

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE  
MEDIANTE EL ENSAYO GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL  
(DIRECCIONES “Y” Y “Z”)**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL,  
MENCIÓN ESTRUCTURAS**

**KARINA LIZETTE CAMPIÑO LLERENA**  
campinok2fm@gmail.com

**EDWIN IVAN LITUMA CRUZ**  
e.ivan93\_lit@hotmail.es

**DIRECTOR: ING. JORGE ENRIQUE VALVERDE BARBA, MSc**  
jvbgeo@gmail.com

**CODIRECTOR: ING. GERMÁN VINICIO LUNA HERMOSA, MBA**  
german.luna@epn.edu.ec

**Quito, junio 2017**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Karina Lizette Campiño Llerena, Edwin Ivan Lituma Cruz, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado en ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa vigente.

---

**KARINA L. CAMPIÑO LLERENA**

---

**EDWIN I. LITUMA CRUZ**

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Karina Lizette Campiño Llerena y Edwin Ivan Lituma Cruz, bajo nuestra supervisión.

---

**ING. JORGE VALVERDE, MSc.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**ING. GERMÁN LUNA, MBA.**  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por el misericordioso amor, fortaleza y sabiduría que ha sabido darme en cada momento de mi vida y que ahora me han permitido culminar una nueva etapa.

Agradezco infinitamente a mis padres y hermano, por ser mis mejores amigos y apoyarme en cada decisión de mi vida para lograr mis objetivos. Sin duda, estas líneas no son suficientes para expresar todo lo que significan para mí. Los amo.

A mis abuelitos, tíos y primos, por ser una familia incondicional, que me ha brindado su amor, apoyo y sabios consejos día a día.

Agradezco de forma especial al Ing. Jorge Valverde, por compartir sus conocimientos, ser el modelo de maestro y profesional que me ha guiado con sabiduría para la culminación exitosa de este proyecto de titulación; asimismo al Ing. Germán Luna por su tiempo, experiencia y colaboración en cada etapa de este proceso.

A mi gran amigo y futuro colega Ivan, un sincero agradecimiento por tantos momentos compartidos y sobre todo por la paciencia a lo largo de toda nuestra carrera universitaria. A mis amigos Juliana, David, Rubí, con quienes hemos compartido inolvidables momentos durante toda la carrera que han enriquecido mi vida. Son unos excelentes profesionales e íntegras personas.

A Kevin, por su amor y apoyo, que me han permitido alcanzar esta meta. Te amo. Un especial e imperecedero agradecimiento a todos quienes forman el equipo de LEMSUR: Ing. Mercedes Villacís, Ing. Paúl Zúñiga, Ing. Liseth Orbe; por la apertura y el apoyo proporcionados y especialmente por ser un gran equipo que nos ha brindado su sincera amistad.

Finalmente, a Eliana por su colaboración y amistad, sin las cuales no habiéramos logrado culminar este proyecto.

*Karina Lizette Campiño Llerena*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia que siempre están y permanecerán en mi corazón, los tres son lo más valioso que tengo. Los amo.

Agradezco a LEMSUR, que me abrió las puertas, me apoyó, me soportó y me ayudó a crecer desde el momento en que entré, Inge Mercedes, Paúl, Liz, Inge Gus, Toño, JuanJo e Ingeniero Luna, las palabras en este párrafo no pueden expresar el sincero aprecio y agradecimiento que les tengo. De corazón son mi segundo hogar.

Al Ingeniero Jorge Valverde, así como a JVB Suelos y Muros, que gracias a su infinita ayuda y paciencia este proyecto pudo culminarse.

A mis eternos tormentos, mi desesperante Ñaña y mi gruñona Patricia, sé que no pude tener mejor suerte que tenerlas de amigas, las quiero un montón.

Un infinito agradecimiento a mis compañeros que después de todo este tiempo de carrera tengo el placer de llamar amigos, Kevin, Alex, Elton, David, Champis, ustedes hicieron de estos años unos de los mejores de mi vida.

Finalmente agradezco a la EPN, en este lugar he tenido las mejores experiencias de mi vida, experiencias que han sido divertidas, tristes, borrosas y emocionantes, ahora tengo el placer de decir que no me arrepiento de ninguna de ellas. Gracias Politécnica fuiste la mejor experiencia de mi vida..... Hasta ahora.

*Edwin Ivan Lituma Cruz*

## DEDICATORIA

A Dios, por su amor y misericordia durante toda mi vida.

A mis padres, Nelson y María, por ser los cimientos de mi vida, quienes, con su amor incondicional, paciencia, sabiduría y sacrificio, me han guiado hasta llegar a ser la persona que soy.

A mi hermano Camilo, por su amor, complicidad, ejemplo y palabras de aliento.

*Karina Lizette Campiño Llerena*

## DEDICATORIA

Dedico completamente este trabajo a mis padres Luz María y Gustavo, y por supuesto a mi hermano Andrés que sin su apoyo durante estos años no podría haberlo logrado.

Los amo

*Edwin Ivan Lituma Cruz*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN .....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VIII
LISTA DE TABLAS.....	X
LISTA DE GRÁFICOS.....	XII
LISTA DE FIGURAS .....	XVI
RESUMEN .....	XVIII
ABSTRACT .....	XIX
PRESENTACIÓN .....	XX
CAPÍTULO 1 .....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.5 ALCANCE.....	5
CAPÍTULO 2 .....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. INTRODUCCIÓN.....	8
2.2. GEOLOGÍA DE LA CIUDAD DE QUITO.....	9
2.3. MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE.....	14
2.4. OTRAS PROPUESTAS PARA EL CÁLCULO DEL MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE .....	17
2.5. ENSAYO DE GATO PLANO (FLATJACK) .....	19
2.6. ENSAYO DE PLACA DE CARGA ASTM D1195 AASHTO T 221 .....	23
2.7. ENSAYO TRIAXIAL ASTM D 2850-15 .....	26
2.8. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) NORMA ASTM 1586 ..	28
2.9. CAPACIDAD DE CARGA .....	31
CAPÍTULO 3 .....	33
METODOLOGÍA DEL ENSAYO DE GATO PLANO (FLATJACK) .....	33

3.1. INTRODUCCIÓN.....	33
3.2. ENSAYO DE GATO PLANO (FLATJACK) APLICADO A MACIZOS DE SUELO.....	33
CAPÍTULO 4 .....	68
ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS .....	68
4.1. ENSAYO DE CAMPO-GATO PLANO .....	68
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	78
4.3. CORRELACIÓN DE DATOS .....	83
4.4. RESULTADOS .....	127
CAPÍTULO 5 .....	131
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	131
5.1. CONCLUSIONES.....	131
5.2. RECOMENDACIONES.....	134
ANEXOS .....	140
Anexo N° 1 .....	141
A.1. ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) .....	142
A.2. ENSAYOS TRIAXIALES.....	156
A.3. ENSAYOS TRIAXIALES AL 1% DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA .....	202
Anexo N° 2 .....	216
A.4. ENSAYOS DE GATO PLANO .....	217

## LISTA DE TABLAS

TABLA 2.1 DIÁMETROS DE PLACAS SEGÚN EL TIPO DE SUELO Ó ENSAYO .....	24
TABLA 3.1 DETALLE DE SITIOS DONDE FUERON REALIZADOS LOS ENSAYOS.....	45
TABLA 3.2 VALORES DE $K_m$ PARA LAS DIFERENTES CALIBRACIONES.....	65
TABLA 3.3 DETALLE DE $K_a$ Y $K_m$ PARA LOS SITIOS ENSAYADOS. ....	67
TABLA 4.1 DATOS COMPLETOS DE LOS PUNTOS DE CONTROL (1, 1', 2, 2') DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL-DIRECCIÓN Z.....	70
TABLA 4.2 DATOS PROMEDIO DE LOS PUNTOS DE CONTROL (1, 1', 2, 2') DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL-DIRECCIÓN Z.....	72
TABLA 4.3 DATOS COMPLETOS DE LOS PUNTOS DE CONTROL (1, 1', 2, 2') DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL-DIRECCIÓN Y.....	75
TABLA 4.4 CLASIFICACIÓN SUCS DE LOS SITIOS DE ENSAYO .....	79
TABLA 4.5 DATOS RECOLECTADOS DEL ENSAYO TRIAXIAL UU – ESFUERZO DESVIADOR MÁXIMO DE LOS SITIOS DE ENSAYO.....	80
TABLA 4.6 DATOS ENSAYO TRIAXIAL UU ( $\epsilon = 1\%$ ).....	83
TABLA 4.7 RESUMEN DE DATOS $K_s$ GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL-DIRECCIÓN “Y” Y “Z” .....	84
TABLA 4.8 TABLA DE DATOS ASUMIDOS PARA UNA CIMENTACIÓN CUADRADA.....	85
TABLA 4.9 TABLA DE RESULTADOS DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE.....	86
TABLA 4.10 TABLA DE RESULTADOS $E_s$ Y $K_s$ POR EL ENSAYO TRIAXIAL..	91
TABLA 4.11 TABLA DE RESULTADOS $K_s$ VESIC.....	99
TABLA 4.12 TABLA DE RESULTADOS $K_s$ BOWLES.....	103
TABLA 4.13 DATOS VÁSCONEZ Y ENSAYO GATO PLANO.....	107
TABLA 4.14 DATOS DE $K_s$ VASCONNEZ BASE DE (0,3; 0,6 Y 1,5) METROS.	115
TABLA 4.15 SERIES DE DATOS DE LOS DIFERENTES METODOS Y ENSAYOS - (NUEVE ENSAYOS).....	119
TABLA 4.16 SERIES DE DATOS $K_s$ PLACA DE CARGA Y $K_s$ GATO PLANO (CINCO ENSAYOS).....	120
TABLA 4.17 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ( $\alpha = 0,1$ ) - (NUEVE ENSAYOS) .....	122
TABLA 4.18 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ( $\alpha = 0,1$ ) - (CINCO ENSAYOS) .....	122
TABLA 4.19 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ( $\alpha = 0,05$ ) - (NUEVE ENSAYOS) .....	124
TABLA 4.20 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ( $\alpha = 0,05$ ) - (CINCO ENSAYOS) .....	124
TABLA 4.21 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ( $\alpha = 0,01$ ) - (NUEVE ENSAYOS) .....	126
TABLA 4.22 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ( $\alpha = 0,01$ ) - (CINCO ENSAYOS) .....	126
TABLA 4.23 VALORES DE CORRELACIÓN EN BASE AL MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE DEL ENSAYO DEL GATO PLANO EN LAS DIRECCIONES Y Y Z .....	128

TABLA 4.24 VALORES DE PENDIENTE (m) Y (1/m).....	129
--------------------------------------------------	-----

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3.1 DISTANCIA VS. LA DEFORMACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL EN EL CAMPUS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL .....	62
GRÁFICO 3.2 CALIBRACIONES DEL EQUIPO GATO PLANO .....	64
GRÁFICO 3.3 EVOLUCIÓN DE LAS CALIBRACIONES (KM) PARA EL EQUIPO GATO PLANO .....	65
GRÁFICO 4.1 (A) FAMILIA DE CURVAS DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z – PUNTO DE CONTROL (1,1'). .....	73
GRÁFICO 4.2 (B) FAMILIA DE CURVAS DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z – PUNTO DE CONTROL (2,2'). .....	73
GRÁFICO 4.3 (A) FAMILIA DE CURVAS DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y – PUNTO DE CONTROL 1. ....	76
GRÁFICO 4.4 (B) FAMILIA DE CURVAS DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y – PUNTO DE CONTROL 2. ....	77
GRÁFICO 4.5 (C) FAMILIA DE CURVAS DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y – PUNTO DE CONTROL 1'. ....	77
GRÁFICO 4.6 (D) FAMILIA DE CURVAS DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y – PUNTO DE CONTROL 2'. ....	78
GRÁFICO 4.7 (A) $K_s$ GATO PLANO VS. CAPACIDAD DE CARGA-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1' .....	87
GRÁFICO 4.8 (B) $K_s$ GATO PLANO VS. CAPACIDAD DE CARGA-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2' .....	87
GRÁFICO 4.9 (C) $K_s$ GATO PLANO VS. CAPACIDAD DE CARGA-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1. ....	88
GRÁFICO 4.10 (D) $K_s$ GATO PLANO VS. CAPACIDAD DE CARGA-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2. ....	88
GRÁFICO 4.11 (E) $K_s$ GATO PLANO VS. CAPACIDAD DE CARGA-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1'. ....	89
GRÁFICO 4.12 (F) $K_s$ GATO PLANO VS. CAPACIDAD DE CARGA-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2'. ....	89
GRÁFICO 4.13 (A) $K_s$ GATO PLANO VS. $K_s$ TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1' .....	92
GRÁFICO 4.14 (B) $K_s$ GATO PLANO VS. $K_s$ TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2' .....	92
GRÁFICO 4.15 (C) $K_s$ GATO PLANO VS. $K_s$ TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1. ....	93
GRÁFICO 4.16 (D) $K_s$ GATO PLANO VS. $K_s$ TRIAXIAL- PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2. ....	93
GRÁFICO 4.17 (E) $K_s$ GATO PLANO VS. $K_s$ TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1'. ....	94

GRÁFICO 4.18 (F) Ks GATO PLANO VS. Ks TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2'.....	94
GRÁFICO 4.19 (A) Ks GATO PLANO VS. MÓDULO DE ELASTICIDAD TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1'..	95
GRÁFICO 4.20 (B) Ks GATO PLANO VS. MÓDULO DE ELASTICIDAD TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2'..	96
GRÁFICO 4.21 (C) Ks GATO PLANO VS. MÓDULO DE ELASTICIDAD TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1.....	96
GRÁFICO 4.22 (D) Ks GATO PLANO VS. MÓDULO DE ELASTICIDAD TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2.....	97
GRÁFICO 4.23 (E) Ks GATO PLANO VS. MÓDULO DE ELASTICIDAD TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1'.....	97
GRÁFICO 4.24 (F) Ks GATO PLANO VS. MÓDULO DE ELASTICIDAD TRIAXIAL -PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2'.....	98
GRÁFICO 4.25 (A) Ks GATO PLANO VS. Ks VESIC-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1'.....	99
GRÁFICO 4.26 (B) Ks GATO PLANO VS. Ks VESIC-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2'.....	100
GRÁFICO 4.27 (C) Ks GATO PLANO VS. Ks VESIC-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 1.....	100
GRÁFICO 4.28 (D) Ks GATO PLANO VS. KS VESIC-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 2.....	101
GRÁFICO 4.29 (E) Ks GATO PLANO VS. KS VESIC-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 1'.....	101
GRÁFICO 4.30 (F) Ks GATO PLANO VS. KS VESIC-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 2'.....	102
GRÁFICO 4.31 (A) Ks GATO PLANO VS. KS BOWLES-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1'.....	104
GRÁFICO 4.32 (B) Ks GATO PLANO VS. KS BOWLES - PLANO VERTICAL DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2'.....	104
GRÁFICO 4.33 (C) Ks GATO PLANO VS. KS BOWLES - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 1.....	105
GRÁFICO 4.34 (D) Ks GATO PLANO VS. KS BOWLES - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 2.....	105
GRÁFICO 4.35 (E) Ks GATO PLANO VS. KS BOWLES -PLANO VERTICAL DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 1'.....	106
GRÁFICO 4.36 (F) Ks GATO PLANO VS. KS BOWLES-PLANO VERTICAL DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 2'.....	106
GRÁFICO 4.37 (A) Ks GATO PLANO VS. KS VÁSCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 30 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1'.....	108

GRÁFICO 4.38 (B) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 30 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2'.....	108
GRÁFICO 4.39 (C) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 30 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1. ....	109
GRÁFICO 4.40 (D) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 30 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2. ....	109
GRÁFICO 4.41 (E) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 30 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1'.....	110
GRÁFICO 4.42 (F) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 30 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2'.....	110
GRÁFICO 4.43 (G) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 60 cm - PLANO VERTICAL DIRECCIÓN Z PUNTO DE CONTROL 1:1'.....	111
GRÁFICO 4.44 (H) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 60 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTO DE CONTROL 2:2'.....	111
GRÁFICO 4.45 (I) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 60 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1.....	112
GRÁFICO 4.46 (J) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 60 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2.....	112
GRÁFICO 4.47 (K) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 60 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1'.....	113
GRÁFICO 4.48 (L) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 60 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2'.....	113
GRÁFICO 4.49 (A) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA BASE DE CIMENTACIÓN DE 1,5 m - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1'.....	116
GRÁFICO 4.50 (B) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA BASE DE CIMENTACIÓN DE 1,5 m - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2'.....	116
GRÁFICO 4.51 (C) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA BASE DE CIMENTACIÓN DE 1,5 m - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1.....	117

GRÁFICO 4.52 (D) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA BASE DE CIMENTACIÓN DE 1,5 m - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2.....	117
GRÁFICO 4.53 (E) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA BASE DE CIMENTACIÓN DE 1,5 m - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1'.....	118
GRÁFICO 4.54 (F) Ks GATO PLANO VS. Ks VÁSCONEZ PARA UNA BASE DE CIMENTACIÓN DE 1,5 m - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2'.....	118
GRÁFICO 4.55 EJEMPO DEL RANGO DE CONFIANZA ( $\alpha = 0,1$ ).....	123
GRÁFICO 4.56 EJEMPO DEL RANGO DE CONFIANZA ( $\alpha = 0,05$ ).....	125
GRÁFICO 4.57 EJEMPO DEL RANGO DE CONFIANZA ( $\alpha = 0,01$ ).....	127

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 ZONIFICACIÓN BÁSICA DE QUITO .....	11
FIGURA 2.2 (A) PLACA FLEXIBLE SOMETIDA A UNA CARGA UNIFORME. (B) PLACA RÍGIDA SOMETIDA A UNA CARGA CONCENTRADA. ....	16
FIGURA 2.3 FASES DEL ENSAYO DE LA MEDIDA DEL ESTADO DE TENSIÓN. ....	21
FIGURA 2.4 ESQUEMA TÍPICO PARA LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE PLACA DE CARGA.....	23
FIGURA 2.5 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTO, CURVA PRESIÓN-DEFORMACIÓN ENSAYO PLACA DE CARGA.....	26
FIGURA 2.6 ESQUEMA TÍPICO DE UN APARATO TRIAXIAL .....	27
FIGURA 2.7 PENETRÓMETRO ESTÁNDAR .....	28
FIGURA 2.8 ESQUEMA DEL ENSAYO SPT .....	30
FIGURA 2.9 FALLA POR CAPACIDAD DE CARGA EN SUELOS BAJO UNA CIMENTACIÓN RÍGIDA CORRIDA .....	31
FIGURA 3.1. ESQUEMA DE LOS PLANOS Y DIRECCIONES DE ENSAYO .....	34
FIGURA 3.2 ESQUEMA GENERAL EQUIPO – GATO PLANO.....	34
FIGURA 3.3 IMPLATACIÓN GENERAL DE LAS HENDIDURAS EN LAS DOS DIRECCIONES - GATO PLANO.....	35
FIGURA 3.4 GATO PLANO UTILIZADO.....	36
FIGURA 3.5 MICRÓMETRO TUBULAR .....	37
FIGURA 3.6 PLACAS DE AJUSTE .....	38
FIGURA 3.7 BOMBA HIDRÁULICA – ACEITE .....	38
FIGURA 3.8 MANÓMETRO (CAPACIDAD 160 PSI). ....	39
FIGURA 3.9 CLAVOS .....	40
FIGURA 3.10 FLEXÓMETRO .....	40
FIGURA 3.11 TALADRO .....	41
FIGURA 3.12 MOLDE PARA REALIZAR LA RANURA .....	41
FIGURA 3.13 MÁQUINA DE COMPRESIÓN –FLEXIÓN .....	42
FIGURA 3.14 ANILLO DE CARGA .....	43
FIGURA 3.15 LECTOR DE DEFORMACIONES.....	43
FIGURA 3.16 PLACAS METÁLICAS .....	44
FIGURA 3.17 MAPA DE QUITO CON LOS SITIOS ENSAYADOS. ....	45
FIGURA 3.18 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°1: CONSTRUIBLEC .....	46
FIGURA 3.19 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°2: PEGASSO .....	47
FIGURA 3.20 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°3:VIDAL.....	47
FIGURA 3.21 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°4: FREIBURG .....	48
FIGURA 3.22 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°5: SANTA LUCÍA .....	49
FIGURA 3.23 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°6: FIRENZE.....	49
FIGURA 3.24 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°7: DIVINO NIÑO.....	50

FIGURA 3.25 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°8: KIEL .....	51
FIGURA 3.26 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°9: KRUMLOV .....	52
FIGURA 3.27 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°10: LA VICTORIA.....	53
FIGURA 3.28 UBICACIÓN DEL SITIO DE CALIBRACIÓN DEL ENSAYO DE GATO PLANO: CAMPUES ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.....	54
FIGURA 3.29 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°1: CAMPUS POLITÉCNICO.....	55
FIGURA 3.30 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°2: PARQUE JULIO ANDRADE.....	56
FIGURA 3.31 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°3: HOSPITAL VOZANDES.....	57
FIGURA 3.32 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°4: SECTOR MONTESERRÍN.....	58
FIGURA 3.33 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°5: HOTEL MARRIOT.....	59
FIGURA 3.34 ÁREA DE TRABAJO CON CUATRO PUNTOS DE CONTROL Y UN PUNTO FIJO A CADA LADO DE LA RANURA.....	61
FIGURA 3.35 COLOCACIÓN DEL PAPEL CALCO PARA LA CALIBRACIÓN DEL EQUIPO .....	66
FIGURA 4.1 (A) DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GATO PLANO - DIRECCIÓN Z, (B) FOTOGRAFÍA GATO PLANO- SITIO CONSTRUIBLEC - DIRECCIÓN Z.....	69
FIGURA 4.2 (A) DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GATO PLANO - DIRECCIÓN Y, (B) FOTOGRAFÍA GATO PLANO- SITIO CONSTRUIBLEC - DIRECCIÓN Y.....	74
FIGURA 4.3 DISTRUBUCIÓN DEL FACTOR DE INFLUENCIA DE LA TENSIÓN CON PROFUNDIDAD BAJO DIFERENTES TIPOS DE ZAPATAS .....	81
FIGURA 4.4 CÍRCULOS DE MOHR A $\Delta\sigma_D$ máx Y $\varepsilon = 1\%$ .....	82
FIGURA 4.5 ESFUERZO VS. DEFORMACIÓN TOTAL – KS TRIAXIAL.....	90
FIGURA 4.6 ESFUERZO VS. DEFORMACIÓN UNITARIA – ES TRIAXIAL.....	90
FIGURA 4.7 INTERVALO DE CONFIANZA-DISTRIBUCIÓN T STUDENT .....	121
FIGURA 4.8 NOMENCLATURA DE LOS DATOS FUERA Y DENTRO DEL RANGO DE CONFIANZA.....	121
FIGURA 5.1. DISCRIMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA MUESTRA DE DATOS.....	133

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación expone una propuesta para la determinación del módulo de reacción de la subrasante, más conocido como coeficiente de Balasto, mediante la aplicación del ensayo de Gato Plano (flatjack) especificado en la norma ASTM C1196-14a: Standard Test Method for In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements”, adaptándolo a la estructura de suelo.

