESO DEL AGUA	17.93	1.04
PESO DE LA TARA	35.29	34.87
PESO MUESTRA SECA	265.88	125.38
CONTENIDO DE AGUA %	6.7	0.8

**LIMITES DE ATTERBERG AASHTO T90-70 - T89-76**

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO		
TARA Nº	2-A	
NUMERO DE GOLPES	25	
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	51.54	
PESO TARA + MUESTRA SECA	44.82	
PESO DEL AGUA	6.72	
PESO DE LA TARA	13.23	
PESO MUESTRA SECA	31.59	
CONTENIDO DE AGUA %	21.27	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO		
TARA Nº	22-A	25-A
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	14.87	14.80
PESO TARA + MUESTRA SECA	14.26	14.18
PESO DEL AGUA	0.61	0.62
PESO DE LA TARA	9.57	9.51
PESO MUESTRA SECA	4.69	4.67
CONTENIDO DE AGUA %	13.01	13.28



RESUMEN	
HUMEDAD NATURAL	6.74
LIMITE LIQUIDO	21.27
LIMITE PLASTICO	13.14
INDICE DE PLASTICIDAD	8.13

CLASIFICACIÓN UNIFICADA	
<b>P 8</b>	<b>GC</b>
Grava arcillosa	

OBSERVACIONES:

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO MPOR TAMIZADO**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 9
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,40m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	

DATOS DE LA MUESTRA TOTAL		
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA	3,520	gr
PESO RETENIDO TAMIZ N° 4	1770	gr
PESO PASA TAMIZ N° 4 HUMEDO	1,750	gr
PESO PASA TAMIZ N° 4 SECO	1,739	gr
PESO TOTAL MUESTRA SECA	3,509	gr

DATOS DEL AGREGADO FINO		
PASA N° 4 HUMEDO	500.0	gr
PASA N° 4 SECO	496.9	gr

DETERMINACION DE HUMEDADES		
	NATURAL	HIGROS.
TARA N°	3	14
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	260.88	162.15
PESO TARA + MUESTRA SECA	246.32	161.39
PESO DEL AGUA	14.56	0.76
PESO DE LA TARA	30.10	39.42
PESO MUESTRA SECA	216.22	121.97
CONTENIDO DE AGUA %	6.7	0.6

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO				
TAMIZ N°	ABERTURA EN [mm]	RETENIDO ACUMULADO		% QUE PASA DEL TOTAL
		gr	%	
3"	75.00	0.0		100.0
2 1/2"	63.00	0.0		100.0
2"	50.80	0.0		100.0
1 1/2"	38.10	0.0		100.0
1"	25.40	392.0	11.2	88.8
3/4"	19.00	574.0	16.4	83.6
3/8"	9.50	1,184.0	33.7	66.3
No 4	4.75	1,770.0	50.4	49.6
No 10	2.00	172.8	34.8	32.3
No 40	0.43	342.8	69.0	15.4
No 200	0.08	394.6	79.4	10.2

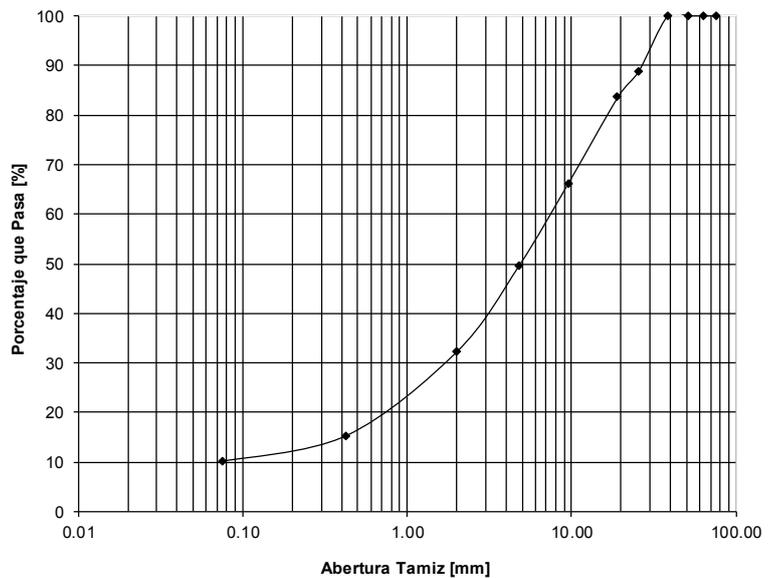
Grava (%)	50.44
Arena (%)	39.36
Fina (%)	10.20
<b>TOTAL, (%)</b>	<b>100.00</b>

**LIMITES DE ATTERBERG AASHTO T90-70 - T89-76**

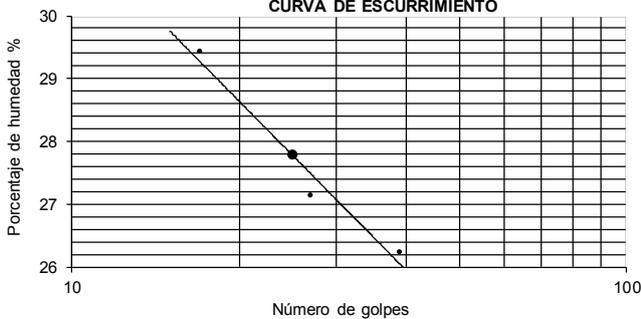
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO			
TARA N°	12-A	4-A	1-A
NUMERO DE GOLPES	39	27	17
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	49.36	48.15	48.59
PESO TARA + MUESTRA SECA	41.90	40.72	40.55
PESO DEL AGUA	7.46	7.43	8.04
PESO DE LA TARA	13.46	13.34	13.22
PESO MUESTRA SECA	28.44	27.38	27.33
CONTENIDO DE AGUA %	26.23	27.14	29.42

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO		
TARA N°	23-A	30-A
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	13.40	13.32
PESO TARA + MUESTRA SECA	12.95	12.89
PESO DEL AGUA	0.45	0.43
PESO DE LA TARA	9.49	9.55
PESO MUESTRA SECA	3.46	3.34
CONTENIDO DE AGUA %	13.01	12.87

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**CURVA DE ESCURRIMIENTO**



RESUMEN	
HUMEDAD NATURAL	6.73
LIMITE LIQUIDO	27.78
LIMITE PLASTICO	12.94
INDICE DE PLASTICIDAD	14.84

CLASIFICACIÓN UNIFICADA	
<b>P 9</b>	<b>GP - GC</b>
Grava pobremente graduada con arcilla y arena	

OBSERVACIONES:

**DENSIDAD EN SITIO (METODO CONO DE ARENA)**

<b>ENSAYISTA:</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN:</b>	Pozo 9
<b>PROYECTO:</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6m
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	DISTRITO 6 VIACHA	<b>MATERIAL:</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO:</b>	VIACHA - LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	

**CALIBRACIÓN DEL APARATO**

Peso del aparato mas agua	5060.00
Peso del aparato vacio	830.00
Peso del agua	4230.00
Volumen del frasco de vidrio y tapa	4230.00
Peso del aparato mas arena seca al aire	6702.00
Peso de la arena seca que ocupa el aparato	5872.00
Densidad de arena secada al aire	1.39
Peso del aparato mas arena (despues de llenar el embudo)	5164.10
Peso de la arena seca para llenar el embudo	1537.90

**DETERMINACIÓN DEL PESO DE LA MUESTRA**

Porcentaje de humedad %H	6.74
Peso del suelo humedo retirado del hoyo mas vasija	5778.84
Peso de la vasija	501.00
Peso suelo humedo retirado del hoyo	5277.84
Peso del suelo seco retirado del hoyo	4944.58

**DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HOYO**

Peso arena que queda mas aparato	1847.25
Peso arena necesaria p/llenar hoyo y embudo	4854.75
Peso arena para llenar el hoyo	3316.85
Volumen del hoyo	2386.22