El ensayo de Gato Plano fue calibrado en el Campus de la Escuela Politécnica Nacional, con el objetivo de obtener un procedimiento reproducible para los otros lugares donde se realizaría el muestreo. Además, se llevó a cabo la calibración del equipo de acuerdo a las especificaciones de la norma.

Para la aplicación del ensayo, se plantearon algunos lugares de acuerdo a la geología de la ciudad de Quito, finalmente se escogieron 10 sitios representativos dentro del Distrito Metropolitano de Quito, donde la empresa JVB SUELOS Y MUROS se encontraba realizando trabajos de perforación, de esta manera se logró el acceso a los diferentes lugares de prueba.

Los ensayos de Gato Plano se ejecutaron tanto en las direcciones Y y Z, así como en la dirección X, siendo esta última desarrollada en el proyecto de titulación de Eliana Buitrón. Conjuntamente a los ensayos de campo, se efectuaron ensayos de laboratorio de caracterización del suelo como clasificación SUCS y ensayos triaxiales UU (no drenado-no consolidado).

Los datos obtenidos en los ensayos de Gato Plano, se correlacionaron en primera instancia con los módulos de elasticidad y coeficiente de Balasto obtenidos de los ensayos triaxiales. Posteriormente se hizo correlaciones con capacidad de carga planteada por Terzaghi; con propuestas teóricas del cálculo del coeficiente de Balasto de autores como Vesic y Bowles. Finalmente se correlacionó con los resultados de los ensayos de Placa de Carga presentados en la tesis de postgrado del ingeniero Rodrigo Vásquez: “Determinación Cuantitativa del Módulo de Reacción de la Subrasante”

## ABSTRACT

The present investigation project exposes a method for the determination of the soil reaction modulus, better known as ballast coefficient, by applying the flatjack test specified in ASTM C1196-14a: Standard Test Method for In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements ", to the soil structure.

The flatjack test was calibrated within the Campus of Escuela Politécnica Nacional, with the objective of obtaining a reproducible procedure for the other places where the sampling would be carried out. In addition, the calibration of the equipment was carried out according to the specifications of the standard.

For the application of the test, some places were proposed according to the geology of the city of Quito, finally 10 representative sites were chosen within the Metropolitan District of Quito, where the company JVB SUELOS Y MUROS was performing drilling work, in this way, the access to the different test sites was achieved

The flatjack tests were executed both in the Y and Z directions, as well as in the X direction, the latter being developed in the Eliana Buitrón titration project. In conjunction with the field trials, soil characterization laboratory tests were performed as SUCS classification and UU triaxial tests (undrained-unconsolidated).

The data obtained in the flatjack tests were correlated in the first instance with the elastic modulus and Ballast coefficient obtained from the triaxial tests. Subsequently it was made correlations with load capacity posed by Terzaghi; with theoretical proposals of the calculation of the Ballast coefficient of authors like Vesic and Bowles. Finally, it was correlated with the results of the Load Plate tests presented in the postgraduate thesis of the engineer Rodrigo Vásquez: "Determinación Cuantitativa del Módulo de Reacción de la Subrasante"

## PRESENTACIÓN

El presente estudio se planteó con el fin de determinar el valor del módulo de reacción de la subrasante mediante correlaciones entre los datos obtenidos del ensayo de Gato Plano y los datos proporcionados por otros ensayos como el ensayo triaxial, el ensayo de Penetración Estándar y ensayo de placa de carga. Asimismo, se realizó correlaciones con propuestas teóricas de algunos autores como Vesic, Bowles y Rodrigo Vásquez. Los procedimientos realizados se describen en los seis capítulos de esta investigación:

**Capítulo 1 Generalidades:** Se presenta un breve resumen acerca del módulo de reacción de la subrasante, así como los objetivos, el planteamiento del problema, la justificación y el alcance.

**Capítulo 2 Marco Teórico:** Se describe la geología de Quito, la determinación del módulo de reacción de la subrasante, así como los procedimientos de los ensayos de Gato Plano, triaxiales y placa de carga.

**Capítulo 3 Metodología del ensayo:** Describe la adaptación del ensayo de Gato Plano a condiciones de suelo, así como la definición del procedimiento.

**Capítulo 4 Análisis de datos y Resultados:** Se exponen los resultados obtenidos en los ensayos de campo y laboratorio al igual que las correlaciones realizadas bajo diferentes parámetros. Se plantean expresiones matemáticas para el cálculo del módulo de reacción de la subrasante en las direcciones Y y Z basado en los resultados de los ensayos de Gato Plano.

**Capítulo 5 Conclusiones y Recomendaciones:** Se sintetizan los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación.

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad la ciencia de la ingeniería civil ha ido avanzando a pasos agigantados, sin embargo, estos pasos no han sido proporcionales en todas sus áreas, atendiéndose más a ciertos campos como, el diseño estructural, modelamiento lineal y no lineal, teoría de materiales y análisis sísmico. Por otro lado, el avance de las teorías de la mecánica de suelos y comportamiento de los mismos ha sido relegado o por lo menos no ha avanzado con la misma intensidad que sus ramas afines a la ingeniería civil.

Alrededor del mundo, las ciudades buscan que su infraestructura crezca de manera vertical, haciendo que los edificios lleguen a alturas cada vez mayores, esto obliga como es obvio a tener un considerable cuidado en el análisis y modelación, detallamiento y diseño de las estructuras; y más aún en el modelamiento y diseño de las cimentaciones sobre las cuales dichas estructuras estarán soportadas.

Las cimentaciones de las obras civiles pueden ser abordadas desde diferentes puntos de vista y configuraciones, sin embargo, todas esas consideraciones recaen en preguntas imprescindibles antes de escoger la mejor opción, ¿Qué tipo de suelo existe en el lugar del proyecto?, ¿Qué capacidad ofrece el suelo?, ¿Cuál es la profundidad apropiada para poder iniciar la construcción? Estas preguntas de una u otra manera recurren al valor técnico del módulo de reacción de la subrasante o coeficiente de balasto.

El módulo de reacción de la subrasante es un parámetro empleado en el diseño de cimentaciones que permite conocer la relación que existe entre una carga aplicada (superestructura) en un punto y la deformación que ésta induce en el terreno.

El valor del coeficiente de balasto en la mayoría de las ocasiones, dependiendo de la modelación, se lo subestima, y esto obliga a emplear factores de seguridad que brindan sosiego al calculista y diseñador, pero que encarecen la construcción, y no ofrecen una juiciosa aproximación del verdadero efecto que soportará la cimentación y el suelo mismo debido a las cargas que experimente.

Cada diseñador o calculista se encuentra en todo el derecho de emplear un valor del coeficiente de balasto siempre y cuando argumente la teoría y el método que lo llevó a conseguir dicho valor; los métodos de ensayo más utilizados son ensayos triaxiales, placa de carga y SPT (Standard Penetration Test).

Estos métodos tienen muy buenos razonamientos tanto teóricos como prácticos, pero no por eso se debe detener el análisis de nuevas técnicas y métodos que posiblemente faciliten la determinación del mismo valor, es por esa conjetura que el presente trabajo nace y busca explorar la posibilidad de ofrecer a la ingeniería civil un nuevo método para establecer el comportamiento de un suelo dado por el módulo de reacción de la subrasante.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad, el módulo de reacción de la subrasante o mejor conocido como coeficiente de balasto es calculado en base a tres principales ensayos: el ensayo de placa de carga, ensayo de penetración estándar (SPT) y el ensayo triaxial. Todos estos métodos, aunque muy utilizados en el medio de la ingeniería civil tienen un costo elevado y, una alta incertidumbre, consecuentemente se emplean factores de seguridad muy altos encareciendo las cimentaciones y las estructuras en general.

La realización de este trabajo procura aportar en la formulación de un procedimiento que conlleve a un diseño más seguro de las cimentaciones, de manera que se evite que las edificaciones continúen construyéndose de una manera alejada a la realidad, ya que existe un alto nivel de incertidumbre en el valor del módulo de reacción de la subrasante poniendo en riesgo la estabilidad de la estructura. Al mismo tiempo, se espera obtener una alternativa más eficiente para la estimación del coeficiente de balasto que proporcione un resultado confiable del valor que el mencionado coeficiente presentaría en el campo; omitiendo la ejecución de ciertos ensayos como el de placa de carga y de penetración estándar que resultan costosos y que proporcionan un valor poco confiable del módulo de reacción de la subrasante.

Lo que pretende el presente trabajo de titulación es aportar a la solución de esta problemática mediante un estudio experimental del módulo de reacción de la subrasante con el ensayo de Gato Plano (flatjack) en el plano vertical, realizándolo sobre las direcciones “Y” y “Z”, bajo la consideración de que el suelo se comporta como una unidad de mampostería, para la cual el ensayo se encuentra normalizado; con el fin de lograr un valor más real del coeficiente de balasto y que las conclusiones que se emitan en esta investigación ayuden en el análisis y modelación de cimentaciones con parámetros que asemejen la realidad del suelo. Además, se busca colaborar con la labor de la ingeniería civil aportándole con una herramienta adicional para que las futuras edificaciones se construyan de una manera más confiable y económica.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El verdadero comportamiento de los suelos hasta el momento continúa siendo una gran incertidumbre debido a su formación y constitución, la interacción de éstos con las estructuras asentadas sobre ellos y otros factores externos, exigen un análisis más riguroso de parámetros de diseño de cimentaciones como es la determinación del coeficiente de balasto.

Los ensayos de placa de carga y de penetración estándar propuestos en el medio nacional para la determinación de manera aproximada del coeficiente de balasto resultan onerosos y laboriosos. Es por ello que se busca plantear un procedimiento de ensayo eficiente y que permita calcular con poca incertidumbre el valor del módulo de reacción de la subrasante.

Debido a la inexistencia de una normativa vigente a nivel nacional que controle el uso correcto del ensayo de Gato Plano (flatjack), los resultados del presente trabajo de investigación pretenden aportar en la formulación de una normativa ecuatoriana que plantee bases para el diseño de cimentaciones adaptándose a la realidad de la construcción nacional.

El estudio del coeficiente de balasto en un punto específico para el diseño de las cimentaciones permitirá cumplir con requisitos de resistencia, funcionalidad, seguridad y serviciabilidad (NEC, 2015) dando lugar a la optimización y certeza en la construcción de las estructuras.

Este proyecto creará bases científicas que den lugar a una cultura constructiva fundamentada en principios sólidos y verificados, siendo esto beneficioso para todo tipo de proyecto de construcción. Además, las conclusiones presentadas pueden proporcionar una base que permita profundizar y confirmar el tema en futuras investigaciones.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

El presente trabajo tiene como objetivo plantear una posible correlación entre el ensayo de campo de Gato Plano (flatjack) en el plano vertical, en las direcciones “Y” y “Z, y otros ensayos de campo como placa de carga, así como ensayos de laboratorio para la determinación del módulo de subrasante; y de esta manera

contribuir a la optimización de recursos en las futuras construcciones ecuatorianas.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar propiedades índice de los diferentes tipos de suelos, mediante varios ensayos de caracterización como: contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg.
- Definir una metodología práctica para adaptar el ensayo de Gato Plano (Norma ASTM C1196-14), a condiciones de suelo natural.
- Presentar conclusiones que aporten al diseño y construcción de las cimentaciones.
- Implementar una herramienta técnica que brinde soluciones prácticas para una buena determinación del módulo de reacción de la subrasante.
- Ayudar a construir estructuras más económicas y seguras mediante una estimación más certera del comportamiento del suelo con el valor del coeficiente de balasto.
- Correlacionar los resultados con ensayos triaxiales y ensayos de placa de carga.

#### **1.5 ALCANCE**

El presente trabajo busca encontrar una posible correlación entre los datos obtenidos del ensayo de Gato Plano (flatjack), con los datos recolectados y obtenidos de los ensayos triaxiales, placa de carga y de ser posible con el ensayo SPT. Estas correlaciones pretenden determinar una manera más efectiva para obtener el módulo de reacción de la subrasante o coeficiente de balasto en base al ensayo Flatjack.

El principio práctico del ensayo de Gato Plano se basará en la Norma ASTM C1196-14A Standard Test Method for In Situ Compressive Stress Within Solid

Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements. El ensayo ASTM está orientado hacia la obtención del esfuerzo a compresión in situ en mampostería, debido a que el coeficiente de balasto está orientado a suelos se hace necesario tomar en cuenta ciertas consideraciones.

Esta correlación de datos entre ensayos pretende que el ensayo de Gato Plano sea visto como otro método alternativo para determinar el coeficiente de balasto, por la ventaja de que es relativamente más sencillo que los ensayos triaxial, placa de carga y SPT, e igualmente el ensayo flatjack es menos destructivo que lo ensayos de placa de carga, SPT y triaxiales que son utilizados de igual manera para determinar módulos de subrasante.

El presente trabajo de investigación abarcará los siguientes procedimientos:

- Preparación y calibración del procedimiento de ensayo, así como de los equipos a emplearse.
- Determinación de Sitios de Ensayo representativos en la ciudad de Quito. En cada uno de ellos se realizará:
  - Ensayo de Gato Plano
  - Ensayo triaxial
  - Ensayo de Clasificación de suelos
- Análisis de la Teoría de Gato Plano, así como de la propuesta teórica de Winkler acerca del coeficiente de balasto.
- Definición de un protocolo de ensayo en campo.
- Realización de diferentes correlaciones de los resultados obtenidos con teorías ya existentes como las planteadas por:
  - Bowles (Bowles, 1982)
  - Vesic (Vesic, 1971)
  - Terzaghi (Terzaghi, Evaluation of Coefficients of Subgrade Reaction, 1955)

Además de correlaciones con los resultados obtenidos del coeficiente de balasto mediante el ensayo de placa de carga propuesto en la tesis de maestría titulada "Determinación Cuantitativa del Módulo de Reacción de la Subrasante" (Vásconez, 1997) del Ing. Rodrigo Vásconez.

- Comparaciones con los resultados obtenidos en el proyecto de investigación de la Srta. Eliana Buitrón (Buitrón, 2017).

- Análisis de sensibilidad
- Planteamiento de conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. INTRODUCCIÓN

Toda estructura está asentada en última instancia sobre el suelo. Esta afirmación tan obvia como sencilla, obliga a realizar un análisis mucho más minucioso del que se ha llevado a cabo durante las últimas décadas acerca del suelo y sus características mecánicas.

Para abordar el estudio de las cimentaciones es esencial en primer término precisar la definición de algunos términos como suelo y cimentación. “Para propósitos de ingeniería, el suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas sólidas” (Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2013).

La cimentación puede definirse como el conjunto de elementos estructurales cuya función primordial es la transferencia de las cargas de la superestructura al suelo sobre el cual descansará y su diseño dependerá de la estructura en cuestión y la naturaleza del terreno.

La condición de que el suelo es un medio continuo, no homogéneo ni isótropo y que, aun así, a cierta profundidad se considere un estado de uniformidad, ha hecho que muchos autores desarrollen sus propuestas tomando en cuenta diferentes parámetros del suelo.

En vista de lo expuesto anteriormente, se han planteado diferentes modelos del comportamiento del suelo, así como de su interacción con la superestructura, en

los que se plantean distintas hipótesis que permitan un mejor análisis acorde a la realidad.

Uno de los métodos de análisis y cálculo más utilizado para modelar la interacción entre la cimentación y el suelo es el propuesto por Winkler (Winkler, 1867), el cual supone que el suelo es equivalente a un infinito número de resortes elásticos, cuya rigidez, denominada módulo o coeficiente de Balasto, se corresponde a la relación entre la presión de contacto y el asentamiento producido.

## **2.2.GEOLOGÍA DE LA CIUDAD DE QUITO**

El conocimiento sobre la naturaleza, formación y clasificación de los suelos locales es de suma importancia, debido a ello, es necesario realizar una descripción en términos geológicos sobre el suelo de la ciudad de Quito.

“Quito es una ciudad situada en una depresión formada por productos volcánicos y de erosión pluvial, eólica y glacial, constituyendo un relleno sedimentario de materiales mezclados y sobrepuestos entre sí, de unos 5 Km. de potencia aproximadamente” (Torres, 1990).

El estudio presentado sobre “Microzonificación Sísmica de los Suelos del Distrito Metropolitano de la ciudad de Quito” (Valverde, Fernández, Jiménez, Vaca, & Alarcón, 1994), menciona lo expuesto a continuación:

“La ciudad de Quito está emplazada a lo largo de la cordillera Occidental, en el callejón interandino en dirección N-S. La meseta de Quito se extiende desde la cuesta de Santa Rosa hasta la parte norte de San Antonio de Pichincha. La ciudad se asienta en lomas inclinadas al Este del Ruco Pichincha, surcado por numerosas quebradas que bajan del mismo. Al Oeste se localiza las laderas del Pichincha y su margen oriental se levanta suavemente al Norte y cae abruptamente a los valles de Los Chillos y de Tumbaco. La llanura del Turubamba

(de Chillogallo al Panecillo) al Sur de Quito, está separada del valle de Los Chillos, por una cadena de cerros menores como Monjas, Puengasí, Ilumbisí y El Batán- La Bota.

Al Norte, la ciudad de Quito se abre con las zonas planas de los parques La Carolina hasta El Ejido, constituyendo una subcuenca deprimida, controlada y modelada en la parte Occidental por el cono aluvial de la antigua quebrada de Ingapirca. Luego converge a Ñaquito y Cotocollao, con un alto morfológico que se localiza transversalmente al nivel de la parte central del aeropuerto y constituye una divisoria de aguas de los drenajes del sector. Luego desciende a Pomasqui y San Antonio de Pichincha y en forma más brusca a Calderón y Guayllabamba.

La zona central tiene una morfología irregular dominada por probable cono aluvial de San Juan, las colinas de El Dorado - Itchimbía, El Panecillo, por el valle socavado del río Machángara y las quebradas afluentes (ya rellenadas) que descienden las laderas del Rucu Pichincha a lo largo de las Av. 24 de Mayo y Pichincha.

En resumen, la cuenca de la ciudad de Quito puede dividirse en 3 zonas principales:

- Zona Norte: desde El Ejido hacia el Norte.
- Zona Central: entre El Panecillo y El Ejido.
- Zona Sur: al sur de El Panecillo” (Valverde, Fernández, Jiménez, Vaca, & Alarcón, 1994)

## FIGURA 2.1 ZONIFICACIÓN BÁSICA DE QUITO



Fuente: "The Quito - Ecuador, Earthquake Risk Management Project"

### 2.2.1. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

“La palabra Cangahua se originó en el idioma quechua, y hace alusión a una “tierra dura”. Es un sedimento fino parecido a loess, depositado en el corredor interandino del Ecuador en gran parte como resultado de una fuerte actividad volcánica cuaternaria” (Guerrón & Tacuri, 2012).

“La Cangahua es la unidad geológica de más amplia distribución en la ciudad de Quito, constituida por depósitos de cenizas y tobas, con capas centimétricas y hasta decimétricas de limos arenosos o arcillosos, forma un manto de 30 m de espesor aproximadamente, que descansa sobre las rocas más antiguas” (Guerrón & Tacuri, 2012).

“En el área Metropolitana de Quito afloran principalmente rocas de origen volcánico que corresponden a lavas, depósitos de avalancha, caídas de ceniza y volcanosedimentos, con edades de Plio-Pleistoceno a Pleistoceno superior. Así mismo, rocas detríticas producto de la erosión por parte de importantes sistemas de quebradas, que retrabajaron y transportaron rocas volcánicas antiguas y las depositaron en la parte central de la cuenca de Quito y como relleno del Valle de los Chillos, estos depósitos corresponden a volcanosedimentos, depósitos fluviales, depósitos de cono fluvial, flujos de lodo y cangahua” (Gaibor & Guano,

2012). “La cangahua se encuentra muy distribuida en el área de estudio y se compone de material volcánico meteorizado in situ en periodos en los cuales la actividad volcánica fue mínima o inexistente. Estos depósitos tienen edades entre Pleistoceno superior a Holoceno” (Gaibor & Guano, 2012).

“En la parte norte en las poblaciones de Pomasqui y San Antonio de Pichincha, afloran los Volcánicos Pululahua de edad Holoceno y que corresponden a depósitos de flujos piroclásticos, lahares, colapsos de domos y productos detríticos que rellenaron los valles adyacentes, estos depósitos se encuentran sobrepuestos por cangahuas jóvenes. En el centro del valle, terrazas aluviales de edad Holoceno superior. En la cuenca de Quito los depósitos más jóvenes corresponden a la Unidad fluvio-lacustre La Carolina y suelos volcánicos que forman la ladera del Pichincha y que afloran sobre los 3400 msnm” (Gaibor & Guano, 2012).

En la parte suroriental de la zona existen importantes depósitos laharfíticos correspondientes a las últimas erupciones del volcán Cotopaxi. Además, existen importantes depósitos coluviales y zonas de relleno ubicadas en los cauces de antiguas quebradas.

### **Depósito Lacustre**

“Formado en el Holoceno, último período del Cuaternario, hace unos 10.000 años, después de la última glaciación.

Asentado principalmente al Norte y Sur-oeste de la ciudad (Carcelén-Guamaní), demuestra que existió una cuenca lacustre, rellenada por ceniza y coluviales provenientes del flanco oriental del Pichincha.

Conformado básicamente por cenizas, arena arcillosa, conglomerados finos, arcillas, capas de pómez, arenas y limos intercalados entre sí. Los estratos son horizontales, bien definidos y de bajo espesor al sur de la ciudad teniendo evidencia de que sobrepasa los 60m (El Ejido). Sobreyace a la formación Cangahua” (Vásconez, 1997).

### **Depósito Coluvial**

“Formado en el mismo período que el depósito lacustre, está localizado en la ladera oriental del Pichincha y en el sur de la ciudad (sector Solanda) y con un espesor entre 1 y 15 m. En el Pichincha el espesor es de unos 5m. Está conformado por arenas y pómez. Al Sur sobreyace a la formación lacustre anterior” (Vásconez, 1997).

## **2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LA CANGAHUA**

### **2.2.2.1. Según Teodoro Wolf**

Teodoro Wolf, define geológicamente por primera vez el término Cangahua como una toba fina producto de la sucesiva descomposición de las andesitas, lavas y tobas cuyas partículas finas fueron llevadas por el agua de lluvia y especialmente por el viento. (Valverde & Bonifaz, Propiedades Geotécnicas de las Cangahuas, 1997). Distingue dos tipos de terrenos volcánicos:

**“Terrenos Primitivos:** son terrenos compactos que se han formado en el mismo lugar en el que se encuentran en la actualidad, de un magma que al enfriarse se consolidó, a este grupo corresponden las rocas macizas de andesita y todas las lavas que forman masas continuas” (Valverde & Bonifaz, Propiedades Geotécnicas de las Cangahuas, 1997).

**“Terrenos Fragmentarios o clásicos:** compuestos por pedazos grandes y pequeños del material de terrenos primitivos formando capas gruesas, pero que han sufrido fracturación y traslado de su lugar de origen debido a la acción del agua que las arrastra y deposita en nuevos yacimientos” (Valverde & Bonifaz, Propiedades Geotécnicas de las Cangahuas, 1997).

### **2.2.2.2. Según Walter Sauer (Sauer, 1965)**

Propone el modelo cuaternario de los Andes Ecuatorianos, añadiendo la composición andesítica y dacítica e insistiendo en el origen eólico para las cangahuas superiores y ubicándolas como materiales de los interglaciares.

- “Cangahua Antigua: cangahua lacustre producida al final de la primera glaciación en conjunto con elementos arcillosos y arenosos.
- Cangahua eólica antigua: producida en el segundo periodo interglaciar.
- Cangahua eólica moderna: grandes acumulaciones de productos piroclásticos finos depositados durante el tercer interglaciar.
- Cangahua eólica moderna endurecida: aparece en el cuarto interglaciar al deslizarse grandes glaciares sobre la cangahua eólica moderna
- Cangahua discontinua o reciente: aparece en el post-glacial sobre formaciones del cuarto glacial” (Guerrón & Tacuri, 2012).

Según Sauer, la Cangahua eólica moderna ocupa la mayor parte de los alrededores de la ciudad de Quito.

### **2.2.2.3. Según Vera y López (Vera & López, 1986)**

En la publicación de la revista N°16 de Paisajes Geográficos, definen una clasificación litológica de la Cangahua y la dividen en dos clases:

**Cangahua primaria:** que a su vez se subdivide en:

- Tipo 1, o caída de ceniza y polvo volcánico diagenetizado e interperizado in situ.
- Tipo 2, flujos de lodo, lahares con fragmentos y líticos.
- Tipo 3, desarrollos pedogenéticos sobre diferentes materiales volcánicos preexistentes.

## **2.3. MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE**

### **2.3.1. MODELO DE WINKLER**

“La primera vez que fue propuesto un procedimiento considerando la interacción de un suelo con la subestructura fue realizado por E. Winkler en el año 1867. En éste se modela las cimentaciones como una viga flexible, en el cual se supone al terreno como un conjunto infinito de resortes o muelles situados bajo esta viga

deformable. La constante de deformación de cada muelle es  $K_s$  (módulo de balasto)” (León , 2011).

“El método se creó inicialmente para el análisis de los durmientes del ferrocarril, siendo el balasto la capa de grava que se tiende sobre la explanación de las vías férreas para asentar y sujetar los durmientes. Este modelo de interacción estructura-terreno tiene múltiples aplicaciones, no sólo en el campo de las cimentaciones, sino en cualquier problema que pudiera adaptarse a este modelo” (León , 2011).

“La aplicación de la teoría del módulo de balasto ha ganado aceptación en los últimos tiempos, ya que permite una fácil asimilación del modelo de la interacción estructura-terreno utilizando los métodos matriciales de cálculo” (Canchanya, Vicente, Pancorbo, & Baldeón, 2012).

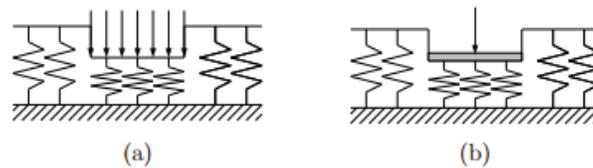
“Winkler propone que el desplazamiento transversal  $v$  en cualquier punto del suelo que actúa como soporte es directamente proporcional a la presión  $q$  aplicada en dicho punto y además independiente de los demás puntos adyacentes al mismo, es decir” (Santana, 2010):

$$q(x) = K \cdot v(x) \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Siendo  $K$  el coeficiente de balasto del terreno,  $q$  la presión sobre el suelo y  $v$  la deformación producida por la carga aplicada.

“Se supone una viga apoyada sobre el terreno con una carga distribuida constante en toda su longitud, los desplazamientos del terreno en contacto con la viga serían constantes e independientes de que la viga sea flexible o infinitamente rígida” (Santana, 2010), (ver figura 2.2)

**FIGURA 2.2 (A) PLACA FLEXIBLE SOMETIDA A UNA CARGA UNIFORME. (B) PLACA RÍGIDA SOMETIDA A UNA CARGA CONCENTRADA.**



Fuente: (Santana, 2010)

“Este modelo es incapaz de contemplar las deformaciones fuera del área cargada y por tanto no es recomendable su aplicación cuando el terreno tiene cohesión o capacidad a cortante” (Santana, 2010).

- **Ventajas del Modelo**

- “Las expresiones matemáticas de la interacción suelo-estructura son muy simples lo que ha permitido aplicar con frecuencia el método en vigas, placas, pilotes y diferentes elementos flexibles de contención” (Arenas, 2007).

- “Los momentos flectores y esfuerzos en una viga o placa han mostrado poca sensibilidad a la selección del módulo de reacción” (Arenas, 2007).

- “Es posible evaluar los resultados de modelos más complejos al compararlos con los resultados producto del uso del modelo de Winkler” (Arenas, 2007).

- **Desventajas del Modelo**

- “La representación del sistema desacoplado de “resortes-suelo” no corresponde al comportamiento suelo-estructura real” (Arenas, 2007).

- “La existencia de la gran variedad de recomendaciones para la determinación del módulo de reacción de la subrasante dificulta la selección del método” (Arenas, 2007).

- “Su uso no es apropiado para modelar condiciones de contorno complejas o donde el comportamiento del suelo sea no lineal o dependa del estado de esfuerzos. En este caso lo más recomendable es utilizar otros modelos y procedimientos más complejos, como en problemas de placas, pilotes y elementos flexibles de contención” (Arenas, 2007).

-“Cuando se desea evaluar asentamientos o desplazamientos de la fundación o cuando estos dominan el diseño no es recomendable utilizar el modelo de Winkler” (Arenas, 2007).

## 2.4.OTRAS PROPUESTAS PARA EL CÁLCULO DEL MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE

### 2.4.1.ECUACIÓN DE VESIC

En 1971, Aleksander Vesic propone una expresión matemática para una gran viga sobre un suelo de profundidad infinita, con módulo de elasticidad o de deformación constantes, el valor del coeficiente de balasto resulta ser:

$$K_e = 0,65^{12} \sqrt{\frac{E_s \cdot b^4}{E_w \cdot I_w}} \cdot \frac{E_s}{b \cdot (1 - \mu^2)} \quad [T/m^3] \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

Es: Módulo de Elasticidad del suelo, [T/m<sup>2</sup>]

b: Ancho de la cimentación, [m]

Ew: Módulo de elasticidad de la cimentación, [T/m<sup>2</sup>]

Iw: Inercia de la cimentación, [m<sup>4</sup>]

μ: Coeficiente de Poisson del suelo

### 2.4.2.ECUACIÓN DE BOWLES

Otra propuesta para el cálculo del módulo de balasto la ofreció Joseph Bowles en 1982, por medio de la siguiente ecuación:

$$k = \frac{E_s}{b(1 - \mu^2)I_w} \quad [T/m^3] \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

Es: Módulo de Elasticidad del suelo, [T/m<sup>2</sup>]

b: Ancho de la cimentación, [m]

lw: factor de corrección que depende de la forma y la flexibilidad de la cimentación.

μ: Coeficiente de Poisson del suelo

### 2.4.3. ECUACIÓN DE RODRIGO VÁSQUEZ

Rodrigo Vásquez, en su tesis de Maestría “Determinación Cuantitativa del Módulo de Reacción de la Subrasante” (Vásquez, 1997), plantea algunas ecuaciones para determinar el módulo de reacción de la subrasante en base a los resultados obtenidos del ensayo de placa de carga.

- Con el número de golpes “N” del SPT:

$$K_{s30} = 1.50 * N \quad [\text{Kg/cm}^3] \quad (\text{Ec. 2.4})$$

$$K_{s60} = 1.225 * K_{s30} \quad [\text{Kg/cm}^3] \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde:

K<sub>s30</sub>: Coeficiente de Balasto para una placa de carga de 30x30 (cm x cm), [Kg/cm<sup>3</sup>]

K<sub>s60</sub>: Coeficiente de Balasto para una placa de carga de 60x60 (cm x cm), [Kg/cm<sup>3</sup>]

- Con el módulo de elasticidad del suelo Es

$$K_s = 0.028 * E_s \quad [\text{Kg/cm}^3] \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

Es: Módulo de Elasticidad del suelo, [K/cm<sup>2</sup>]

## **2.5. ENSAYO DE GATO PLANO (FLATJACK)**

“El ensayo de Gato Plano (Flatjack) originalmente es un método directo empleado en unidades de mampostería en el que se requiere solamente la remoción de una porción de mortero de las juntas, por lo que es considerado un ensayo ligeramente destructivo al ser un daño temporal y fácilmente reparable después de realizar el ensayo. Se emplea para la evaluación no destructiva de algunas propiedades mecánicas y de deformabilidad de los materiales que conforman la estructura de la mampostería” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007).

Para el caso de las rocas y suelos, el método de ensayo consiste en utilizar un gato plano hidráulico constituido por dos placas de acero soldadas entre sí por los bordes y provisto de una entrada que permite el bombeo del aceite hacia el interior.

“Un gato plano, en general, consiste en dos planchas de acero inoxidable soldadas a lo largo de las aristas con uno o dos puertos de entrada y salida, que, conectados a un circuito hidráulico, con bomba, son capaces de suscitarle una presión interna” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007).

“Se puede fabricar con diferentes formas y tamaños. Las dimensiones actuales están determinadas por su función, por la técnica empleada para preparar la hendidura y por las propiedades de la fábrica que va a ser ensayada. Una regla general para obtener resultados representativos del estado de tensión real del conjunto de la fábrica es emplear el mayor tamaño posible de gato plano. Un gato plano ideal ha de rellenar completamente la hendidura en la junta de mortero, si un gato plano no tiene la dimensión suficiente para rellenar dicha hendidura por completo, se emplean placas de relleno” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007).

“El ensayo de Gato Plano proviene del campo de la mecánica de las rocas. Fue inventado por el ingeniero francés Eugene Freyssinet en 1934 y a principios de los años 80 el investigador italiano Paolo Rossi, adaptó el método para poderlo

emplear en fábricas de ladrillo y mampostería” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007).

“El objetivo de la técnica del Gato Plano consiste en obtener información estimativa y fiable sobre los siguientes parámetros:

- Estimación del estado tensional de compresión en una zona muy local de la estructura.
- Estimación de las características de deformabilidad (módulo de deformación y coeficiente de Poisson) de los materiales que la forman.
- Estimación de la resistencia a compresión del material o los materiales que conforman el elemento estructural siempre y cuando dicho nivel tensional no supere la capacidad operativa de los gatos planos movilizados” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007).

“Existen varias normativas vigentes para la evaluación de mampostería mediante la técnica de gatos planos. En Estados Unidos fueron desarrolladas por el ASTM (American Society for Testing and Materials), actualmente existe una actualización de las mismas (C1196-04: “Standard test method for in situ compressive stress within solid unit masonry estimated using flatjack measurements” (ASTM INTERNATIONAL, 2014); C1197-04: “Standard test method for in situ measurement of masonry deformability properties using the flatjack Method) (ASTM INTERNATIONAL, 2014)” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007).

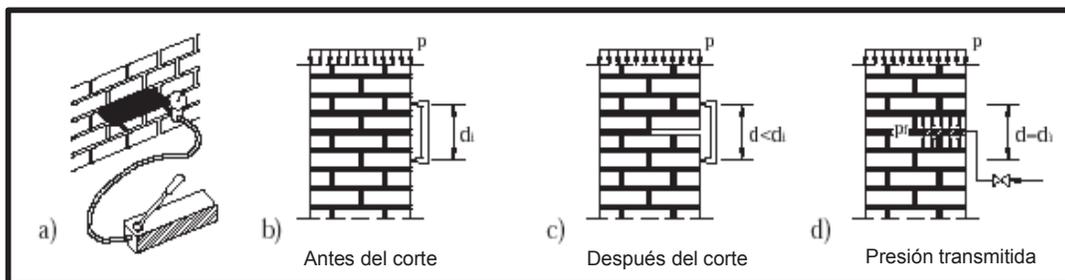
“El ensayo queda dividido en dos fases, en la primera, se utiliza un gato plano para estimar el estado tensional de compresión en el punto elegido de la estructura; en la segunda fase, se emplean dos gatos planos con el fin de estimar las características de deformabilidad del material existente entre los dos gatos planos citados y, si la capacidad de éstos lo permite, su resistencia mecánica a compresión” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007).

“Este ensayo está basado en el principio de liberación parcial de tensiones. Implica la eliminación local de tensiones, seguida de una restitución controlada del

nivel de tensiones eliminado” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007), (Figura 2.3).

“Inicialmente se colocan sobre la estructura unas bases verticales de medida, constituidas cada una por un par de puntos de base extensométrica (galgas), midiéndose la distancia  $d_i$  entre puntos por medio de un extensómetro. A continuación, se realiza un corte normal entre los dos puntos mencionados empleando un instrumento de corte adecuado. Debido al reajuste tensional, la distancia  $d$  existente entre dichos puntos será menor que la inicial:  $d < d_i$ . Con posterioridad se coloca un gato plano en el corte realizado, conectándose a una bomba hidráulica manual para, seguidamente, incrementar gradualmente la presión en el gato hasta que se recupera la distancia original existente entre los puntos de base extensométrica  $d = d_i$ ” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007).

**FIGURA 2.3 FASES DEL ENSAYO DE LA MEDIDA DEL ESTADO DE TENSIÓN.**



Fuente: (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007)

“En este punto la presión en el interior del gato plano ( $p_i$ ) puede relacionarse con el estado tensional preexistente en la dirección normal al plano de corte ( $p$ ). Dicho estado tensional en un punto de la estructura se calcula según la expresión” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007):

$$\sigma = p \cdot K_a \cdot K_m \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Donde:

**p:** Presión transmitida al Gato Plano por la bomba hidráulica, en Kg/cm<sup>2</sup>,

**Ka:** Relación entre el área del Gato Plano y el área media del corte realizado en la estructura ( $Ka < 1$ ).

**Km:** Constante adimensional propia de cada Gato Plano

“Los gatos planos están diseñados para suministrar una presión a la fábrica donde son instalados, linealmente dependiente de la presión hidráulica interna. Dicha dependencia se explicita mediante la constante adimensional Km determinada durante el proceso de calibración, función de las propiedades geométricas del gato plano y de su rigidez. Dicha constante siempre es menor que la unidad ( $Km < 1$ ) pues por la rigidez inherente al dispositivo parte de la presión interna es absorbida por el propio gato plano y por ende no es transmitida al material circundante” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007).