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD**

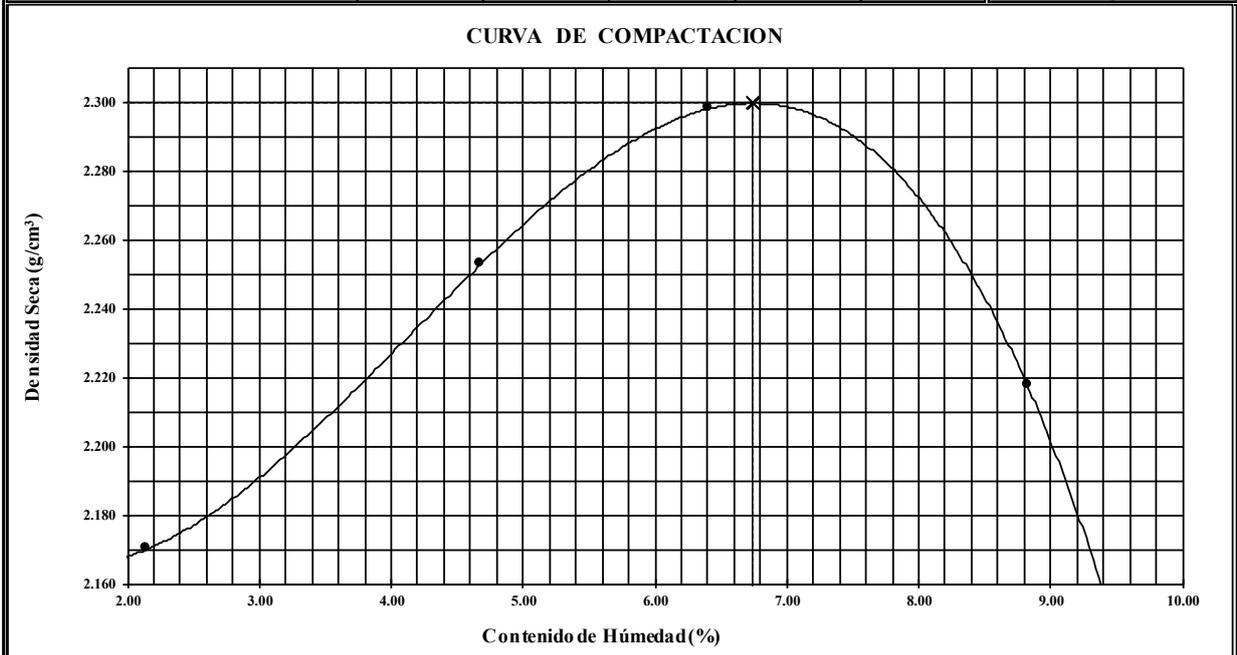
Densidad del suelo seco	2.07
Densidad máxima de la curva de compactación	2.30
Porciento de compactación que se obtiene	90.09

OBSERVACIONES:

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN AASTHO T - 180 D**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 9
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	0,60m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	

Molde No.:	2	Volumen:	2189	cm <sup>3</sup>	Peso:	5468	grs.
<b>PRUEBA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Dimensiones estandar</b>	
No de Capas	5	5	5	5		D molde	15.50
No de Golpes	56	56	56	56		H molde	11.60
Peso Muestra Húmeda + Molde (g)	10320	10630	10820	10750		V molde	2188.83
Peso Muestra Húmeda (g)	4852	5162	5352	5282		hcp	45.72
Densidad Muestra Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.217	2.358	2.445	2.413		W=Ppison	4.54
Cápsula No.	8	12	9	14		E específica	26.53
Peso Suelo Húmedo + Cápsula (g)	187.8	190.1	196.5	171.6		<b>Dimensiones del ensayo</b>	
Peso Suelo Seco + Cápsula (g)	184.6	183.2	186.8	160.9		D molde	
Peso del Agua (g)	3.2	6.9	9.7	10.7		H molde	
Peso de la Cápsula (g)	35.8	35.8	34.8	39.4		V molde	2189
Peso Suelo Seco (g)	148.8	147.4	152.0	121.5		hcp	45.72
Contenido de Humedad (%)	2.15	4.68	6.41	8.82		W=Ppison	4.52
Densidad Muestra Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.170	2.253	2.298	2.217		E específica	26.44



<b>RESULTADOS</b>	
<b>DENSIDAD MAXIMA SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.300</b>
<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>	<b>6.74</b>

**OBSERVACIONES:** Cualquier raspadura o enmienda anula los resultados

**RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA C.B.R. AASTHO T - 193**

<b>ELABORAD</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ <b>PROYECTO</b> "PARQUE URBANO CENTRAL" <b>LOCALIZA</b> DISTRITO D-6 VIACHA <b>DEPARTAM</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>UBICACIÓN</b> : Pozo 9 <b>PROFUNDIDAD</b> : 0,60m <b>MATERIAL</b> : Suelo Natural <b>FECHA DE ENSAYO</b> :
---	--

COMPACTACION DE LA MUESTRA						
Molde No	1		2		3	
Altura del Molde (cm)	11.5		11.4		11.5	
No de Capas	5		5		5	
No de Golpes/ Capa	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	Antes de Mojars e	D.de.M.	Antes de Mojars e	D.de.M.	Antes de Mojars e	D.de.M.
Peso Muestra Húmeda + Molde (g)	11650	11740	11810	12250	11980	12160
Peso Molde (g)	6530	6530	6800	6800	7170	7170
Peso Muestra Húmeda (g)	5120	5210	5010	5450	4810	4990
Volumen de la Muestra (cm <sup>3</sup> )	2087	2087	2096	2096	2114	2114
Densidad Muestra Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.453	2.496	2.390	2.600	2.275	2.360

COLUMNA RESUMEN	
LL	IP
	NP
<b>Clasificación</b>	
A-1 a (0)	
Humed. Optima %	Dens Max. g/cm <sup>2</sup>
6.74	2.300
<b>0,1" de Penetra.</b>	
C.B.R.	Densid.
%	g/cm <sup>2</sup>
111.9	2.307
100.5	2.236
87.0	2.131
<b>0,2" de Penetra.</b>	
C.B.R.	Densid.
%	g/cm <sup>2</sup>
119.9	2.307
109.3	2.236
94.2	2.131
Exp.	Densid.
%	g/cm <sup>2</sup>
0.00	2.307
0.00	2.236
0.00	2.131

HUMEDADES DE COMPACTACION Y EMBEBIMIENTO									
HUMEDAD	Fondo	Superf.	2" Sup.	Fondo	Superf.	2" Sup.	Fondo	Superf.	2" Sup.
Cápsula No	15		8	16		9	17		12
Peso Suelo Húmedo + Cápsula (g)	312.4		324.6	296.8		304.6	318.6		326.6
Peso Suelo Seco + Cápsula (g)	296.4		306.8	280.2		286.9	300.6		306.0
Peso del Agua (g)	16.0		17.8	16.6		17.7	18.0		20.6
Peso de la Cápsula (g)	43.2		35.8	38.8		34.8	34.9		35.8
Peso del Suelo Seco (g)	253.2		271.0	241.4		252.1	265.8		270.18
Contenido de Humedad (%)	6.32		6.57	6.88		7.02	6.77		7.62
Contenido de Húm. Promedio (%)	6.32		6.57	6.88		7.02	6.77		7.62
Densidad Muestra Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.307		2.343	2.236		2.430	2.131		2.193