“En gatos planos nuevos, el coeficiente de calibración Km viene proporcionado por el fabricante. Si bien, debido al uso repetido, los gatos planos sufren un ablandamiento que exige sean recalibrados después de 4 ó 5 ensayos o con menor frecuencia si existen deformaciones excesivas. Los gatos planos deberían ser restituidos a su espesor después de cada ensayo para asegurar que el factor de calibración permanece inalterado” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007).

“En relación a la constante Ka, los puntos de contacto pueden obtenerse situando entre el gato plano y la superficie de las placas de relleno de la hendidura un calco (lámina de papel carbonoso) dispuesto entre dos láminas de papel ordinario. El papel es marcado en los lugares de contacto, contrariamente a lo que ocurre en los sitios de no contacto. De esta forma puede obtenerse el factor Ka como la relación entre la zona de contacto y el área del gato plano por mera geometría” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007).

## 2.6. ENSAYO DE PLACA DE CARGA ASTM D1195 AASHTO T 221

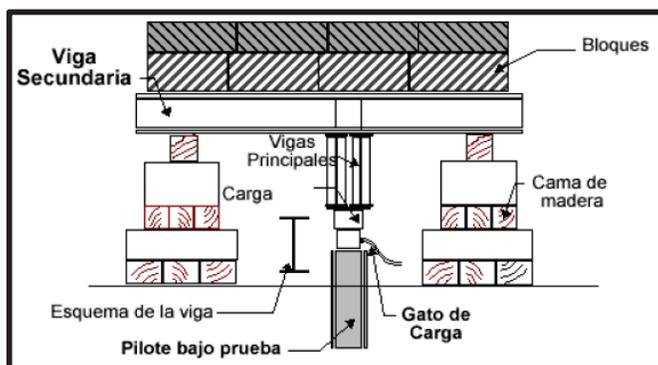
“El ensayo de placa de carga permite determinar las características de resistencia-deformación de un terreno. Consiste básicamente en colocar una placa sobre el suelo natural, aplicar una serie de cargas y medir las deformaciones. El resultado del ensayo se representa en un diagrama de esfuerzo vs deformación” (Manual de Laboratorio, s.f).

“Con este ensayo se pueden verificar los asentamientos calculados a partir de los resultados de consolidación, y evaluar la capacidad portante de suelos en los que la presencia de discontinuidades o de cantos de roca que impiden una adecuada evaluación a partir de muestras de campo” (Ruiz, 2010).

“En rellenos compactados se suele emplear este ensayo como elemento de control de la capacidad portante del terraplén. Con este fin se utilizan placas de diámetros de 30, 45 o 60 centímetros, y se aplican tensiones reducidas, sin llegar a rotura, determinando únicamente la deformabilidad del terreno” (Ruiz, 2010).

En la figura 2.4 está ilustrado el equipo convencional para ensayos de placa.

**FIGURA 2.4 ESQUEMA TÍPICO PARA LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE PLACA DE CARGA**



Fuente: (Guerrón & Tacuri, 2012)

“A partir de este ensayo se pueden obtener numerosos datos entre los que se destacan” (Manual de Laboratorio, s.f):

- “Obtención de la capacidad de carga del suelo para un asentamiento determinado.
- Determinación del módulo de reacción o coeficiente de Balasto (K).
- Determinación de las características de la curva carga versus deformación del suelo.
- Obtención del coeficiente de elasticidad del suelo (E).
- Realización de estudios sobre la estabilidad de pavimentos o bases de caminos ya existentes” (Manual de Laboratorio, s.f).

“Los ensayos de placa de carga son muy atractivos como una aproximación para la determinación de la capacidad portante del terreno. En muchas situaciones son particularmente valiosos y, bien podrían afirmarse, imprescindibles en los casos en las que las características del suelo hacen difícil la evaluación de sus propiedades mecánicas en el laboratorio. Sin embargo, los resultados del ensayo, pueden conducir a conclusiones erradas a menos de que estén acompañados de una completa investigación del subsuelo que permita una adecuada interpretación de los resultados y la propuesta de un diseño geotécnico seguro. No sobra anotar que esta afirmación es igualmente válida para cualquier otro ensayo geotécnico” (Ruiz, 2010).

Dependiendo del tipo de suelo o ensayo, se puede utilizar diferentes diámetros de la placa de carga (Manual de Laboratorio, s.f) como se muestra en la tabla a continuación:

**TABLA 2.1 DIÁMETROS DE PLACAS SEGÚN EL TIPO DE SUELO Ó ENSAYO**

Tipo de suelo o ensayo	Diámetro de la placa (cm.)	Contracarga aproximada (Ton.)
Suelos granulares finos	30	10
Suelos granulares gruesos	75	30
Ensayos con gran precisión	75 ó 60	30 ó 20
Ensayos rápidos menos precisos	40 ó 30	15 ó 20
Determinación del módulo de reacción	75	30

Fuente: [http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/placa\\_de\\_carga.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/placa_de_carga.pdf)

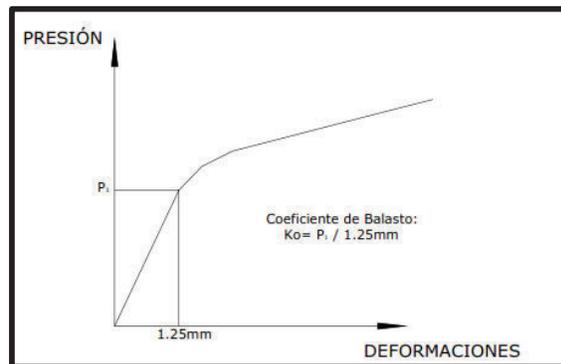
### 2.6.1. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Del trabajo de tesis de Guerrón y Tacuri, (Guerrón & Tacuri, 2012) se extrae la síntesis del ensayo:

- “Preparación de la superficie: se prepara, en el emplazamiento en que se vaya a realizar el ensayo, una superficie plana lo suficientemente grande para situar adecuadamente la placa de carga. La zona así preparada debe ser lo más llana posible. Se debe eliminar las partículas granulares que se encuentren sueltas.
- Instalación del equipo de carga con placa: se sitúa la placa en el lugar elegido y se presiona de forma que no queden puntos en los que no exista contacto entre el suelo y la placa.
- Colocación de los dispositivos de medición de asentamientos: se ubican los puentes de medición y los dispositivos de medida de manera que permitan el cálculo del asiento medio de la placa con una exactitud de 0,01 mm.
- Carga: se aplica una primera carga de 70 a 350 g/cm<sup>2</sup> con el objetivo de asentar completamente la carga, después se retira dicha carga y se ajustan de nuevo los equipos.
- Inicio del Ensayo: se inicia el ensayo definiendo el parámetro que se va a controlar: carga o deformación. Si se va a controlar la carga, se deben aplicar cargas con incrementos de 350 g/cm<sup>2</sup> hasta que se dé la mayor parte del asentamiento, es cuando se toma la lectura de deformación.
- Carga continua: se carga al suelo hasta más allá del límite elástico o hasta que alcance una carga semejante a su vez y media la presión de contacto del vehículo más pesado.

La interpretación del ensayo es inmediata, tanto en deformabilidad como en resistencia, aplicándose las soluciones clásicas de Elasticidad y Plasticidad, para la obtención de los parámetros correspondientes. La Figura 2.5 presenta la curva resultante del ensayo de placa de carga, donde el coeficiente de balasto  $k_0$  es la pendiente de la recta que pasa por el origen y por el punto correspondiente a un asentamiento de 1,25 mm” (Guerrón & Tacuri, 2012).

**FIGURA 2.5 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTO, CURVA PRESIÓN-DEFORMACIÓN ENSAYO PLACA DE CARGA**



Fuente: (Guerrón & Tacuri, 2012)

## 2.7. ENSAYO TRIAXIAL ASTM D 2850-15

“El ensayo Triaxial constituye el método más versátil en el estudio de las propiedades esfuerzo-deformación. Con este ensayo es posible simular una gran variedad de estados reales de carga” (Estrada, 2012).

“Esta prueba es la más común para determinar las propiedades esfuerzo-deformación.

Una muestra cilíndrica de un suelo es sometida a una presión de confinamiento en todas sus caras. A continuación, se incrementa el esfuerzo axial hasta que la muestra se rompe.

El ensayo se realiza en una cámara de pared transparente (cámara triaxial) llena de agua, en la que se coloca la probeta cilíndrica de suelo que, salvo que se adopten precauciones especiales, tiene una altura igual a dos veces su diámetro, forrada con una membrana de caucho. Esta membrana va sujeta a un pedestal y a un cabezal sobre los que se apoyan los extremos de la probeta” (Estrada, 2012).

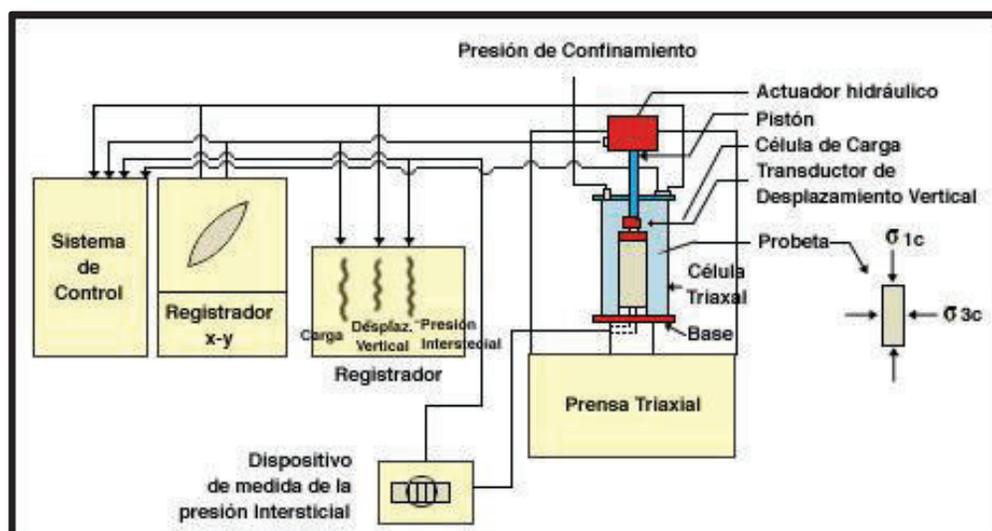
“Las pruebas triaxiales normalmente son realizadas en dos etapas: consolidación y ruptura.

La consolidación consiste en aplicar a una muestra cilíndrica una presión hidrostática (consolidación isotrópica); otras veces se aplica una carga o descarga vertical (consolidación anisotrópica); en cambio la etapa de ruptura consiste en llevar al cilindro a la falla por compresión (aumentando la carga) o por extensión (prueba de descarga); manteniendo constante la presión de confinamiento” (Guerrón & Tacuri, 2012).

Así, los ensayos pueden ser clasificados en:

- No consolidados-no drenados (UU): Se impide el drenaje durante las dos etapas del ensayo, por ello su ejecución es rápida.
- Consolidados-no drenados (CU): Se permite el drenaje durante la primera etapa solamente.
- Consolidados-drenados (CD): “Se permite el drenaje durante todo el ensayo, y no se permiten generar presiones de poro aplicando los incrementos de carga en forma pausada durante la segunda etapa de ruptura y esperando que el suelo se consolide con cada incremento” (Guerrón & Tacuri, 2012).

**FIGURA 2.6 ESQUEMA TÍPICO DE UN APARATO TRIAXIAL**

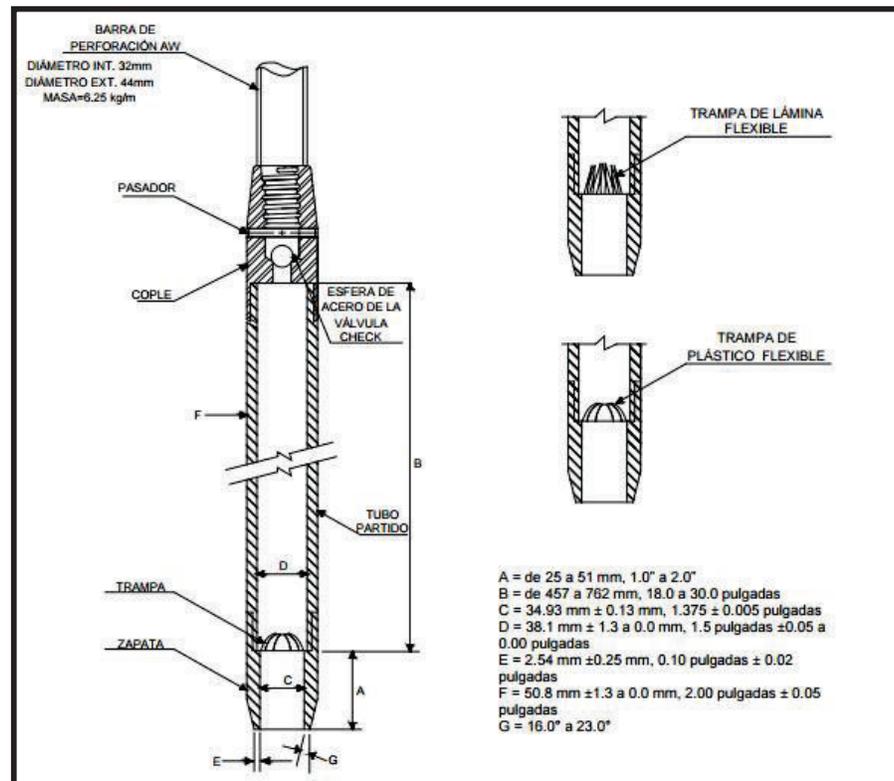


Fuente: <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/ensayos-de-laboratorio-resistencia-de-los-suelos-3-ensayo-triaxial/>

## 2.8. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) NORMA ASTM 1586

El método fue estandarizado en 1958 por la American Society for Testing and Materials, ASTM, con la designación D 1586. Según esta norma las dimensiones del penetrómetro estándar deben cumplir las condiciones de la figura 2.7.

FIGURA 2.7 PENETRÓMETRO ESTÁNDAR



Fuente: Norma ASTM D1586-84

“El ensayo SPT se realiza en el interior de sondeos durante la perforación, consiste básicamente encontrar el número de golpes (N) que se necesitan para introducir dentro de un estrato de suelo, un toma muestras (cuchara partida hueca y cilíndrica) de 30 cm de largo, diámetro exterior de 51mm e interior 35mm, que permite realizar tomas de muestra naturalmente alterada en su interior, a diferentes profundidades (generalmente con variación de metro en metro). El peso

de la masa percutora está normalizado, así como la altura de caída libre, siendo éstos respectivamente 63.5 kg y 76.2 cm” (Carmona, 2014).

“Este ensayo se realiza en depósitos de suelo arenoso y de arcilla blanda; no es recomendable llevarlo a cabo en depósitos de grava, roca o arcilla consolidada, debido a los daños que podría sufrir el equipo de perforación al introducirlo dentro de dichos estratos” (Carmona, 2014).

### **2.8.1. EJECUCIÓN DEL ENSAYO**

De la publicación de Cristian Soriano sobre Aspectos Generales del Ensayo SPT (Soriano, 2009) , se extrae la síntesis del procedimiento de ensayo:

“En primer lugar, se ejecuta la perforación, la cual se realiza en intervalos, generalmente se avanza cada 1.5 m o menos en suelos no tan homogéneos.

El agujero de la perforación que se obtenga debe ser limpio y estable para poder insertar el muestreador y así garantizar que el ensayo se está realizando sobre suelos relativamente inalterados. Se pueden emplear los siguientes métodos de perforación: método de perforación de orificio abierto, método de empleo de broca de espiral continúa con vástago vacío, método de perforación con lavado, método de empleo de broca de espiral continúa con vástago sólido.

Una vez ejecutada la perforación se debe conectar la tubería de acero con el muestreador de cuchara partida y se deja caer el muestreador suavemente hasta la profundidad del ensayo, luego se monta el cabezote en la parte superior de la tubería y el martillo o masa. Una vez montado el equipo se marca la tubería en tres incrementos de 6” (0.15m), de tal forma que se pueda observar el avance del muestreador a medida que cae el martillo. Se cuenta el número de golpes para cada avance de 0.15 m y para una altura de caída del martillo de 30” (0.76 m).

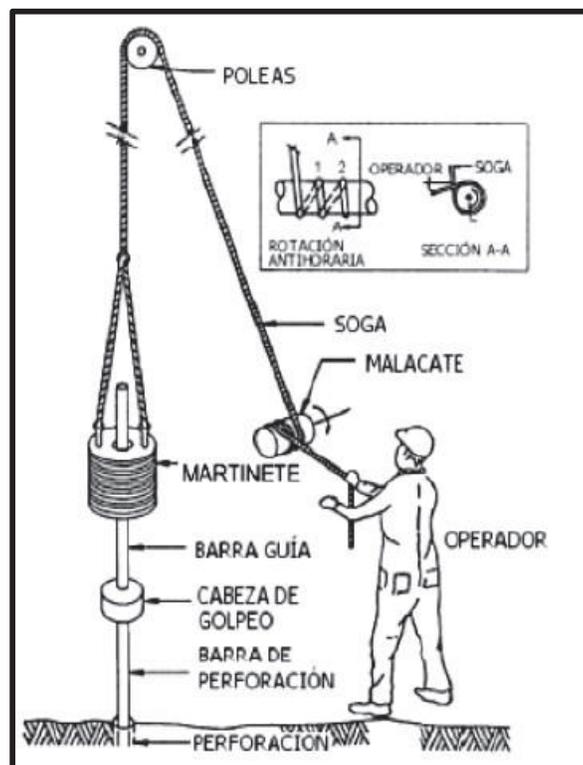
Hay que tener en cuenta que existen unas condiciones de rechazo del ensayo que son las siguientes: 1. Que se hayan alcanzado 50 golpes en alguno de los incrementos de 6”. 2. Cuando se hayan acumulado 100 golpes. 3. Cuando no se observa avance del muestreador después de aplicar 10 golpes.

Luego se registra el número de golpes que se requieren para cada incremento de 6", se considera que las primeras 6" de avance son para una penetración de asentamiento. El número de golpes  $N$  acumulado para los siguientes dos incrementos se conoce como la "resistencia a la penetración normal".

Sobre la caída del martillo, se puede mencionar que se puede utilizar un sistema semiautomático o automático que lo levante a la altura especificada, igualmente se puede emplear un malacate con cable, como se muestra en la figura 2.8

Finalmente, cuando se saca el muestreador a la superficie, es necesario anotar la longitud de la muestra obtenida, una descripción de la misma en cuanto al color, composición, estratificación y condición. Una observación adicional es sobre el número de vueltas del cable en el malacate, en el sentido de que se debe cumplir con lo que se encuentra en las normas, ya que una inadecuada operación puede alterar el resultado en términos de la corrección que se debe hacer por energía" (Soriano, 2009).

**FIGURA 2.8 ESQUEMA DEL ENSAYO SPT**



Fuente: (Guerrón & Tacuri, 2012)

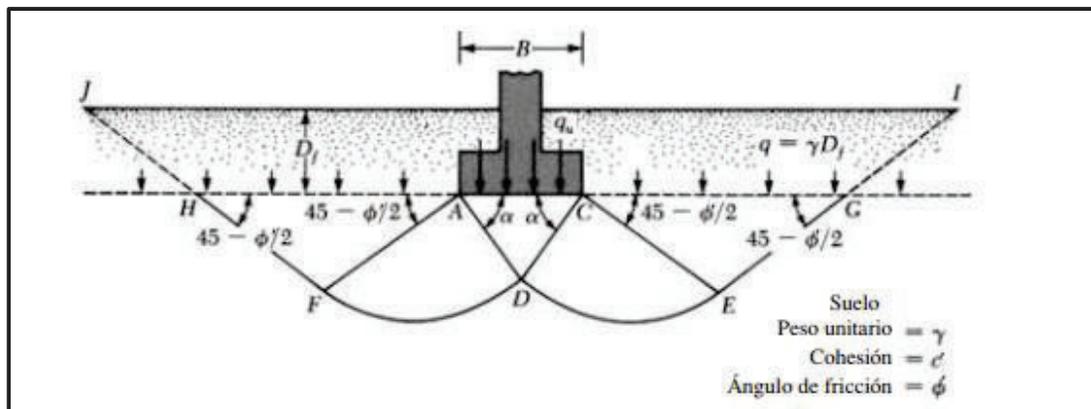
## 2.9.CAPACIDAD DE CARGA

### 2.9.1.SEGÚN TERZAGHI

Karl Terzaghi (1943) “fue el primero en presentar una teoría completa para evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales. De acuerdo con ésta teoría, una cimentación es superficial si la profundidad de la cimentación es menor o igual que su ancho. Sin embargo, investigadores posteriores sugieren que cimentaciones con una profundidad igual a 3 o 4 veces su ancho pueden ser definidas como cimentaciones superficiales” (Das, Principio de Ingeniería de Cimentaciones, 1999).

Terzaghi propuso una superficie de falla en el suelo bajo carga última para una cimentación corrida similar a la mostrada a continuación:

**FIGURA 2.9 FALLA POR CAPACIDAD DE CARGA EN SUELOS BAJO UNA CIMENTACIÓN RÍGIDA CORRIDA**



Fuente: (Das, Principio de Ingeniería de Cimentaciones, 1999)

“El efecto del suelo por encima del fondo de la cimentación también puede suponerse y ser remplazado por una sobrecarga equivalente,  $q = \gamma D_f$  (donde  $\gamma$ = peso unitario del suelo)” (Das, Principio de Ingeniería de Cimentaciones, 1999).  
 “La zona de la falla bajo la cimentación se puede dividir en tres partes con base a la figura 2.9

1. La zona triangular ACD inmediatamente debajo de la cimentación.
2. Las zonas de corte radiales ADF y CDE, con las curvas DE y DF siendo arcos de una espiral logarítmica
3. Dos zonas pasivas Rankine triangulares AFH y CEG

Utilizando el análisis de equilibrio, Terzaghi expresa la capacidad última de carga en la forma:

$$q_u = c * N_c + q * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma \quad (\text{Cimentación corrida}) \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Donde:

**c**= cohesión del suelo

**γ**= peso unitario del suelo

**q** =  $\gamma D_f$

**N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub>**= factores de capacidad de carga adimensionales y sólo son funciones del ángulo  $\phi$  de fricción del suelo,

Para zapatas cuadradas, Terzaghi sugirió la siguiente ecuación para la capacidad última de carga del suelo”: (Das, Principio de Ingeniería de Cimentaciones, 1999).

$$q_u = 1.3 * c * N_c + q * N_q + 0.4 * \gamma * B * N_\gamma \quad (\text{Ec. 2.9})$$

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGÍA DEL ENSAYO DE GATO PLANO (FLATJACK)**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

La prueba se realizó en base a la norma americana ASTM C1196 – 14a Standard Test Method for In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements, la cual tiene como objetivo determinar la compresión existente en un macizo de mampostería a través de la inserción de una almohadilla de acero inoxidable (Figura 3.2) en una ranura horizontal, para posteriormente agregar presión y obtener lecturas de presión aplicada vs. deformación observada.

Este apartado tiene como finalidad mencionar el procedimiento, las variantes y condiciones que se ha tomado del Ensayo FlatJack originalmente diseñado para mampostería y adaptarlos para determinar lecturas de presión y deformación en diferentes direcciones de taludes de suelo con el fin de obtener como producto final el Módulo de Reacción del suelo en estudio.

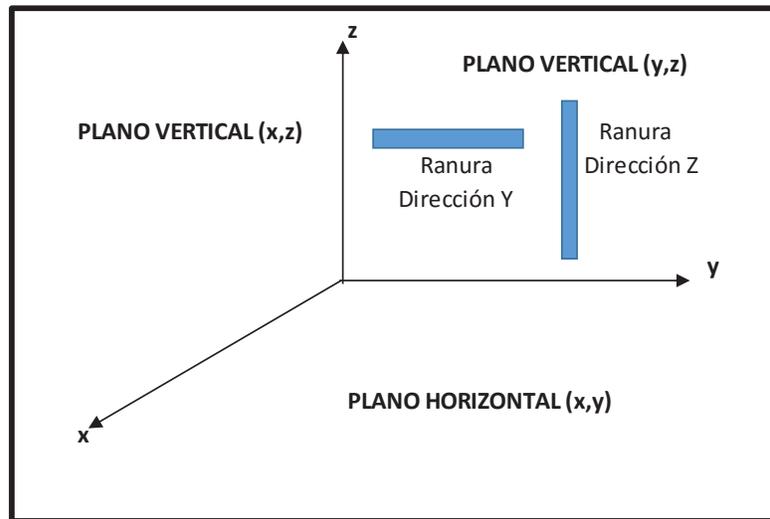
#### **3.2. ENSAYO DE GATO PLANO (FLATJACK) APLICADO A MACIZOS DE SUELO**

##### **3.2.1. ALCANCE DEL ENSAYO**

El ensayo tiene por objetivo medir in situ deformaciones del suelo a diferentes intervalos de presión, realizando una ranura tanto en la dirección “Y” y “Z” en el plano vertical de un talud de suelo (Figura 3.1). En este ensayo se ingresa una

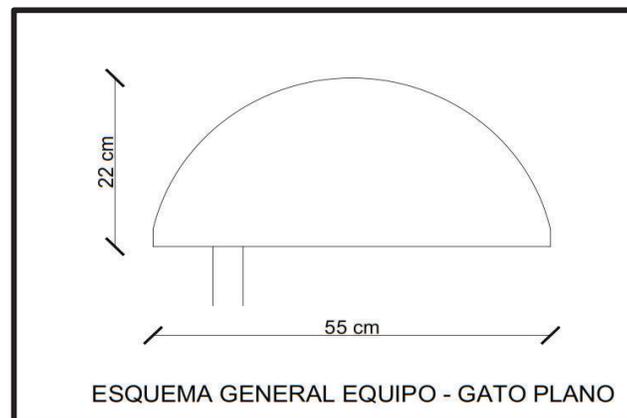
placa semicircular en la hendidura realizada, esta placa tiene una longitud de 55 cm y una profundidad de 22 cm, (Figura 3.2) dimensiones relativamente pequeñas y sencillas de realizar que no afectan en gran medida la obra o talud, por lo que se considera un ensayo no destructivo.

**FIGURA 3.1. ESQUEMA DE LOS PLANOS Y DIRECCIONES DE ENSAYO**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

**FIGURA 3.2 ESQUEMA GENERAL EQUIPO – GATO PLANO.**

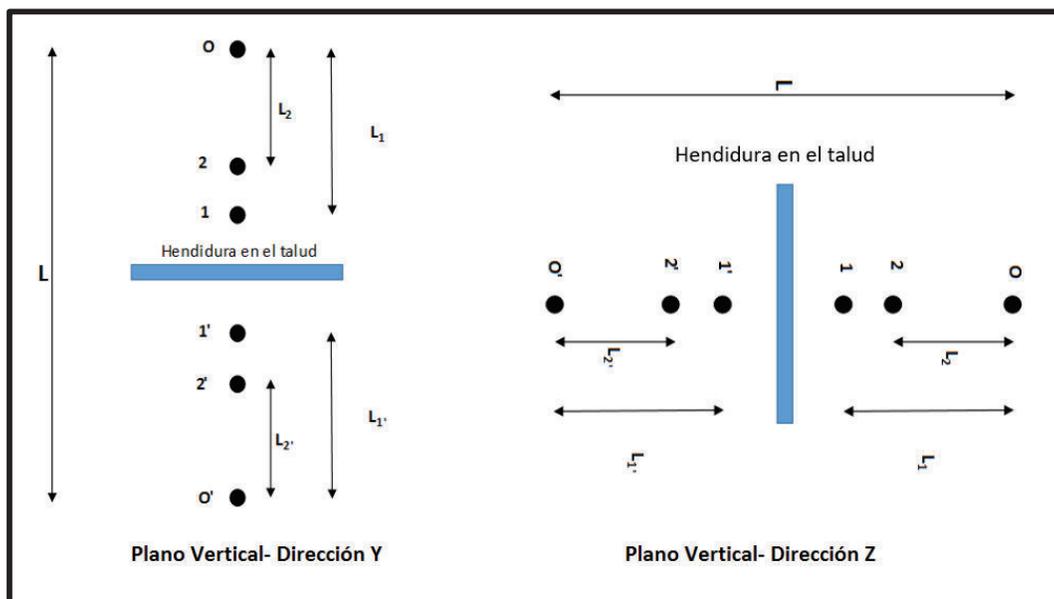


Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

### 3.2.2. TERMINOLOGÍA

- a. **Punto Fijo.** - Punto que se encuentra a los dos lados de la ranura y no se ve afectado ni por la acción de hacer la ranura ni por la aplicación de presión en el Gato Plano, es decir su posición siempre será la misma (Figura. 3.34)
- b. **Punto de Control.** - Punto ubicado en dirección perpendicular a la ranura que tiene por objeto medir las deformaciones que este punto en particular sufre a diferentes incrementos de presión (Figura. 3.34).
- c. **Ranura.** - Agujero que se realiza de manera perpendicular al talud del suelo, con el objetivo de colocar una almohadilla de acero (Gato-Plano), que posteriormente transmitirá presión.
- d. **( $L_1$ ,  $L_1'$ ).** - Distancias iniciales (antes de realizar la ranura) desde el Punto de Control más cercano a la ranura, hasta el Punto Fijo (Figura 3.3).
- e. **( $L_2$ ,  $L_2'$ ).** - Distancias iniciales (antes de realizar la ranura) desde el Punto de Control más lejano a la ranura, hasta el Punto Fijo (Figura 3.3).

**FIGURA 3.3 IMPLANTACIÓN GENERAL DE LAS HENDIDURAS EN LAS DOS DIRECCIONES - GATO PLANO.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 3.2.3. EQUIPO

a. **Gato Plano (Flat Jack).** - Aparato hueco con forma semicircular en el que se ingresa un fluido para provocar presión interna, y que dispone de válvulas de control (Figura 3.4).

- **Características:**

Largo: 55 cm

Ancho: 22 cm

Peso (vacío): 3200 gr

Peso aprox. (con aceite): 3600 gr

Área: 702 cm<sup>2</sup>

Material: Acero inoxidable

**FIGURA 3.4 GATO PLANO UTILIZADO**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

b. **Micrómetro.** - Instrumento para medir distancias internas entre puntos seleccionados (Figura 3.5).

- **Características:**

Precisión: 0.001 mm

Longitud Mínima de Medida: 0.2 m

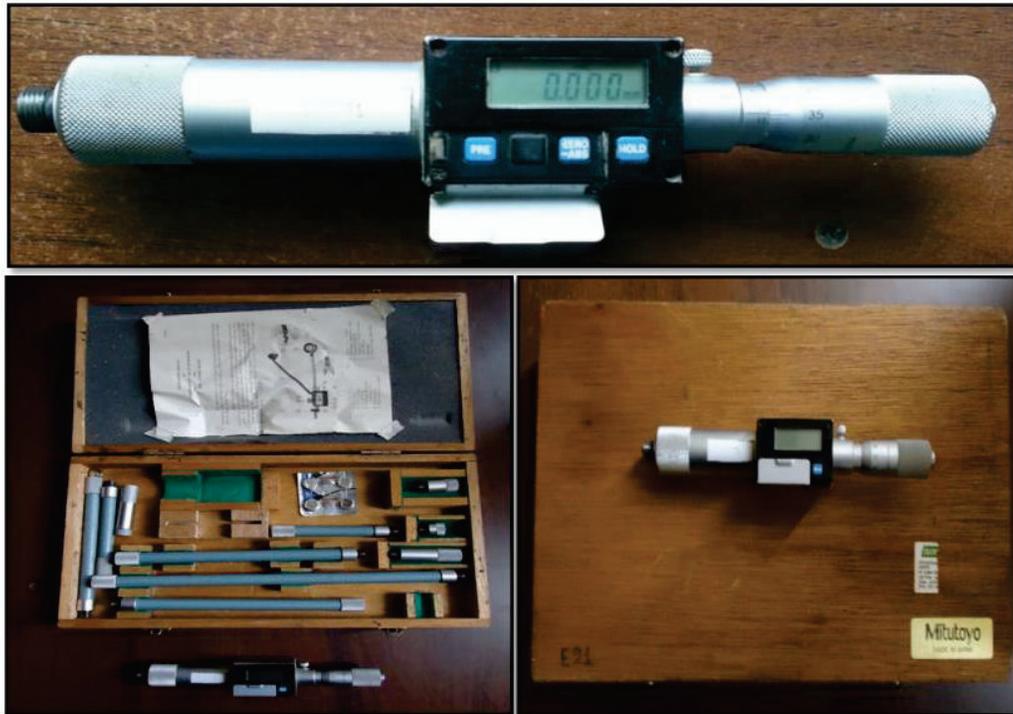
Longitud Máxima de Medida: 1.3 m

Marca: Mitutoyo

Modelo: "DIGIMATIC", con salida de datos y varillas conectables (combinables)

Serie: 337

**FIGURA 3.5 MICRÓMETRO TUBULAR**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**c. Placas de Ajuste.** - Placas de forma semejante a la del Gato Plano, con un espesor de aproximadamente un milímetro utilizadas para lograr un ajuste completo entre el Gato y la ranura, en caso de ser necesario (Figura 3.6). Estas placas disponen de agujeros, para una fácil inserción y retiro.

- **Características:**

Largo: 55 cm

Ancho: 21 cm

Espesor: 1.2 mm

Peso: 776.2 gr

Material: Acero inoxidable

**FIGURA 3.6 PLACAS DE AJUSTE**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

- d. Bomba Hidráulica Manual.** - Máquina que se utiliza para incrementar la presión del aceite hidráulico añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el aceite de una zona de menor presión a otra de mayor presión. (Figura 3.7).

- **Características:**

Marca: Tools & Equipment

Modelo: P20

Presión máxima: 2850 PSI

Entrada para manómetro: 1/4"

**FIGURA 3.7 BOMBA HIDRÁULICA – ACEITE**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

e. **Manómetro.** - Instrumento de medida de presión (Figura 3.8).

- **Características:**

Marca: WIKA

Capacidad: 160 Psi

Dial de 2.5", conexión inferior de ¼"

Material: Carcaza de acero inoxidable

**FIGURA 3.8 MANÓMETRO (CAPACIDAD 160 PSI).**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

f. **Clavos o Pines.** - Elementos de acero a ser colocados en el talud para materializar los puntos fijos y puntos de control (Figura 3.9).

- **Características:**

Longitud mínima requerida: 15 cm

Diámetro: 0.5 cm

Cabeza: Hexagonal

Material: Acero inoxidable.

**FIGURA 3.9 CLAVOS**

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**g. Flexómetro.** - Instrumento de medidas gruesas (Figura 3.10).

- **Características:**

Marca: STANLEY

Precisión: 1 mm

Longitud total: 5 metros

**FIGURA 3.10 FLEXÓMETRO**

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**h. Taladro.** - Herramienta manual empleada para hacer agujeros (ranura) en el talud mediante la utilización de una broca. (Figura 3.11)

- **Características:**

Marca: Stanley

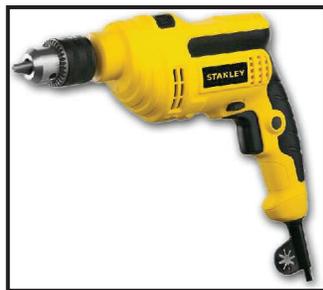
Motor de 550 watts

Broca utilizada:  $\Phi \frac{3}{4}$ "

Longitud de la Broca: 15 cm

Tipo de Broca: helicoidal para perforación en hormigón

**FIGURA 3.11 TALADRO**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

- i. **Molde metálico.** – Herramienta que sirve de guía al taladro para realizar la ranura en el talud (Figura 3.12)

- **Características:**

Largo: 60 cm

Ancho: 40 cm

Espesor: 3 mm

Material: Acero

**FIGURA 3.12 MOLDE PARA REALIZAR LA RANURA**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

Los equipos descritos a continuación fueron los que se emplearon en los procesos de calibración del Gato Plano.

j. **Máquina de compresión.** -Prensa hidráulica capaz de dar una carga axial a un objeto determinado. (Figura 3.13)

- **Características:**

Capacidad = 6000 psi

Longitud = 1.48 m

**FIGURA 3.13 MÁQUINA DE COMPRESIÓN –FLEXIÓN**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

k. **Anillo de carga.** - Instrumento de medida de presión con una salida digital (Figura 3.14)

- **Características:**

Capacidad: 5098.58 Kg

Lectura Máx: 1290

Marca: Engineering Laboratory Equipment Limited

**FIGURA 3.14 ANILLO DE CARGA**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

- I. Lector de deformación.** – Dispositivo electrónico que transmite la señal de presión del anillo de carga y lo transmite en valor de carga para una mejor visualización (Figura 3.15).

- **Características:**

Voltaje: 110 volts

Amperaje: 1amps

Potencia: 60 Hz

Marca: Engineering Laboratory Equipment Limited

**FIGURA 3.15 LECTOR DE DEFORMACIONES**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

- m. Placas metálicas.** – Placas con dimensiones similares a la del Gato Plano, las cuales se colocan en la parte superior e inferior, para la aplicación de la carga durante la calibración del Gato Plano, con el fin de simular el estrato del suelo encima y debajo del Gato Plano. (Figura 3.16).

- **Características:**

Largo: 62 cm

Ancho: 22 cm

Espesor: 3 cm

Peso: 32 Kg

Material: Acero

**FIGURA 3.16 PLACAS METÁLICAS**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

#### **3.2.4. SITIOS DE ENSAYO**

Con el precedente de la geología de Quito descrito en el Capítulo 2, se procedió a elegir diez lugares para la realización de los ensayos de Gato Plano dentro del Distrito Metropolitano de Quito, los mismos que se encuentran detallados en la Tabla 3.1. Los sitios fueron proporcionados por JVB SUELOS Y MUROS, debido a su disponibilidad de acceso y distribución geográfica a lo largo de la ciudad de Quito, permitiendo el sondeo de los diferentes tipos de suelos que se pueden encontrar en dichos lugares. En la figura 3.17 se pueden apreciar los sitios para los ensayos.

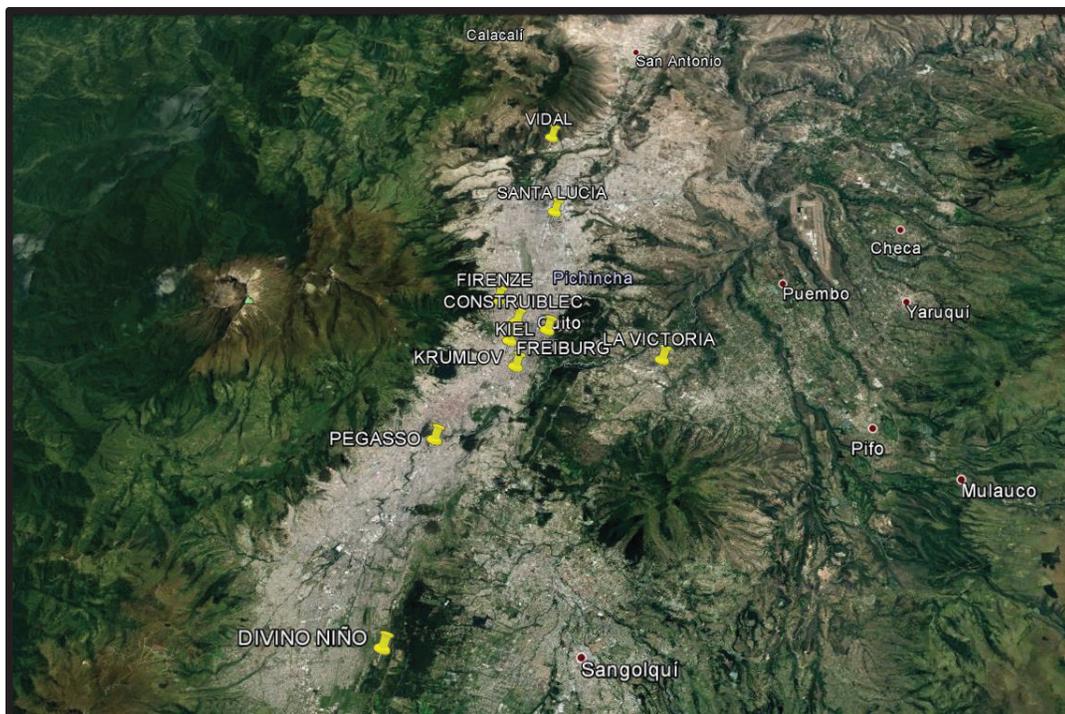
Aparte de los 10 lugares para los ensayos, se escogió uno adicional para fines de calibración del ensayo y del equipo en el Campus de la Escuela Politécnica Nacional ubicado en la Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía.