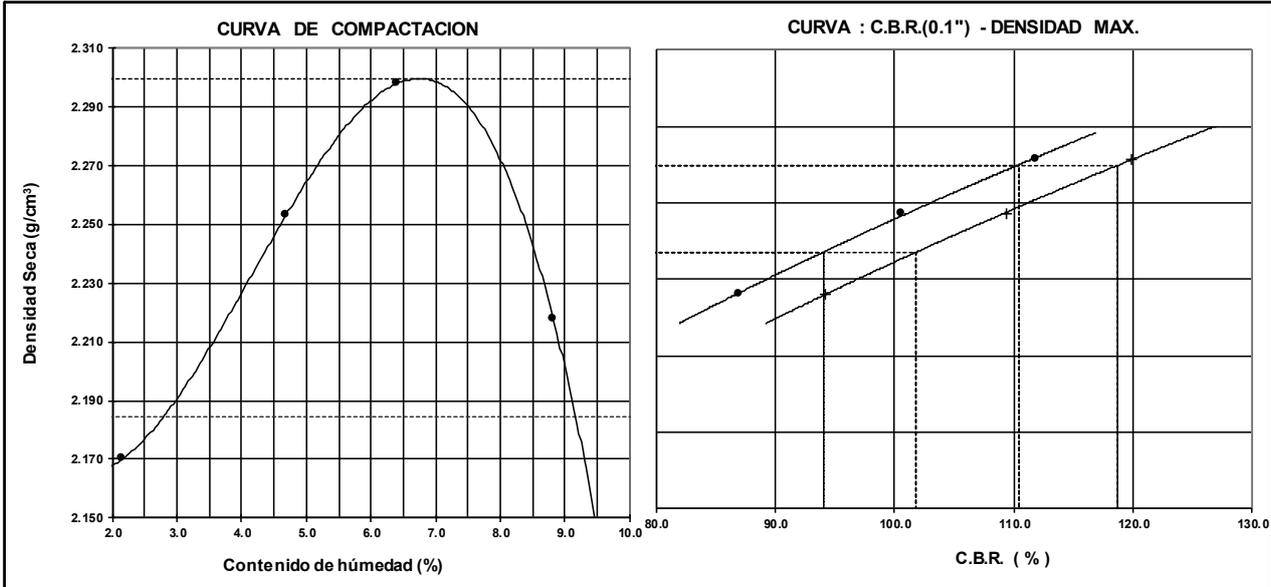
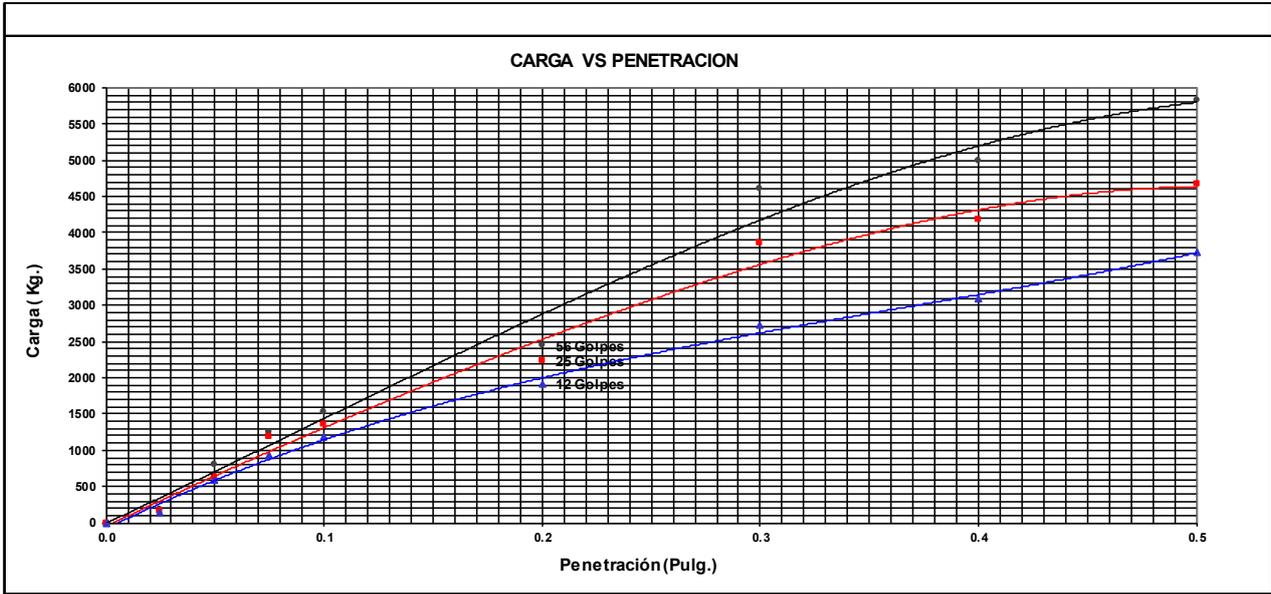
EXPANSION											
Fecha	Hora	Tiempo en Dias	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA EXTEN.	EXPANSION		LECTURA EXTEN.	EXPANSION	
				(cm)	(%)		(cm)	(%)		(cm)	(%)
#iREF!	14:00	0	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.000	0.000
05/01/2018	14:00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/01/2018	14:00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/01/2018	14:00	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/01/2018	14:00	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

C B R - Factor de deformacion del anillo														
PENETRACION		CARGA ESTANDAR Kg	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
Pulg.	mm		LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR	LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR	LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR
		ALCULAD		CORREGIDA	%			ALCULAD	CORREGIDA			%	ALCULAD	
0.000	0		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025	0.63		54	178.1			48	159.7			40	135.0		
0.050	1.27		260	812.8			200	628.0			188	591.0		
0.075	1.9		400	1244.2			382	1188.7			300	936.1		
0.10	2.54		490	1521.5	1521.5	111.9	440	1367.4	1367.4	100.5	380	1182.5	1182.5	
0.20	5.08		790	2445.8	2445.8	119.9	720	2230.1	2230.1	109.3	620	1922.0	1922.0	
0.30	7.62		1490	4602.5			1250	3863.0			878	2716.9		
0.40	10.16		1620	5003.0			1350	4171.1			998	3086.6		
0.50	12.7		1890	5834.9			1510	4664.1			1210	3739.8		

**RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA C.B.R. AASTHO T - 193**

ELABORAD ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ PROYECTO "PARQUE URBANO CENTRAL" LOCALIZAI DISTRITO D-6 VIACHA DEPARTAM VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	UBICACIÓN : Pozo 9 PROFUNDIDAD : 0.60m MATERIAL : Suelo Natural FECHA DE ENSAYO :
--	--

**C. B. R. AASTHO T-193 / GRAFICAS**



	C.B.R. (%)	
	0.1"	0.2"
Dens Max 100%	110.40	118.70
Dens Max 95%	94.00	101.80

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO MPOR TAMIZADO**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 10
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,50m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	

DATOS DE LA MUESTRA TOTAL		
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA	2,432	gr
PESO RETENIDO TAMIZ Nº 4	10	gr
PESO PASA TAMIZ Nº 4 HUMEDO	2,422	gr
PESO PASA TAMIZ Nº 4 SECO	2,392	gr
PESO TOTAL MUESTRA SECA	2,402	gr

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO				
TAMIZ Nº	ABERTURA EN [mm]	RETENIDO ACUMULADO		% QUE PASA DEL TOTAL
		gr	%	
3"	75.00	0.0		100.0
2 1/2"	63.00	0.0		100.0
2"	50.80	0.0		100.0
1 1/2"	38.10	0.0		100.0
1"	25.40	0.0		100.0
3/4"	19.00	0.0		100.0
3/8"	9.50	4.0	0.2	99.8
No 4	4.75	10.0	0.4	99.6
No 10	2.00	2.2	0.4	99.1
No 40	0.43	10.9	2.2	97.4
No 200	0.08	126.0	25.5	74.2

Grava (%)	0.42
Arena (%)	25.40
Fina (%)	74.18
<b>TOTAL (%)</b>	<b>100.00</b>

DATOS DEL AGREGADO FINO		
PASA Nº 4 HUMEDO	500.0	gr
PASA Nº 4 SECO	493.9	gr

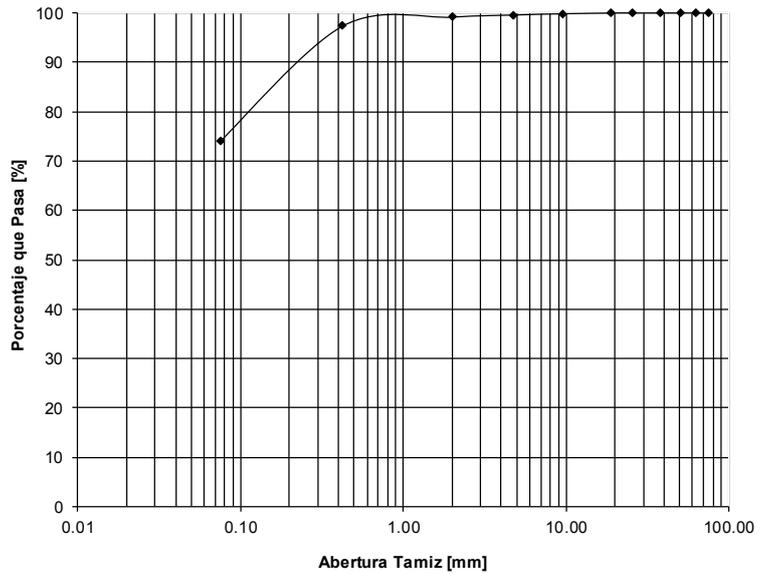
DETERMINACION DE HUMEDADES		
	NATURAL	HIGROS.
TARA Nº	5	10
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	237.34	172.69
PESO TARA + MUESTRA SECA	208.85	171.10
PESO DEL AGUA	28.49	1.59
PESO DE LA TARA	35.63	43.17
PESO MUESTRA SECA	173.22	127.93
CONTENIDO DE AGUA %	16.4	1.2