**TABLA 3.1 DETALLE DE SITIOS DONDE FUERON REALIZADOS LOS ENSAYOS.**

N°	SITIOS	FECHA DE ENSAYO	DIRECCION	COORDENADAS	
				LATITUD	LONGITUD
1	CONSTRUIBLEC	29/08/2016	Republica Y 10 de Agosto	0°10'58.24"S	78°29'22.28"O
2	PEGASSO	31/08/2016	Pedro de Alfaro y Av Maldonado (Villaflora)	0°14'29.18"S	78°31'1.82"O
3	VIDAL	02/09/2016	Urbanización El Arquitecto. Autopista Manuel Cordova Galarza (Pusuqui)	0° 4'24.32"S	78°29'1.23"O
4	FREIBURG	03/09/2016	Alemania y Eloy Alfaro	0°11'33.23"S	78°29'29.32"O
5	SANTA LUCIA	06/09/2016	De los Helechos. Av Galo Plaza Lasso y 6 de Diciembre	0° 7'18.17"S	78°28'40.80"O
6	FIRENZE	07/09/2016	Mariano Egas y Granda Centeno (Arriba Canal 4)	0°10'17.44"S	78°29'55.63"O
7	DIVINO NIÑO	09/09/2016	Urbanización Divino Niño. (Parque Metropolitano del Sur)	0°19'54.29"S	78°31'25.97"O
8	KIEL	12/09/2016	Los Obrajes y Quiteño Libre	0°11'14.69"S	78°28'33.12"O
9	KRUMLOV	12/09/2016	Lizardo García y 12 de Octubre	0°12'20.97"S	78°29'15.75"O
10	LA VICTORIA	14/09/2016	Cumbaya	0°11'59.30"S	78°25'35.58"O

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**FIGURA 3.17 MAPA DE QUITO CON LOS SITIOS ENSAYADOS.**

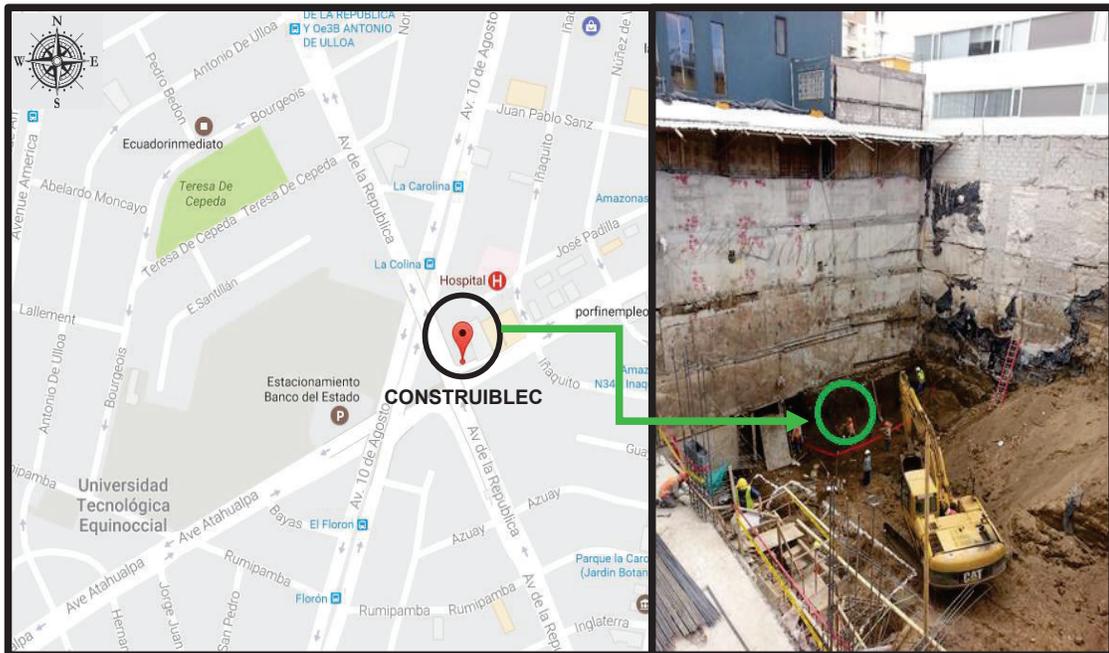


Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 3.2.4.1.SITIO DE ENSAYO DE GATO PLANO N°1: CONSTRUIBLEC

Se encuentra ubicado en el Norte de la ciudad de Quito, entre las Avenidas República, Atahualpa y 10 de Agosto, en las cercanías del Parque La Carolina. El ensayo fue ejecutado a 7 metros aproximadamente debajo del nivel de la calle como se muestra en la figura 3.18.

**FIGURA 3.18 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°1: CONSTRUIBLEC**

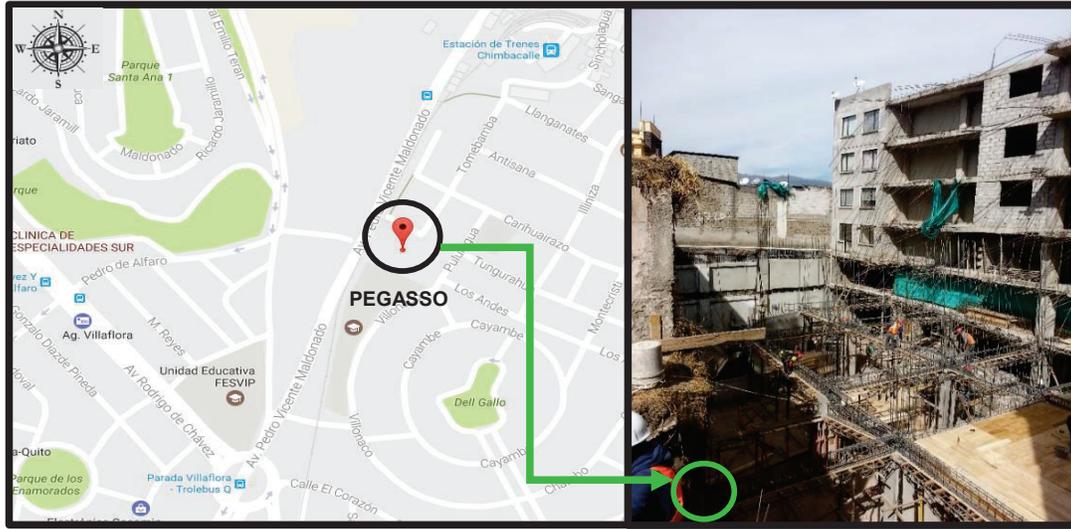


Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 3.2.4.2.SITIO DE ENSAYO DE GATO PLANO N°2: PEGASSO

Ubicado en el Sur de la ciudad de Quito, en la Avenida Pedro Vicente Maldonado y calle Pedro de Alfaro, cerca de la Estación de Trenes Chimbacalle. El ensayo fue realizado a 3 metros aproximadamente sobre el nivel de la calle como se indica en la figura 3.19.

**FIGURA 3.19 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°2: PEGASSO**

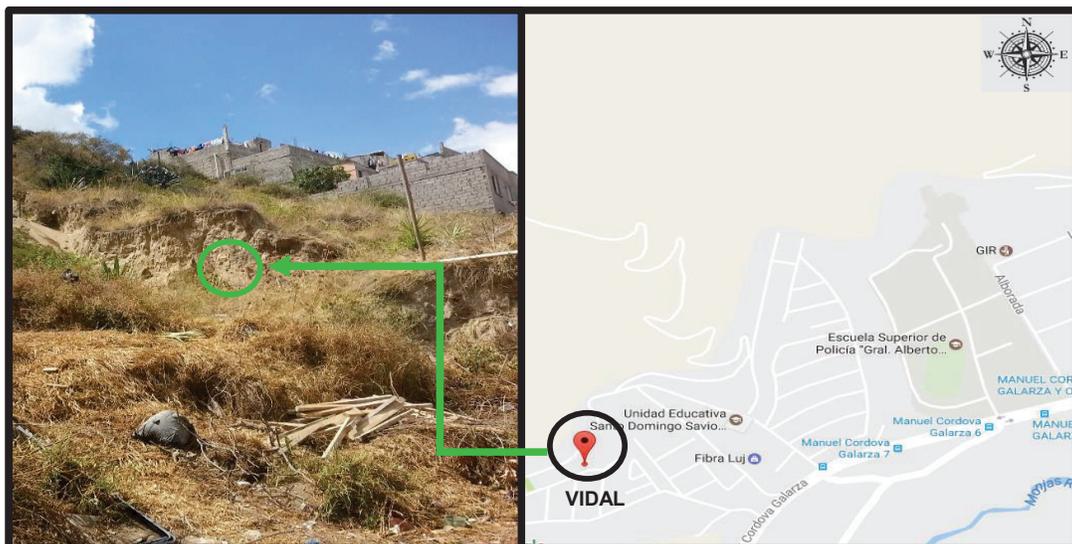


Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 3.2.4.3. SITIO DE ENSAYO DE GATO PLANO N°3: VIDAL

Está ubicado en Pusuquí, en el Norte de la ciudad de Quito, en la Avenida Manuel Córdova Galarza, dentro de la urbanización El Arquitecto. El ensayo fue ejecutado a 3 metros aproximadamente sobre el nivel de la calle como se muestra en la figura 3.20.

**FIGURA 3.20 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°3: VIDAL**

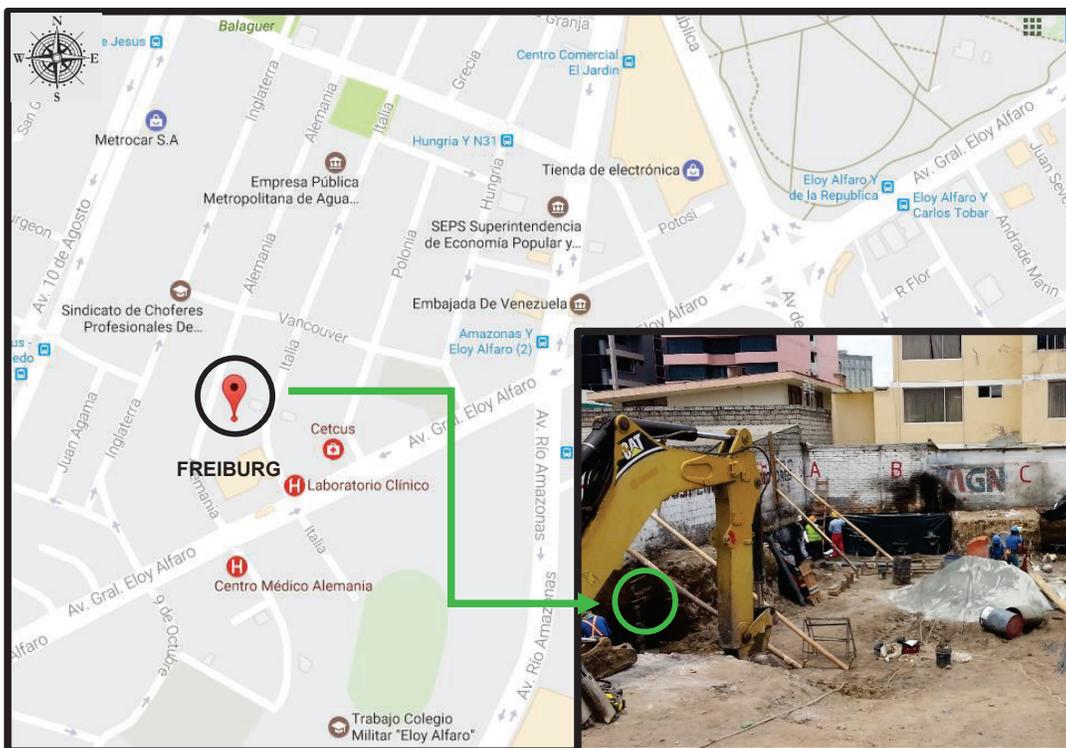


Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 3.2.4.4.SITIO DE ENSAYO DE GATO PLANO N°4: FREIBURG

Se encuentra ubicado en el Norte de la ciudad de Quito, en la calle Alemania y Avenida Eloy Alfaro. El ensayo fue realizado a 1,50 metros aproximadamente debajo del nivel de la calle como se muestra en la figura 3.21.

**FIGURA 3.21 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°4: FREIBURG**

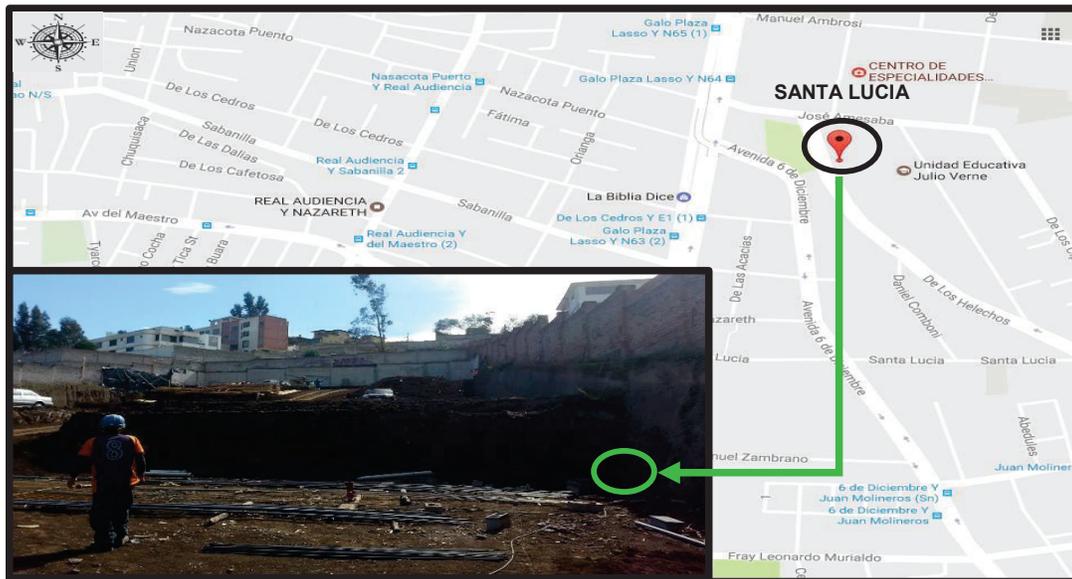


Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 3.2.4.5.SITIO DE ENSAYO DE GATO PLANO N°5: SANTA LUCÍA

Ubicado en el Norte de la ciudad de Quito, en las calles De los helechos y José Amesaba. El ensayo fue ejecutado a un metro aproximadamente sobre el nivel de la calle como se muestra en la figura 3.22.

**FIGURA 3.22 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°5: SANTA LUCÍA**

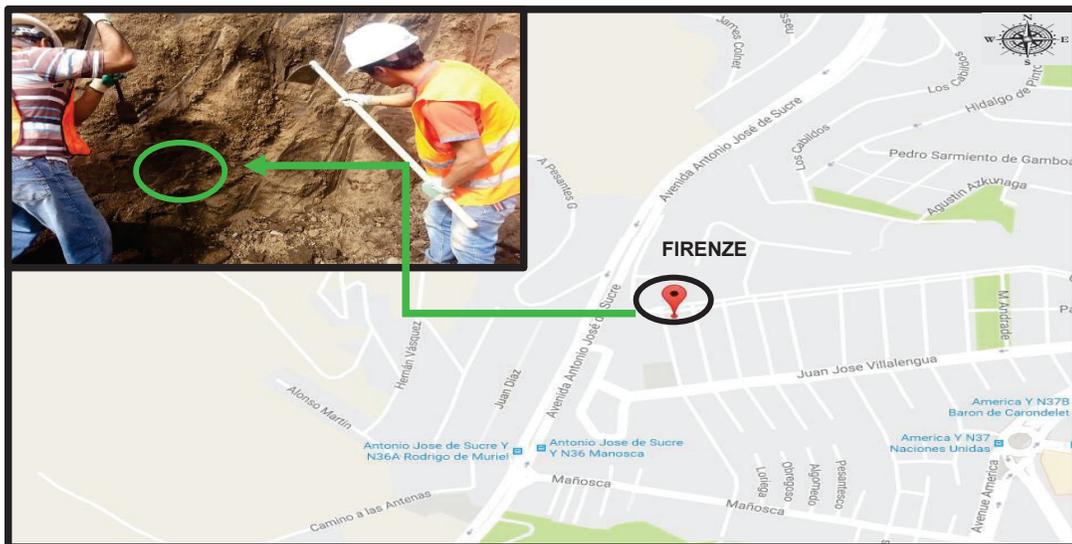


Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 3.2.4.6. SITIO DE ENSAYO DE GATO PLANO N°6: FIRENZE

Está ubicado en el Norte de la ciudad de Quito, en las calles Mariano Egas y Granda Centeno. El ensayo fue ejecutado a 3 metros aproximadamente debajo del nivel de la calle como se muestra en la figura 3.23.

**FIGURA 3.23 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°6: FIRENZE**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 3.2.4.7.SITIO DE ENSAYO DE GATO PLANO N°7: DIVINO NIÑO

Se encuentra ubicado en el Sur de la ciudad de Quito, en la urbanización Divino Niño, sector El Troje. El ensayo fue ejecutado a 5 metros aproximadamente sobre el nivel de la calle como se indica en la figura 3.24.

**FIGURA 3.24 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°7: DIVINO NIÑO**

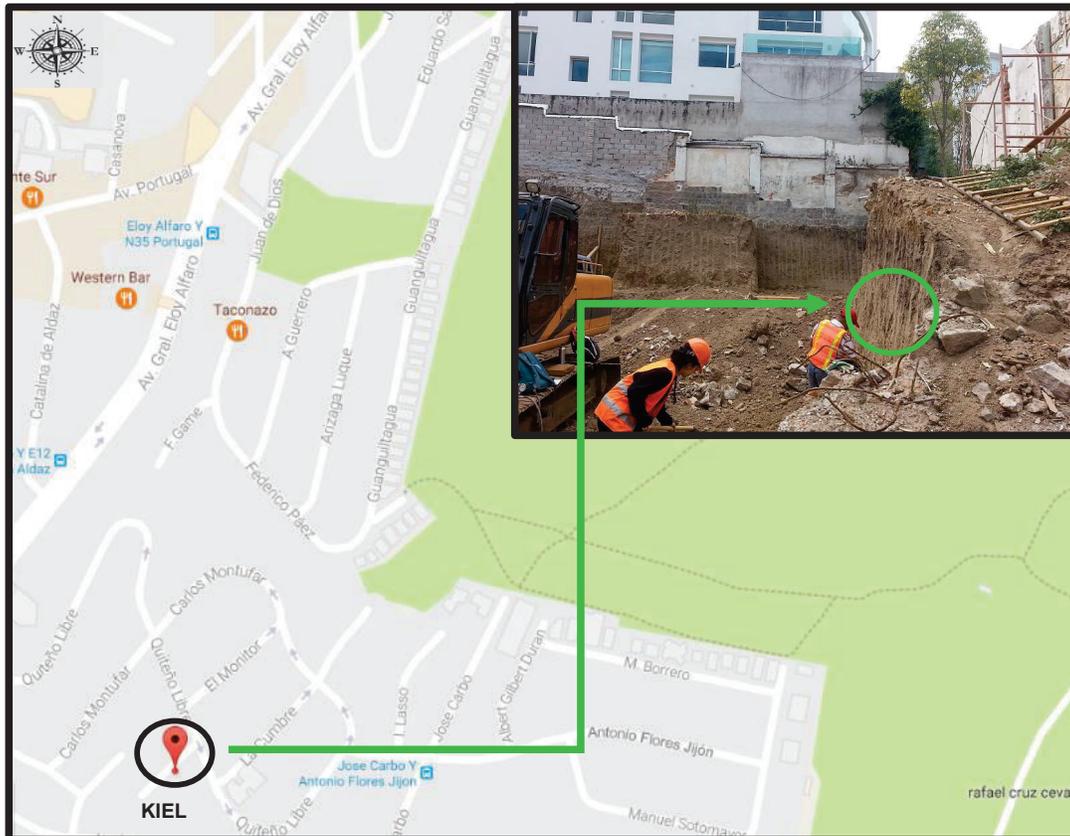


Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 3.2.4.8.SITIO DE ENSAYO DE GATO PLANO N°8: KIEL

Está ubicado en el Norte de la ciudad de Quito, en las calles Los Obrajes y Quiteño Libre. El ensayo fue realizado a un metro aproximadamente debajo del nivel de la calle como se aprecia en la figura 3.25.