**LIMITES DE ATTERBERG AASHTO T90-70 - T89-76**

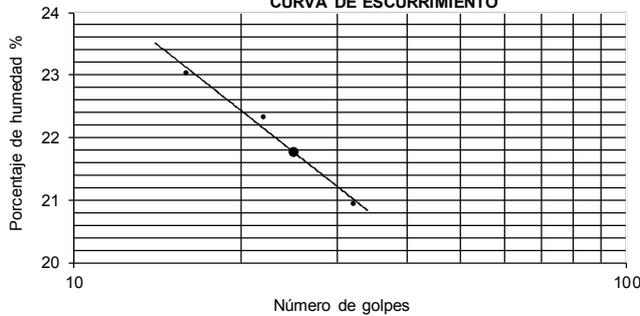
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO			
TARA Nº	10-A	17-A	7-A
NUMERO DE GOLPES	32	22	16
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	52.17	53.73	54.51
PESO TARA + MUESTRA SECA	45.46	46.39	46.81
PESO DEL AGUA	6.71	7.34	7.70
PESO DE LA TARA	13.41	13.50	13.36
PESO MUESTRA SECA	32.05	32.89	33.45
CONTENIDO DE AGUA %	20.94	22.32	23.02

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO			
TARA Nº	21-A	24-A	
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	14.10	14.15	
PESO TARA + MUESTRA SECA	13.49	13.55	
PESO DEL AGUA	0.61	0.60	
PESO DE LA TARA	9.49	9.58	
PESO MUESTRA SECA	4.00	3.97	
CONTENIDO DE AGUA %	15.25	15.11	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**CURVA DE ESCURRIMIENTO**



RESUMEN	
HUMEDAD NATURAL	16.45
LIMITE LIQUIDO	21.75
LIMITE PLASTICO	15.18
INDICE DE PLASTICIDAD	6.57

CLASIFICACIÓN UNIFICADA	
<b>P 10</b>	<b>CL - ML</b>
Arcilla con limo y arena muy fina	

OBSERVACIONES:

**DENSIDAD EN SITIO (METODO CONO DE ARENA)**

<b>ENSAYISTA:</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN:</b>	Pozo 10
<b>PROYECTO:</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.6m
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	DISTRITO 6 VIACHA	<b>MATERIAL:</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO:</b>	VIACHA - LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	

**CALIBRACIÓN DEL APARATO**

Peso del aparato mas agua	5060.00
Peso del aparato vacio	830.00
Peso del agua	4230.00
Volumen del frasco de vidrio y tapa	4230.00
Peso del aparato mas arena seca al aire	6313.00
Peso de la arena seca que ocupa el aparato	5483.00
Densidad de arena secada al aire	1.39
Peso del aparato mas arena (despues de llenar el embudo)	5063.00
Peso de la arena seca para llenar el embudo	1250.00

**DETERMINACIÓN DEL PESO DE LA MUESTRA**

Porcentaje de humedad %H	7.99
Peso del suelo humedo retirado del hoyo mas vasija	4969.45
Peso de la vasija	501.00
Peso suelo humedo retirado del hoyo	4468.45
Peso del suelo seco retirado del hoyo	4137.84

**DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HOYO**

Peso arena que queda mas aparato	1325.30
Peso arena necearia p/llenar hoyo y embudo	4987.70
Peso arena para llenar el hoyo	3737.70
Volumen del hoyo	2688.99

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD**

Densidad del suelo seco	1.54
Densidad máxima de la curva de compactación	1.96
Porciento de compactación que se obtiene	78.51

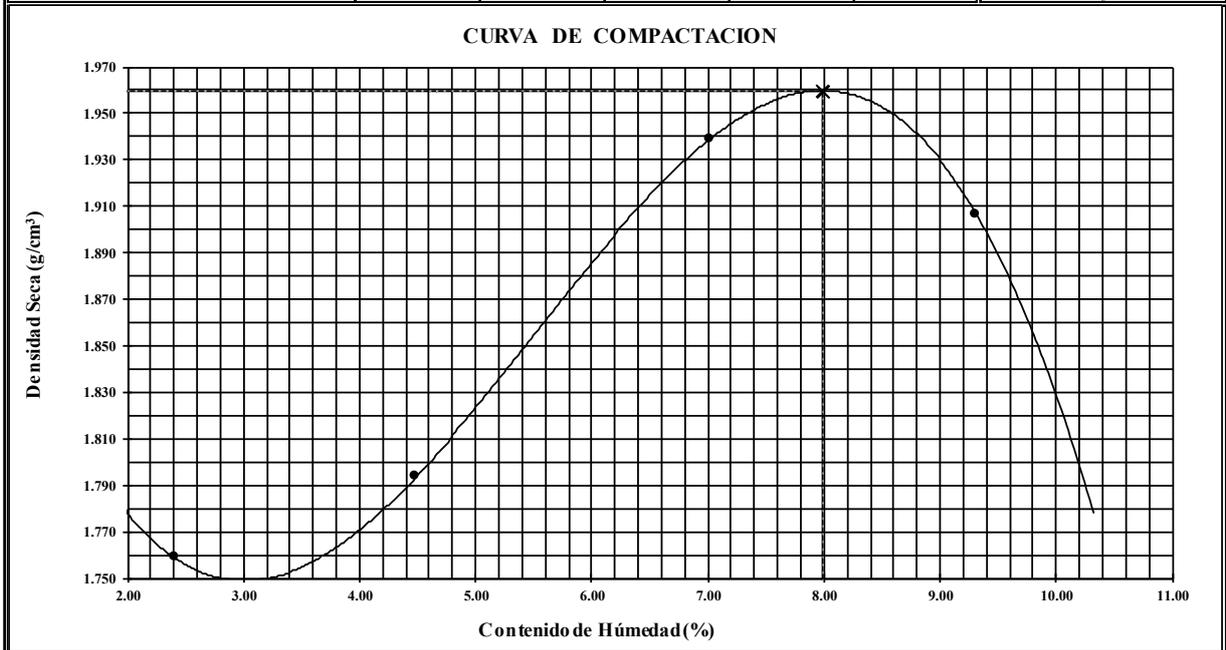
OBSERVACIONES:

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN AASTHO T - 180 D**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 10
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	0,60m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	

**ENSAYO DE COMPACTACION AASTHO T - 180 D**

Molde No.:	2		Volumen:	2189 cm <sup>3</sup>		Peso:	5468 grs.	
<b>PRUEBA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Dimensiones estandar</b>		
No de Capas	5	5	5	5		D molde	15.50	
No de Golpes	56	56	56	56		H molde	11.60	
Peso Muestra Húmeda + Molde (g)	9410	9570	10010	10030		V molde	2188.83	
Peso Muestra Húmeda (g)	3942	4102	4542	4562		hcp	45.72	
Densidad Muestra Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.801	1.874	2.075	2.084		W=Ppison	4.54	
Cápsula No.	19	22	20	24		E específica	26.53	
Peso Suelo Húmedo + Cápsula (g)	225.2	212.8	186.7	248.6		<b>Dimensiones del ensayo</b>		
Peso Suelo Seco + Cápsula (g)	220.8	205.8	177.5	231.4		D molde		
Peso del Agua (g)	4.5	7.0	9.2	17.2		H molde		
Peso de la Cápsula (g)	36.5	49.5	46.1	46.3		V molde	2189	
Peso Suelo Seco (g)	184.3	156.3	131.4	185.1		hcp	45.72	
Contenido de Humedad (%)	2.41	4.49	7.02	9.32		W=Ppison	4.52	
Densidad Muestra Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.759	1.794	1.939	1.907		E específica	26.44	