**FIGURA 3.25 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°8: KIEL**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 3.2.4.9. SITIO DE ENSAYO DE GATO PLANO N°9: KRUMLOV

Ubicado en el Centro-Norte de la ciudad de Quito, en las calles Lizardo García y 12 de Octubre. El ensayo fue ejecutado a 2 metros aproximadamente debajo del nivel de la calle como se muestra en la figura 3.26.

**FIGURA 3.26 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°9: KRUMLOV**

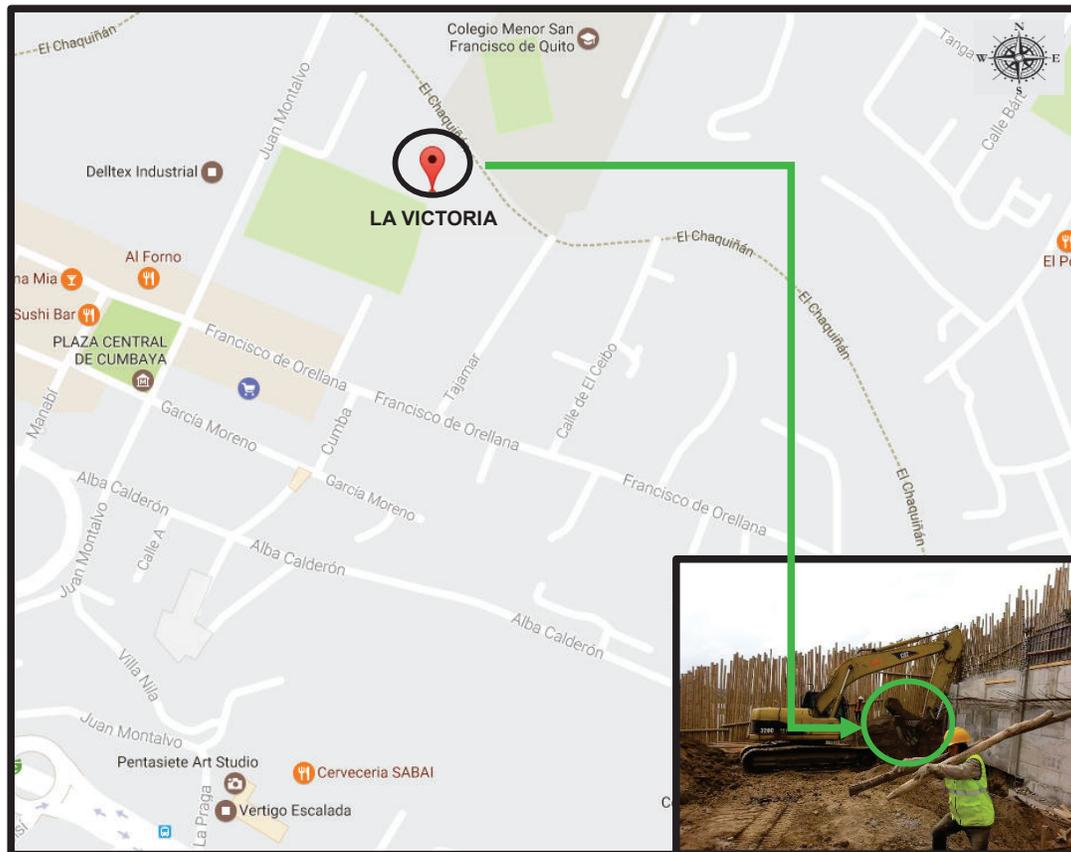


Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

#### 3.2.4.10. SITIO DE ENSAYO DE GATO PLANO N°10: LA VICTORIA

Se encuentra ubicado en el Oriente de la ciudad de Quito, en el Valle de Cumbayá. El ensayo fue realizado a 2.5 metros aproximadamente debajo del nivel de la calle como se muestra en la figura 3.27

**FIGURA 3.27 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO N°10: LA VICTORIA**

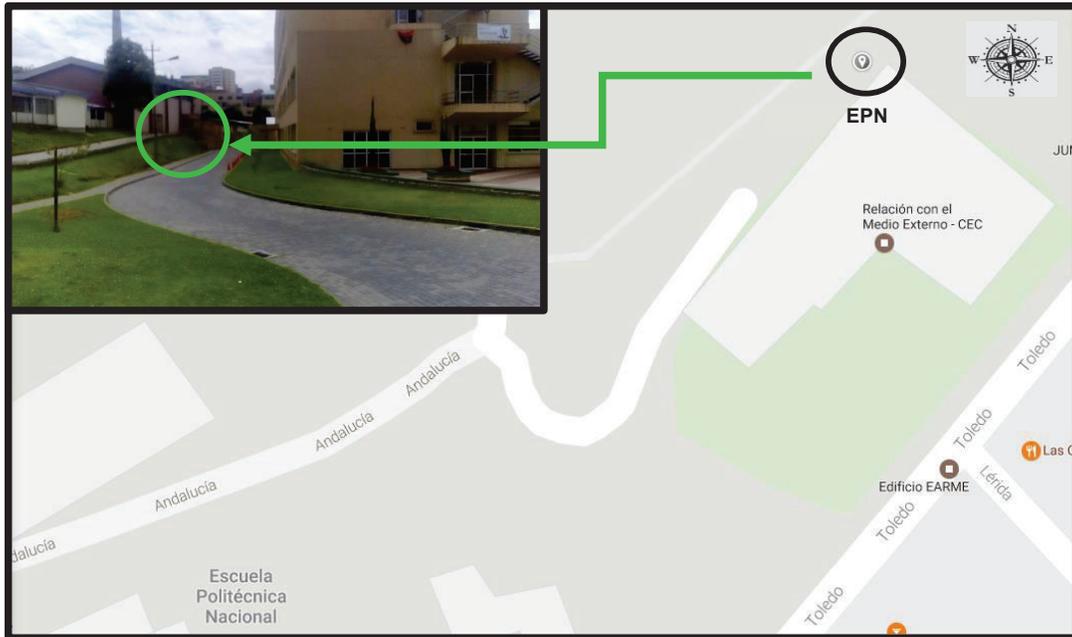


Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 3.2.4.11. SITIO DE CALIBRACIÓN DEL ENSAYO DE GATO PLANO: CAMPUS ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Ubicado en el Centro-Norte de la ciudad de Quito, en la Escuela Politécnica Nacional. El ensayo fue ejecutado a un metro aproximadamente sobre el nivel de la calle como se muestra en la figura 3.28.

**FIGURA 3.28 UBICACIÓN DEL SITIO DE CALIBRACIÓN DEL ENSAYO DE GATO PLANO: CAMPUS ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

Los sitios descritos a continuación fueron los lugares escogidos por el Ing. Rodrigo Vásconez en su tesis de maestría (Vásconez, 1997), para la ejecución de los ensayos de placa de carga. Los resultados de dichos ensayos serán utilizados para correlacionarlos con los valores de los ensayos de Gato Plano.

#### **3.2.4.12. SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°1: CAMPUS POLITÉCNICO**

Sitio de prueba y calibración, en predios del Campus Politécnico, (Vásconez, 1997) como se puede apreciar en la figura 3.29.

**FIGURA 3.29 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°1: CAMPUS POLITÉCNICO**

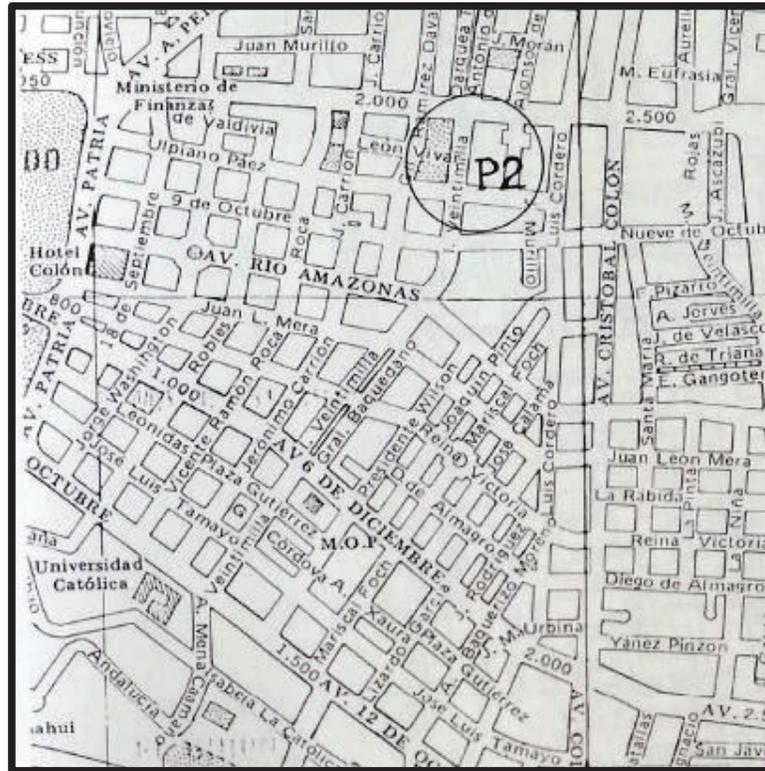


Fuente: (Vásconez, 1997)

### 3.2.4.13. SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°2: PARQUE JULIO ANDRADE

Ubicado en el sector de La Mariscal, entre las Avenidas 10 de Agosto, Amazonas, Cristóbal Colón y Patria. Específicamente, se buscó un sitio en la calle Veintimilla y 10 de Agosto, aledaño al Parque Julio Andrade, ubicado en esta dirección, (Vásconez, 1997) como se indica en la figura 3.30.

**FIGURA 3.30 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°2: PARQUE JULIO ANDRADE**



Fuente: (Vásconez, 1997)

#### 3.2.4.14. SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°3: HOSPITAL VOZANDES

Ubicado en el sector delimitado por las avenidas América, 10 de Agosto, De la República y Naciones Unidas. Específicamente se escogió el predio del Hospital Vozandes, situado en la calle Vozandes, entre América y 10 de Agosto, sector Ñaquito, (Vásconez, 1997) mostrado en la figura 3.31.

**FIGURA 3.31 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°3: HOSPITAL VOZANDES**



Fuente: (Vásconez, 1997)

### 3.2.4.15. SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°4: SECTOR MONTESERRÍN

Ubicado en el oriente de la Ciudad, sector Monteserrín, próximo al Cementerio Mariano Rodríguez, de El Batán, sobre la Avenida Eloy Alfaro. Específicamente se determinó un sitio en la calle General Duma y Las Malvas, (Vásconez, 1997) como se muestra en la figura 3.32.

**FIGURA 3.32 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°4: SECTOR MONTESERRÍN.**

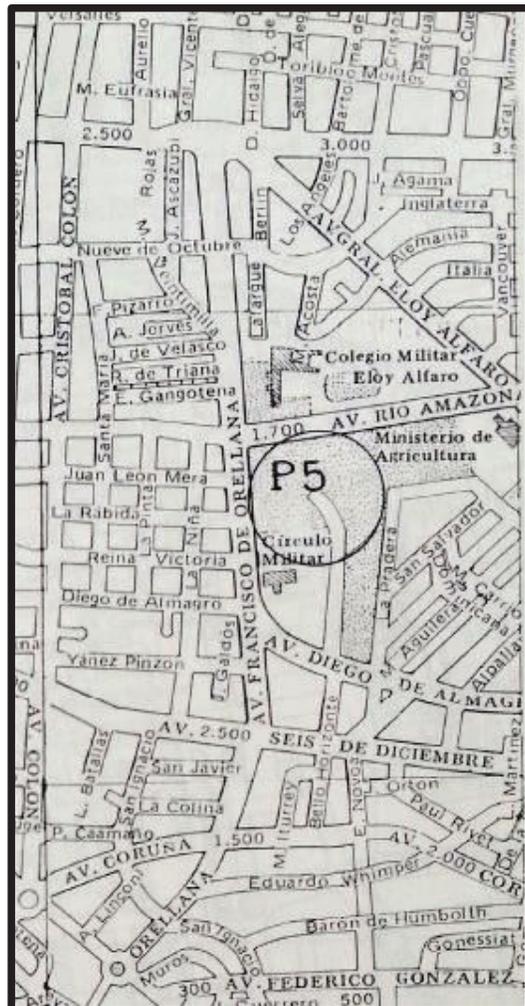


Fuente: (Vásconez, 1997)

### 3.2.4.16. SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°5: HOTEL MARRIOT

Ubicado en la Av. Amazonas y Orellana, predios del Hotel Marriot, (Vásconez, 1997) como se indica en la figura 3.33.

**FIGURA 3.33 UBICACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO DE PLACA DE CARGA N°5: HOTEL MARRIOT**



Fuente: (Vásconez, 1997)

### 3.2.5. PREPARACIÓN DE LA RANURA

- a) Limpiar y nivelar el sitio de ensayo para tener un área trabajable de aproximadamente  $1 \text{ m}^2$ .
- b) Señalar con ayuda de un nivel y escuadra la posición tanto de la ranura como de los puntos de control, las señales pueden ser en dirección Y o Z, asegurando la perpendicularidad.
- c) Materializar los puntos de control para poder tomar las lecturas iniciales ( $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_1'$ ,  $L_2'$ )

- d) Perforar en el talud, con ayuda del molde (Figura 3.12), para asegurar la forma y perpendicularidad de la hendidura respecto al talud; y de herramientas como un taladro o una moladora, sin descartar herramientas de mano.
- e) Introducir el Gato Plano y asegurarse de que quede totalmente ajustado y de ser necesario colocar las placas de ajuste.

### **3.2.6. PROCEDIMIENTO**

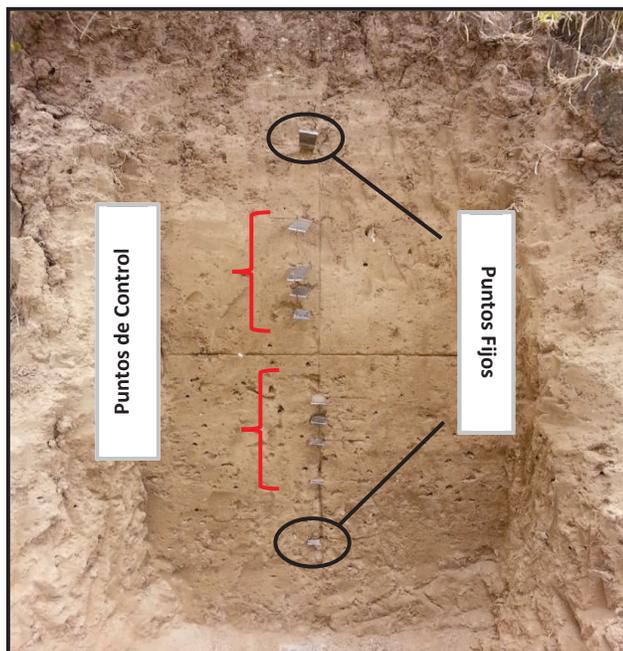
#### **3.2.6.1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DEL ENSAYO**

La presente sección está dedicada a exponer las consideraciones tomadas en la prueba preliminar de calibración del Ensayo Gato Plano aplicado a la subrasante; ésta prueba fue realizada en el campus de la Escuela Politécnica Nacional ubicada en la calle Ladrón de Guevara E11 -253 y Andalucía, con el fin de llegar a una estandarización del procedimiento a ser aplicado en los demás sitios

Las variables fundamentales en este proceso fueron la cantidad de puntos de control o de mediciones que se colocó, la separación de estos y la distancia inicial para establecer los puntos fijos respecto a la ranura.

La cantidad de puntos de control y su separación es un aspecto de discusión en el presente documento ya que un número pequeño de puntos de control no proporcionaría datos suficientes para la correlación y un número excesivo de puntos de control, haría al ensayo más fatigoso y laborioso sin que esto necesariamente proporcione valores confiables, por lo tanto la decisión fue de colocar cuatro puntos de control a 5, 10, 15 y 30 cm respectivamente desde la ranura y a cada lado de la misma (Figura 3.34).

**FIGURA 3.34 ÁREA DE TRABAJO CON CUATRO PUNTOS DE CONTROL Y UN PUNTO FIJO A CADA LADO DE LA RANURA.**



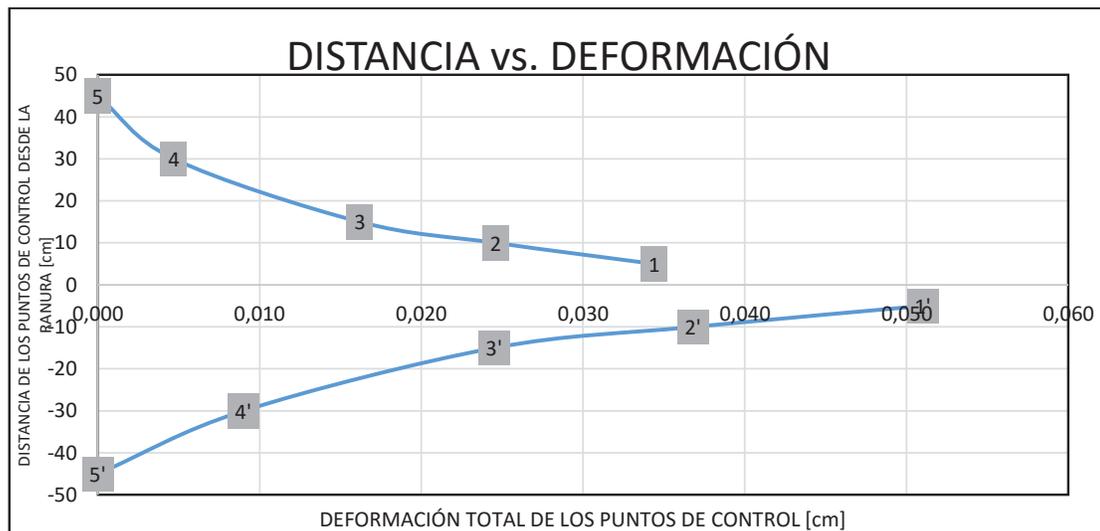
Elaborado por: Karina Campiño, Eliana Buitrón, Edwin Lituma

El siguiente punto de discusión es la distancia a la cual estarían los puntos fijos (Figura 3.34). Al estar muy cerca a la ranura, estos puntos dejarían de estar asegurados y se verían influenciados por la descompresión que genera la ranura y por la aplicación de la presión ejercida por el Gato Plano, pero la colocación de éstos muy alejados conllevaría a un uso de mayor espacio, tiempo y recursos. Con base a lo propuesto por Schmertmann (Schmertmann, 1970), quien sugiere que para suelos tipo arenosos (SM, SP) como los muestreados en este trabajo, las mayores deformaciones no se producen inmediatamente debajo de la base, como se podría esperar, sino a una profundidad de  $0.5 B$ , para cimentaciones cuadradas, por debajo de la parte inferior de la base y se deja de tener deformación a un valor de  $2B$ , siendo  $B$  la base de la cimentación. Por lo que, en el caso específico del ensayo Gato de Plano, la base de la cimentación vendría a ser los 22 cm que ingresa en el talud y por ello se toma en primera instancia la decisión de colocar los puntos fijos a 45 cm de la ranura en los dos lados de ella.

Consecuentemente con los datos obtenidos en el campus de la Escuela Politécnica Nacional se pudo graficar la distancia de los puntos de control y fijos

versus la deformación que éstos tenían bajo la influencia de la presión ejercida en la hendidura (Gráfico 3.1), con base en esto se determinó que la deformación es casi imperceptible a una separación de entre 30 y 45 cm, y las deformaciones considerablemente grandes se dan en los primeros 20 cm, por lo cual se consideró que la manera más efectiva de configurar el sistema sería colocando los puntos fijos a una distancia de 45 cm desde la ranura y los puntos de control a 10 y 20 cm desde la ranura. Al mismo tiempo, en este ensayo preliminar se pudo evidenciar que el suelo fallaba en el rango de 30 a 50 psi, por lo que se limitó para los siguientes ensayos a una presión máxima de 40 psi.