<b>RESULTADOS</b>	
<b>DENSIDAD MAXIMA SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.960
<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>	7.99

**OBSERVACIONES:** Cualquier raspadura o enmienda anula los resultados

**RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA C.B.R. AASTHO T - 193**

<b>ELABORAD</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 10
<b>PROYECTO</b> "PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b> 0,60m
<b>LOCALIZACI</b> DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b> Suelo Natural
<b>DEPARTAM</b> VIACHA - LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>

COMPACTACION DE LA MUESTRA						
Molde No	13		14		15	
Altura del Molde (cm)	11.5		11.5		11.6	
No de Capas	5		5		5	
No de Golpes/ Capa	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	Antes de Mojarse	D.de.M.	Antes de Mojarse	D.de.M.	Antes de Mojarse	D.de.M.
Peso Muestra Húmeda + Molde (g)	11830	12250	11380	11860	11400	11940
Peso Molde (g)	7300	7300	7220	7220	7350	7350
Peso Muestra Húmeda (g)	4530	4950	4160	4640	4050	4590
Volumen de la Muestra (cm <sup>3</sup> )	2114	2114	2142	2142	2161	2161
Densidad Muestra Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.143	2.342	1.942	2.166	1.874	2.124

HUMEDADES DE COMPACTACION Y EMBEBIMIENTO									
HUMEDAD	Fondo	Superf.	2" Sup.	Fondo	Superf.	2" Sup.	Fondo	Superf.	2" Sup.
Cápsula No	12		7	4		1	13		10
Peso Suelo Húmedo + Cápsula (g)	207.4		241.7	218.0		295.3	227.2		277.1
Peso Suelo Seco + Cápsula (g)	194.9		204.6	204.8		247.1	212.7		239.4
Peso del Agua (g)	12.5		37.1	13.2		48.2	14.5		37.7
Peso de la Cápsula (g)	35.8		35.4	30.5		29.6	29.0		35.8
Peso del Suelo Seco (g)	159.1		169.2	174.3		217.5	183.7		203.65
Contenido de Humedad (%)	7.86		21.92	7.60		22.15	7.88		18.49
Contenido de Húm. Promedio (%)	7.86		21.92	7.60		22.15	7.88		18.49
Densidad Muestra Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.987		1.920	1.805		1.773	1.737		1.793

EXPANSION														
Fecha	Hora	Tiempo en Dias	MOLDE N° 13				MOLDE N° 14				MOLDE N° 15			
			LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA EXTEN.	EXPANSION		LECTURA EXTEN.	EXPANSION				
				(cm)	(%)		(cm)	(%)		(cm)	(%)			
#jREF!	10:00	0	0	0.00	0.000	0	0.00	0.000	0	0.000	0.000			
05/01/2018	10:00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
06/01/2018	10:00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
07/01/2018	10:00	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
08/01/2018	10:00	4	3.38	0.34	2.94	3.95	0.40	3.43	6.08	0.61	5.24			

C B R - Factor de deformacion del anillo														
PENETRACION		CARGA ESTANDAR Kg	MOLDE N° 13				MOLDE N° 14				MOLDE N° 15			
Pulg.	mm		LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR %	LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR %	LECTURA DIAL	CARGA (kg)		CBR %
		ALCULAD		CORREGIDA				ALCULAD	CORREGIDA				ALCULAD	
0.000	0		0	0.0		0	0.0			0	0.0			
0.025	0.63		3	21.0		3	21.0			2	17.9			
0.050	1.27		7	33.3		5	27.2			3	21.0			
0.075	1.9		8	36.4		7	33.3			5	27.2			
0.10	2.54		10	42.6	42.6	3.1	8	36.4	36.4	2.7	6	30.3	30.3	2.2
0.20	5.08		20	73.4	73.4	3.6	18	67.2	67.2	3.3	15	58.0	58.0	2.8
0.30	7.62		27	95.0			25	88.8			20	73.4		
0.40	10.16		41	138.1			30	104.2			29	101.1		
0.50	12.7		54	178.1			42	141.2			33	113.4		

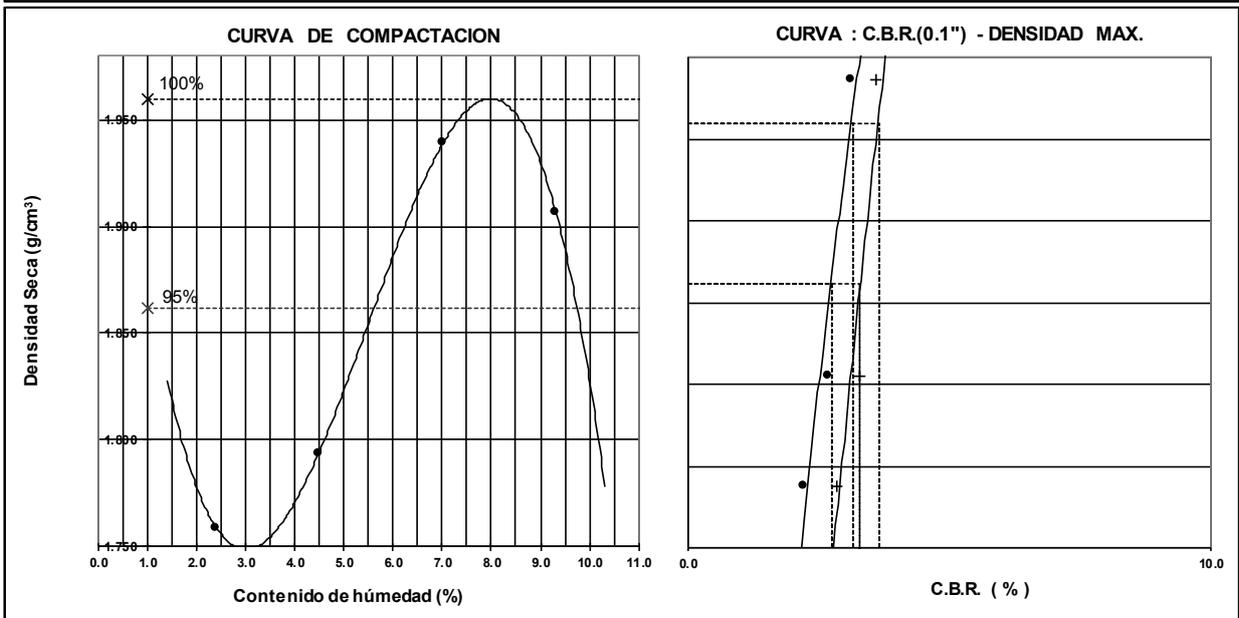
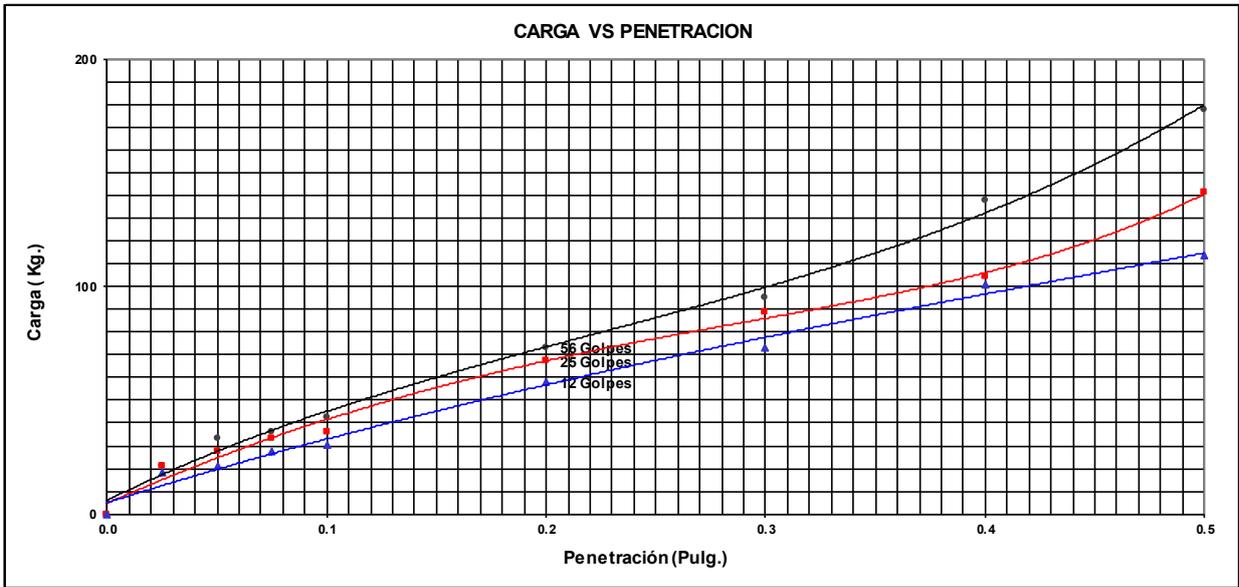
COLUMNA RESUMEN	
LL	IP
23.03	8.090
<b>Clasificación</b>	
A-4 (7)	
Humed. Optima	Dens. Max. g/cm <sup>3</sup>
7.99	1.960
<b>0,1" de Penetra.</b>	
C.B.R.	Densid.
%	g/cm <sup>2</sup>
3.1	1.987
2.7	1.805
2.2	1.737
<b>0,2" de Penetra.</b>	
C.B.R.	Densid.
%	g/cm <sup>2</sup>
3.6	1.987
3.3	1.805
2.8	1.737
Exp.	Densid.
%	g/cm <sup>2</sup>
2.94	1.987
3.43	1.805
5.24	1.737

**RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA C.B.R. AASTHO T - 193**

ELABORAD ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ  
 PROYECTO "PARQUE URBANO CENTRAL"  
 LOCALIZA( DISTRITO D-6 VIACHA  
 DEPARTAM VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA

UBICACIÓN : Pozo 10  
 PROFUNDIDAD : 0,60m  
 MATERIAL : Suelo Natural  
 FECHA DE ENSAYO :

**C. B. R. AASTHO T-193 / GRAFICAS**



	C.B.R. (%)	
	0.1"	0.2"
Dens Max 100%	3.15	3.66
Dens Max 95%	2.74	3.30

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO MPOR TAMIZADO**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 11
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,45m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	

DATOS DE LA MUESTRA TOTAL		
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA	3,002	gr
PESO RETENIDO TAMIZ N° 4	1310	gr
PESO PASA TAMIZ N° 4 HUMEDO	1,692	gr
PESO PASA TAMIZ N° 4 SECO	1,679	gr
PESO TOTAL MUESTRA SECA	2,989	gr

ENSAYO DE GRANULOMETRIA POR TAMIZADO				
TAMIZ N°	ABERTURA EN [mm]	RETENIDO ACUMULADO		% QUE PASA DEL TOTAL
		gr	%	
3"	75.00	0.0		100.0
2 1/2"	63.00	0.0		100.0
2"	50.80	0.0		100.0
1 1/2"	38.10	0.0		100.0
1"	25.40	120.0	4.0	96.0
3/4"	19.00	206.0	6.9	93.1
3/8"	9.50	768.0	25.7	74.3
No 4	4.75	1,310.0	43.8	56.2
No 10	2.00	145.5	29.3	39.7
No 40	0.43	317.6	64.0	20.2
No 200	0.08	396.6	79.9	11.3

DATOS DEL AGREGADO FINO		
PASA N° 4 HUMEDO	500.0	gr
PASA N° 4 SECO	496.2	gr

Grava (%)	43.82
Arena (%)	44.90
Fina (%)	11.27
<b>TOTAL, (%)</b>	<b>100.00</b>

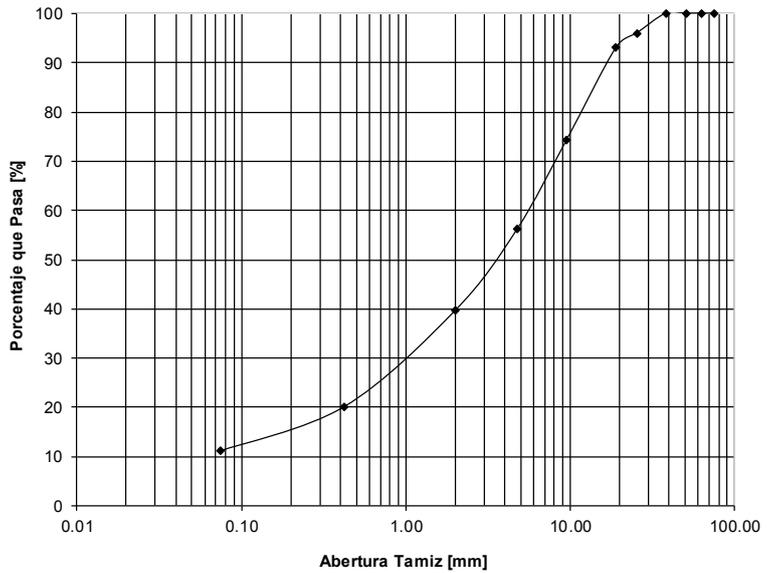
DETERMINACION DE HUMEDADES		
	NATURAL	HIGROS.
TARA N°	18	11
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	300.55	130.43
PESO TARA + MUESTRA SECA	278.28	129.69
PESO DEL AGUA	22.27	0.74
PESO DE LA TARA	48.12	32.14
PESO MUESTRA SECA	230.16	97.55
CONTENIDO DE AGUA %	9.7	0.8

**LIMITES DE ATTERBERG AASHTO T90-70 - T89-76**

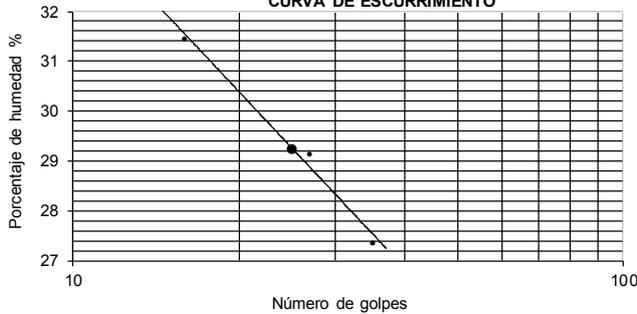
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO			
TARA N°	15-A	2-A	16-A
NUMERO DE GOLPES	35	27	16
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	49.02	42.22	41.65
PESO TARA + MUESTRA SECA	41.28	35.68	35.01
PESO DEL AGUA	7.74	6.54	6.64
PESO DE LA TARA	12.98	13.23	13.89
PESO MUESTRA SECA	28.30	22.45	21.12
CONTENIDO DE AGUA %	27.35	29.13	31.44

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO		
TARA N°	13-B	29-A
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	13.77	13.86
PESO TARA + MUESTRA SECA	13.26	13.35
PESO DEL AGUA	0.51	0.51
PESO DE LA TARA	9.49	9.56
PESO MUESTRA SECA	3.77	3.79
CONTENIDO DE AGUA %	13.53	13.46

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**CURVA DE ESCURRIMIENTO**



RESUMEN	
HUMEDAD NATURAL	9.68
LIMITE LIQUIDO	29.22
LIMITE PLASTICO	13.49
INDICE DE PLASTICIDAD	15.73

CLASIFICACIÓN UNIFICADA	
<b>P 11</b>	<b>GW - GC</b>
Grava bien graduada con arcilla y arena	

OBSERVACIONES:

**ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO MPOR TAMIZADO**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 12
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,50m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	

DATOS DE LA MUESTRA TOTAL		
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA	4,642	gr
PESO RETENIDO TAMIZ N° 4	3136	gr
PESO PASA TAMIZ N° 4 HUMEDO	1,506	gr
PESO PASA TAMIZ N° 4 SECO	1,498	gr
PESO TOTAL MUESTRA SECA	4,634	gr

DATOS DEL AGREGADO FINO		
PASA N° 4 HUMEDO	500.0	gr
PASA N° 4 SECO	497.4	gr

DETERMINACION DE HUMEDADES		
	NATURAL	HIGROS.
TARA N°	23	13
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	292.22	134.29
PESO TARA + MUESTRA SECA	277.36	133.77
PESO DEL AGUA	14.86	0.52
PESO DE LA TARA	46.79	32.69
PESO MUESTRA SECA	230.57	101.08
CONTENIDO DE AGUA %	6.4	0.5

**LIMITES DE ATTERBERG AASHTO T90-70 - T89-76**

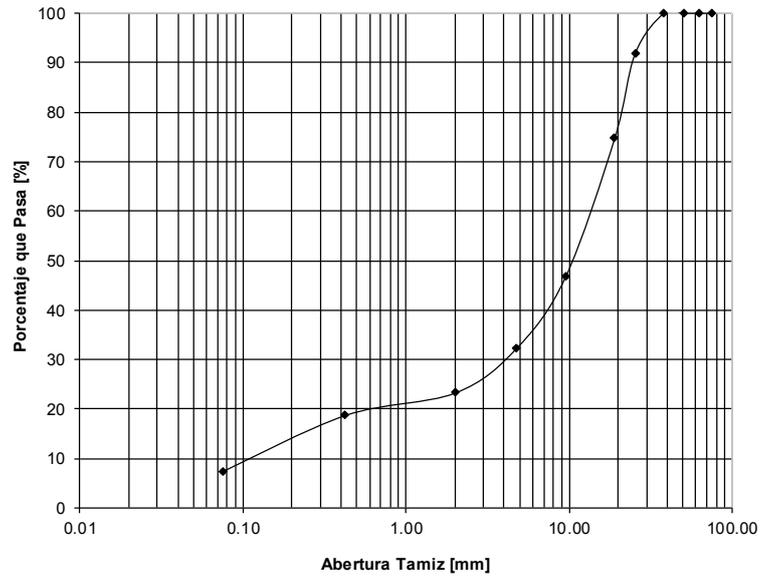
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO			
TARA N°			
NUMERO DE GOLPES			
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA			
PESO TARA + MUESTRA SECA			
PESO DEL AGUA			
PESO DE LA TARA			
PESO MUESTRA SECA			
CONTENIDO DE AGUA %			

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO			
TARA N°			
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA			
PESO TARA + MUESTRA SECA			
PESO DEL AGUA			
PESO DE LA TARA			
PESO MUESTRA SECA			
CONTENIDO DE AGUA %	NP	NP	

TAMIZ Nº	ABERTURA EN [mm]	RETENIDO ACUMULADO		% QUE PASA DEL TOTAL
		gr	%	
3"	75.00	0.0		100.0
2 1/2"	63.00	0.0		100.0
2"	50.80	0.0		100.0
1 1/2"	38.10	0.0		100.0
1"	25.40	378.0	8.2	91.8
3/4"	19.00	1,172.0	25.3	74.7
3/8"	9.50	2,468.0	53.3	46.7
No 4	4.75	3,136.0	67.7	32.3
No 10	2.00	138.3	27.8	23.3
No 40	0.43	207.6	41.7	18.8
No 200	0.08	382.0	76.8	7.5

Grava (%)	67.67
Arena (%)	24.83
Fina (%)	7.50
<b>TOTAL, (%)</b>	<b>100.00</b>

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



RESUMEN	
HUMEDAD NATURAL	6.44
LIMITE LIQUIDO	
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	

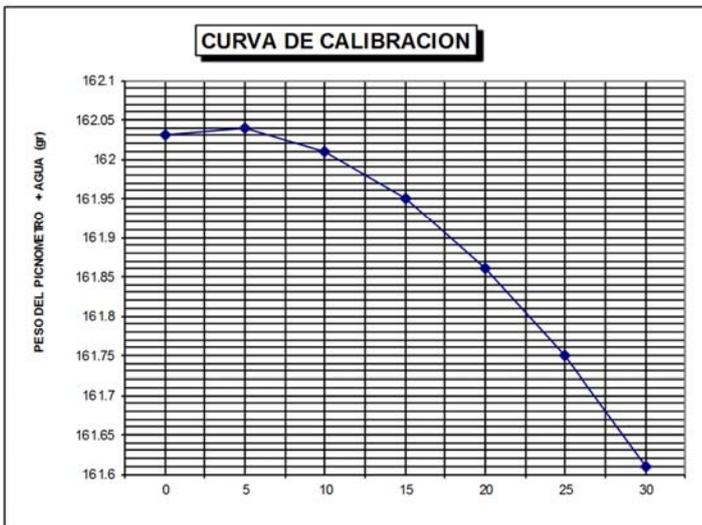
CLASIFICACIÓN UNIFICADA	
<b>P 12</b>	<b>GP - GM</b>
Grava pobremente graduada con limo y arena	

OBSERVACIONES:

**ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO Gs**

<b>ELABORADO :</b>	ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b>	Pozo 12
<b>PROYECTO :</b>	"PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1,50 m
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	DISTRITO D-6 VIA CHA	<b>MATERIAL :</b>	Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b>	VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	

Picnometro	1		
Peso del Picnometro WB (gr)=	61.83		



$Y_w = n$   
 $W_{2i} = (W_2 - W_B) + W_B$   
 $Y_{wr}$

$W_{2i} = (\text{Peso del picnometro} + \text{agua})$   
 a la temperatura "i" correspondiente

Temp. (°C)	$g_{wn}$	$W_{2i}$
0	0.9999	162.03
5	1.0000	162.04
10	0.9997	162.01
15	0.9991	161.95
20	0.9982	161.86
25	0.9971	161.75
30	0.9957	161.61

Para el agua

Picnometro N°	1			Temp T (°C)	Gt (gr/cm <sup>3</sup> )
Peso picnometro + agua + suelo : $W_1$ (gr) =	186.66			10	0.9997
Temperatura : (T) (°C) =	18			11	0.9996
Peso picnometro + agua : $W_2$ (gr) =	161.90			12	0.9995
Recipiente de evaporacion : N° =	15			13	0.9994
Peso del recipiente + suelo seco : $W_{rs}$ (gr) =	122.04			14	0.9993
Peso del recipiente : $W_r$ (gr) =	82.17			15	0.9991
Peso del suelo seco = $W_{rs} - W_r$ : $W_s$ (gr) =	39.87			16	0.9990
Peso especifico del agua a Temp (T) $g_{wT}$ (gr/cm <sup>3</sup> ) =	0.9986			17	0.9988
Relacion entre densidades del agua : $K_t$ =	1.0004		<b>PESO ESPECIFICO</b>	18	0.9986
Peso especifico del suelo (Gs)20 °C : $(g_s)_{20°C}$ (gr/cm <sup>3</sup> ) =	2.645		2.645	19	0.9984
				20	0.9982
				21	0.9980
				22	0.9978

$\frac{K T \bullet W_s}{W_s - W_1 + W_2} = Y_s 20°C$   
 $W_s - W_1 + W_2$

$W_2 =$  Se obtiene de la curva de calibracion  
 para la temperatura de ensayo  
 $W_2 = 162,03$

Observaciones :

**ENSAYO DE TROZO INALTERADO**

<b>ELABORADO :</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 12
<b>PROYECTO :</b> "PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b> 1,50m
<b>LOCALIZACIÓN :</b> DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b> Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>

TROZO N° O IDENTIFICACION MUESTRA	0			
Profundidad (toma de muestra) (m)	1.50			
Suelo humedo mas parafina, Pmp en grs	410.6			
Peso del suelo humedo, =Ph, en grs	421.34			
Peso parafina para cubrir la muestra Pp, grs.	19.80			
Densidad de la parafina, Dp en grs por cm3	0.912			
Volumen parafina para cubrir suelo, Vp=Pp/Dp.cc	20.860			
(Cesto mas suelo cubierto con parafina ) sumergido en agua, Pcm m, en grs	294.2			
Peso del cesto sumergido en agua, en grs	117.3			
Suelo cubierto con parafina sumergido en agua, Pmpa, en grs	170.6			
Volumen del suelo humedo cubierto con parafina Vm c	198.6			
Volumen del suelo humedo, Vh en cc	180.2			
Densidad del suelo humedo, Dh = Ph/ Vh, grs/cm3	2.338			
Lata o Tara N°	4			
Suelo humedo mas tara	1141.91			
Suelo seco mas tara	1094.60			
Peso del agua	47.31			
Peso de la tara	150.81			
Peso del suelo seco	943.79			
Porciento de humedad %h	5.013			
Densidad del suelo seco, Ds=(Dh x100) / (100+%h)	2.227			
Peso especifico, Gs	2.634			
Relacion de vacios, e	0.32			
Saturacion, S	48			
Porosidad, n	0.34			

OBSERVACIONES:

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080 AASTHO T2-3**

<b>ELABORADO :</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 12
<b>PROYECTO :</b> "PARQUE URBANO CENTRAL"	<b>PROFUNDIDAD :</b> 1,50 m
<b>LOCALIZACIÓN :</b> DISTRITO D-6 VIACHA	<b>MATERIAL :</b> Suelo Natural
<b>DEPARTAMENTO :</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>FECHA DE ENSAYO :</b>

DATOS DE LA PROBETA	
Diametro (cm)	6.38
Area (cm)	31.97
Espesor (cm)	2.50

<b>MUESTRA :</b>	<b>1</b>
Probeta Remoldeada	
Anillo de Carga No.	1
Factor de Calibracion	0.227
Presion Aplicada (Kg/cm2)	0.50      1.00      1.50
Ext. Vtcal (pul):	0.001      Ext. Hztal: 0,01mm.

TIEMPO (min)	LECTURAS EXTENSOMETRO HORIZONTAL			LECTURAS EXTENSOMETRO VERTICAL			DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (cm)	DESPLAZAMIENTO VERTICAL (cm)			LECTURA ANILLO DE CARGA			FUERZA DE CORTE (Kg)			TENSION DE CORTE (Kg/cm2)		
	0	1	2	0	1	2		0	1	2	0.5	100	15	0.5	100	15	0.5	100	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.12	12	-1	-4	-9	0.012	-0.003	-0.010	-0.023	40	62	100	9.08	14.07	22.70	0.28	0.44	0.71		
0.25	25	0	-4	-8	0.025	0.000	-0.010	-0.020	71	93	132	16.12	21.11	29.96	0.51	0.66	0.94		
0.50	50	4	-3	-5	0.05	0.010	-0.008	-0.013	92	127	172	20.88	28.83	39.04	0.66	0.9	1.23		
0.75	75	8	1	-4	0.075	0.02	0.003	-0.010	96	139	182	21.57	31.55	41.31	0.68	0.99	1.3		
1	100	12	5	-1	0.1	0.030	0.013	-0.003	91	140	184	20.66	31.78	41.77	0.65	1.00	1.31		
2	200	25	12	7	0.2	0.064	0.030	0.018	75	118	168	17.03	26.79	38.14	0.53	0.84	1.2		
3	300	29	16	9	0.3	0.074	0.041	0.023	61	101	151	13.85	22.93	34.28	0.43	0.72	1.08		
4	400	31	18	10	0.4	0.079	0.046	0.025	56	96	139	12.49	21.79	31.55	0.39	0.68	0.99		
5	500	32	18	11	0.5	0.081	0.046	0.028	50	89	132	11.35	20.20	29.96	0.36	0.63	0.94		
6	600	32	18	11	0.6	0.081	0.046	0.028	40	84	126	10.44	19.07	28.60	0.33	0.6	0.90		
7	700																		
Probeta				I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	

Nota.- Las probetas fueron remoldeadas  
La densidad humeda es de 2,340(g/cm3)

**Ensayo de Contenido de Humedad**

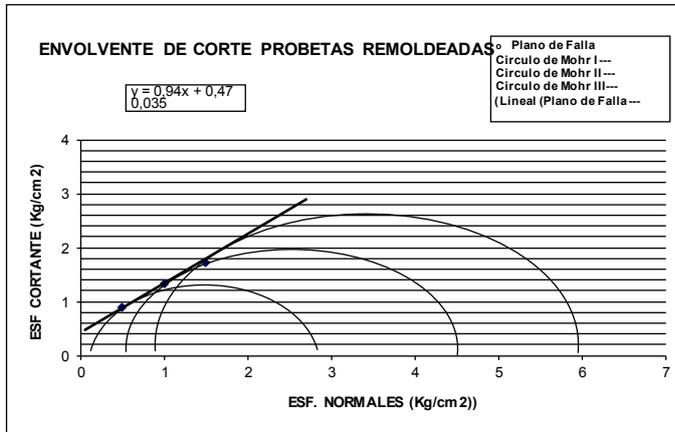
Recipiente No	56
Suelo humedo + capsula (g)	258.91
Suelo seco + capsula (g)	249.83
Peso del agua (g)	9.08
Peso de la capsula (g)	78.52
Peso del suelo seco (g)	171.31
Humedad %H	5.3

DENSIDAD HUMEDA DE ENSAYO (g/cm)	2.338
PESO ESPECIFICO RELATIVO Gs	2.645
HUMEDAD DE ENSAYO	5.30
RELACION DE VACIOS	0.32
GRADO DE SATURACION (%)	52.00

Observaciones:

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080 AASTHO T2-3**

<b>ELABORADO :</b> ANGEL SANCHEZ GUTIERREZ <b>PROYECTO :</b> "PARQUE URBANO CENTRAL" <b>LOCALIZACIÓN :</b> DISTRITO D-6 VIACHA <b>DEPARTAMENTO :</b> VIACHA -LA PAZ - BOLIVIA	<b>UBICACIÓN :</b> Pozo 12 <b>PROFUNDIDAD :</b> 1,50 m <b>MATERIAL :</b> Suelo Natural <b>FECHA DE ENSAYO :</b>
--	--

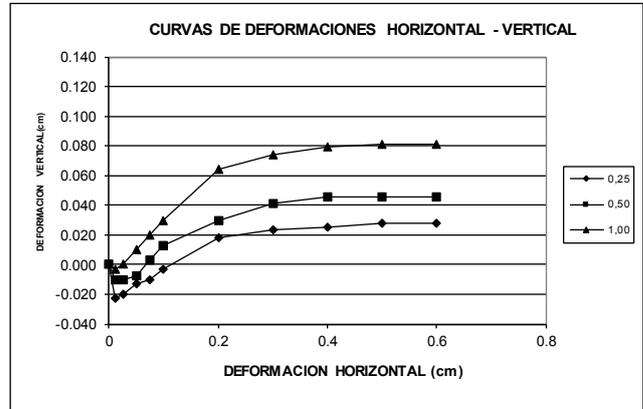
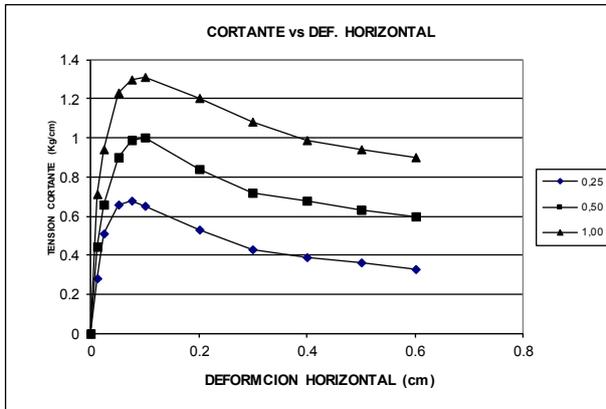


**ESFUERZOS DE CORTE DEL SUELO**

Esfuerzos normales $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,5	1,00	1,50
Esfuerzos tangenciales T (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,89	1,34	1,73

**PARAMETROS DE CORTE DEL SUELO**

COHESION C ( Kg/cm <sup>2</sup> )	0,48
PENDIENTE	0,84
ANGULO DE FRICCION INTERNA $\phi$ (°)	40,03



Observaciones:

**Ángel Octavio Sánchez Gutiérrez**

**Correo: [angelnov1475@yahoo.es](mailto:angelnov1475@yahoo.es)**

**Cel.: 73026133**