**GRÁFICO 3.1 DISTANCIA VS. LA DEFORMACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL EN EL CAMPUS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**



Elaborado por: Karina Campiño, Eliana Buitrón, Edwin Lituma

### 3.2.6.2. PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DEL ENSAYO

Con base en la prueba preliminar, el protocolo que se establece para el ensayo en los puntos de estudio.

- a) Marcar puntos y tomar lecturas
- b) Realizar la ranura conforme 3.2.5.
- c) Previo a la inserción del Gato Plano, es necesario purgar el sistema Gato Plano – bomba. La purga del Gato Plano se la realiza colocando el aceite hidráulico y agitando las paredes del mismo hasta que se observe que por

la válvula rebose el aceite; para el sistema bomba – manguera, la purga se la realiza ingresando aceite hidráulico hasta que al presionar la válvula de la manguera y agregar presión al sistema, el flujo sea continuo. Finalmente, se debe acoplar el Gato Plano con la manguera de la bomba e insertar el equipo en la hendidura.

- d) Empezar a cargar el sistema paulatinamente, en incrementos de presión de 10 psi.
- e) A cada incremento de presiones, medir las deformaciones con el micrómetro desde el punto fijo hasta los puntos de control, de los dos lados de la ranura sea esta en dirección Y o Z. Este paso debe ser realizado por una sola persona y con sumo cuidado, puesto que la sensibilidad del aparato es alta y las deformaciones muy pequeñas.
- f) Posterior a la lectura del último punto o a la falla del suelo, descargar el aparato y retirar el Gato Plano y los puntos de control y fijos.
- g) Procesar los datos. (Capítulo 4)

### 3.2.6.3.PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

La calibración del ensayo es necesaria para que las condiciones del estudio tengan una mejor aproximación a la realidad y sean reproducibles sin importar los instrumentos o el lugar. Los parámetros a calibrar son el área de contacto y la presión transmitida por el Gato Plano.

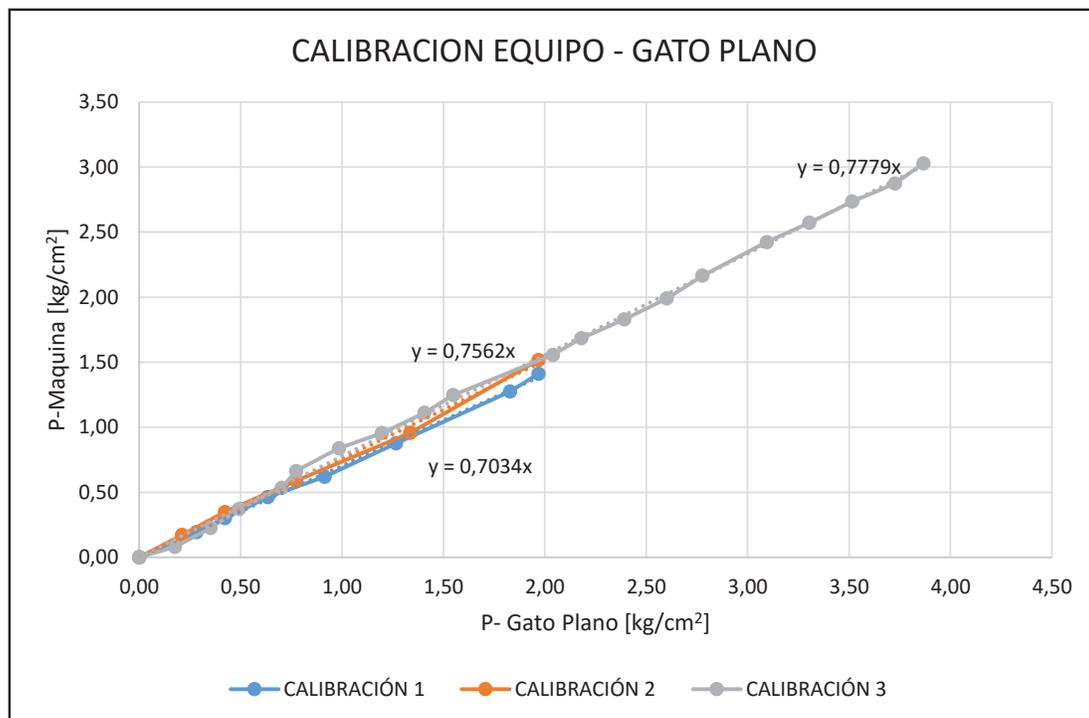
El Gato Plano tiene una resistencia a la deformación propia del material por lo tanto la presión que existe dentro del Gato Plano es mayor a la que se está aplicando al suelo, en consecuencia, se debe encontrar el factor **Km** que representa la porción de presión que es transmitida por el gato hacia el suelo. Esta calibración se realizó en tres ocasiones durante la ejecución de todos los ensayos, con el fin de mantener calibrado al equipo todo el tiempo; el procedimiento a seguir se basó en la Norma ASTM C1196 – 14 a.

La recomendación normativa sobre la calibración del equipo muestra que mientras el uso sea permanente, el mismo debe ser calibrado con mayor frecuencia.

Para el ensayo de calibración se utilizó la Máquina de Compresión – Flexión, el anillo de carga y el lector de deformaciones, figura 3.13, figura 3.14 y figura 3.15 respectivamente.

Los valores determinados se expresan con detalle en el Gráfico 3.2 y la Tabla 3.2 donde el valor del coeficiente **Km** se lo interpreta como la pendiente de Presión de la Máquina vs. Presión del Gato Plano.

### GRÁFICO 3.2 CALIBRACIONES DEL EQUIPO GATO PLANO



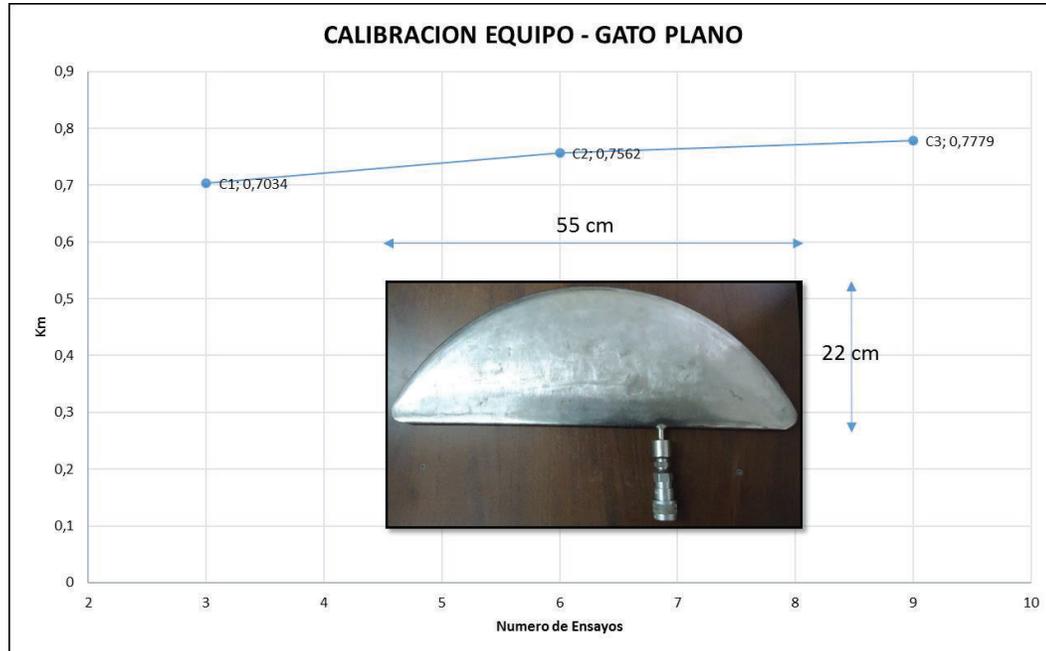
Elaborado por: Karina Campiño, Eliana Buitrón, Edwin Lituma

**TABLA 3.2 VALORES DE Km PARA LAS DIFERENTES CALIBRACIONES.**

CALIBRACIÓN	Km
C1	0,7034
C2	0,7562
C3	0,7779

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

En base a los valores obtenidos durante la calibración del equipo se puede realizar la Gráfica 3.3, en la cual se refleja cómo evolucionó el parámetro Km con el número de ensayos, y se observa claramente el incremento en su valor debido a que, con el uso, el equipo pierde su rigidez y trasmite una mayor cantidad de presión hacia la subrasante.

**GRÁFICO 3.3 EVOLUCIÓN DE LAS CALIBRACIONES (KM) PARA EL EQUIPO GATO PLANO**

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

El siguiente parámetro a considerar es el área de contacto entre el Gato Plano y el suelo, el cual, por las irregularidades de la hendidura y forma del aparato,

difícilmente se acoplará en un 100% en su superficie, por lo que se determina qué parte del Gato Plano se encuentra en contacto con el suelo, a este parámetro se lo denomina **Ka**. Se calcula entre la superficie del Gato Plano en contacto con la ranura donde va ingresar el equipo, situando entre el Gato Plano y la superficie de las placas de relleno de la hendidura, un papel calco dispuesto entre dos láminas de papel ordinario (figura 3.35). “El papel es marcado en los lugares de contacto, contrariamente a lo que ocurre en los sitios de no contacto, de esta forma puede obtenerse el factor Ka como la relación entre la zona de contacto y el área del Gato Plano por mera geometría” (Villegas, Lombillo , Agudo, & GTED-UC, 2007).

### FIGURA 3.35 COLOCACIÓN DEL PAPEL CALCO PARA LA CALIBRACIÓN DEL EQUIPO



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

En conclusión, al determinar el valor de Ka correspondiente al área en contacto y Km que representa la presión efectiva, se puede encontrar el efecto combinado  $Ka \cdot Km$  que es el verdadero porcentaje de presión que llega al suelo. (ASTM C1196, 2014).

**TABLA 3.3 DETALLE DE Ka Y Km PARA LOS SITIOS ENSAYADOS.**

N°	SITIOS	Calibración Gato Plano		
		Ka	Km	Ka*km
1	CONSTRUIBLEC	0,86	0,7034	0,6049
2	PEGASSO	0,87	0,7034	0,6120
3	VIDAL	0,9	0,7034	0,6331
4	FREIBURG	0,85	0,7562	0,6428
5	SANTA LUCIA	0,91	0,7562	0,6881
6	FIRENZE	0,88	0,7562	0,6655
7	DIVINO NIÑO	0,845	0,7779	0,6573
8	KIEL	0,83	0,7779	0,6457
9	KRUMLOV	0,9	0,7779	0,7001
10	LA VICTORIA	0,85	0,7779	0,6612
11	EPN	0,91	0,7034	0,6401

Elaborado por: Karina Campiño, Eliana Buitrón y Edwin Lituma

## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS**

El presente capítulo recopila los datos y procesamiento de los mismos, generados en el ensayo de Gato Plano (Flatjack), relacionándolos con diferentes métodos y fórmulas, de capacidad de carga admisible y el módulo de reacción de la subrasante.

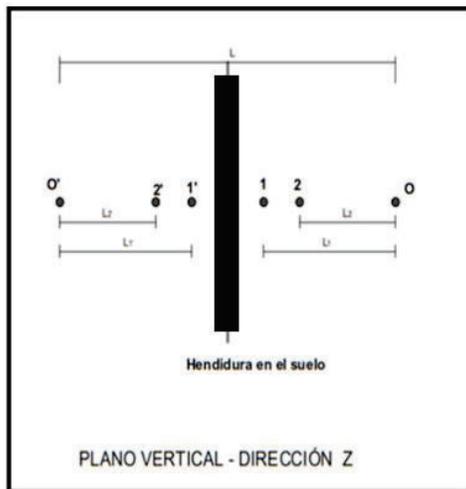
#### **4.1. ENSAYO DE CAMPO-GATO PLANO**

El ensayo propuesto por este trabajo proyecta valores de presión y deformación en un talud de suelo, con el fin de que estos valores sean procesados para poder representarlos como una alternativa de obtener el módulo de reacción de la subrasante.

##### **4.1.1 ENSAYO GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL- DIRECCIÓN Z**

Las Figuras 4.1(a) y (b) muestran la dirección esquemática y real respectivamente del Ensayo de Gato Plano cuando se lo realiza en la dirección Z.

FIGURA 4.1 (A) DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GATO PLANO - DIRECCIÓN Z,  
(B) FOTOGRAFÍA GATO PLANO- SITIO CONSTRUIBLEC - DIRECCIÓN Z.



(a)



(b)

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**TABLA 4.1 DATOS COMPLETOS DE LOS PUNTOS DE CONTROL (1, 1', 2, 2') DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL-DIRECCIÓN Z.**

PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z									
SITIOS	Puntos de Control	Deformaciones Parciales [cm] a diferentes variaciones de esfuerzos [psi]				Deformación Total [cm*10 <sup>-2</sup> ]	K aparente [kg/cm <sup>3</sup> ]	Ka*km	K real [kg/cm <sup>3</sup> ]
		10	20	30	40				
DIVINO NIÑO	1	0,0099	0,0044	0,0053	0,0033	2,29	121,45	0,6573	79,83
	2	0,008	0,0045	0,0017	0,0025	1,67	161,51		106,16
	1'	0,0089	0,0037	0,0056	0,0042	2,24	126,92		83,43
	2'	0,0059	0,0026	0,0029	0,0023	1,37	205,32		134,96
CONSTRUIBLEC	1	0,0179	0,017	0,013	0,0158	6,37	44,532	0,6049	26,94
	2	0,0033	0,0149	0,01	0,0096	3,78	68,272		41,30
	1'	0,02	0,0154	0,013	0,0141	6,25	45,491		27,52
	2'	0,0015	0,0177	0,0087	0,011	3,89	64,76		39,17
FIRENZE	1	0,0009	0,0044	0,0041	0,0058	1,52	172,47	0,6655	114,77
	2	0,0013	0,0039	0,0045	0,0028	1,25	205,39		136,68
	1'	0,0008	0,004	0,0047	0,0051	1,46	176,85		117,69
	2'	0,0015	0,0033	0,0032	0,0045	1,25	217,36		144,64
FREIBURG	1	0,018	0,0301	0,0408	0,1394	22,83	23,009	0,6428	14,79
	2	0,0062	0,0181	0,0214	0,0409	8,66	30,418		19,55
	1'	0,0162	0,0227	0,0368	0,1326	20,83	23,198		14,91
	2'	0,0035	0,0178	0,0257	0,039	8,60	29,762		19,13
KIEL	1	0,0335	0,0257	0,0244	0,0145	9,81	28,019	0,6457	18,09
	2	0,0183	0,0139	0,0178	0,0148	6,48	43,518		28,10
	1'	0,0303	0,0195	0,0283	0,0219	10,00	28,263		18,25
	2'	0,0162	0,0174	0,0156	0,0139	6,31	44,095		28,47
KRUMLOV	1	0,0073	0,0084	0,011	0,0071	3,38	80,413	0,7001	56,30
	2	0,0003	0,0048	0,0031	0,0056	1,38	186,78		130,77
	1'	0,0051	0,0125	0,0074	0,0109	3,59	75,69		52,99
	2'	0,0027	0,0022	0,0043	0,005	1,42	195,7		137,01
LA VICTORIA	1	0,005	0,0032	0,0061	0,0048	1,91	146,97	0,6612	97,18
	2	0,0036	0,0015	0,0036	0,0046	1,33	216,27		143,00
	1'	0,0063	0,004	0,0058	0,0041	2,02	139,31		92,11
	2'	0,0051	0,0038	0,0039	0,0031	1,59	176,65		116,80
PEGASSO	1	0,0071	0,024	0,0216	0,0119	6,46	39,239	0,6120	24,01
	2	0,0079	0,0103	0,0093	0,0153	4,28	65,853		40,30
	1'	0,0082	0,0201	0,0178	0,0168	6,29	42,381		25,94
	2'	0,0033	0,0091	0,0153	0,0137	4,14	62,408		38,19
SANTA LUCIA	1	0,006	0,0052	0,0069	0,0084	2,65	107,08	0,6881	73,69
	2	0,0062	0,0032	0,004	0,0038	1,72	166,83		114,80
	1'	0,0018	0,0074	0,0068	0,0071	2,31	113,09		77,82
	2'	0,0079	0,0033	0,0041	0,0031	1,84	153,13		105,38
VIDAL	1	0,007	0,0253	0,0198	0	5,21	37,154	0,6331	23,52
	2	0,0058	0,011	0,0152	0	3,20	63,261		40,05
	1'	0,0046	0,0306	0,0208	0	5,60	33,217		21,03
	2'	0,0058	0,009	0,0201	0	3,49	57,048		36,11

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

La Tabla 4.1 presenta el resumen de información (Anexo 2) de cada intervalo de presión con sus respectivas deformaciones.  $K$  aparente [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ] es la pendiente determinada en cada una de las gráficas Presión vs. Deformación de todos los ensayos de Gato Plano y Puntos de Control en los sitios.

En base a la Tabla 3.3 se toma el valor de  $K_a \cdot K_m$  para determinar el valor de  $K$  real que será el valor de coeficiente de reacción de la subrasante.

Como se esperaba, las deformaciones en los puntos de control más cercanos a la ranura fueron los de mayor valor. Los puntos 1 y 1' tienen un porcentaje de aproximadamente 60% mayor a las deformaciones de los puntos 2 y 2'. Otro dato importante que proyecta la Tabla 4.1 es que tanto las deformaciones de los puntos 1 y 2 tienen un valor semejante a las deformaciones de los puntos 1' y 2' respectivamente, esto se debe a que la posición en la que fue ejecutado el ensayo fue la dirección Z, generando esfuerzos simétricos a los dos lados izquierdo y derecho del Gato Plano.

Con estos resultados, es apropiado tomar un valor promedio tanto con los puntos 1 y 1' como con los puntos 2 y 2' generando la Tabla 4.2.

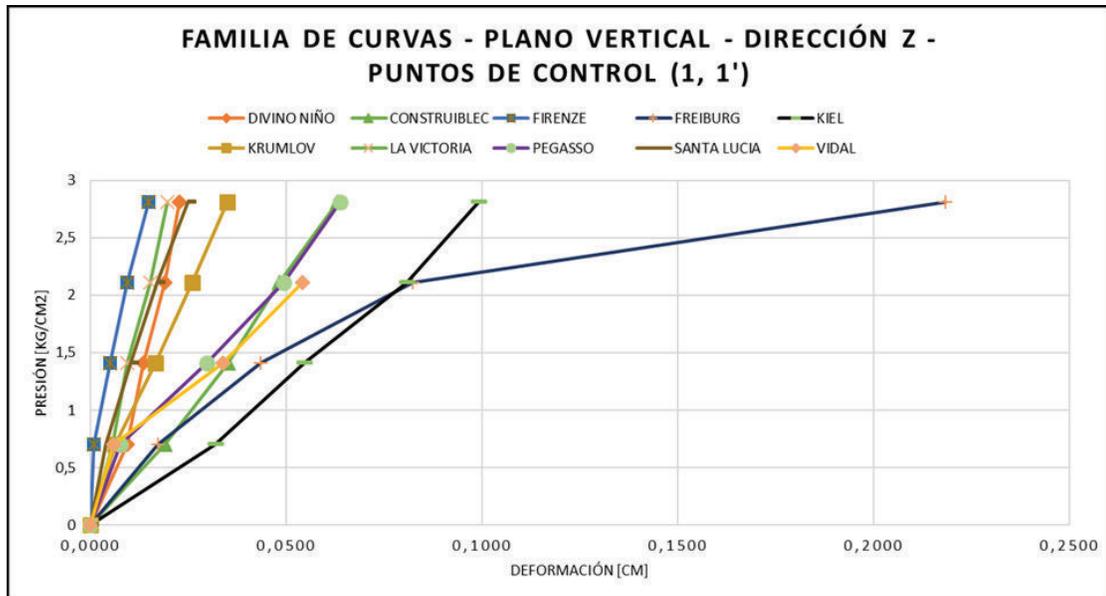
**TABLA 4.2 DATOS PROMEDIO DE LOS PUNTOS DE CONTROL (1, 1', 2, 2') DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL-DIRECCIÓN Z.**

PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z							
SITIOS	Puntos de Control Promedio	Deformaciones Parciales [cm] a diferentes variaciones de esfuerzos [psi]				Deformación Total [cm*10 <sup>-2</sup> ]	K real [kg/cm <sup>3</sup> ]
		10	20	30	40		
DIVINO NIÑO	1;1'	0,0094	0,00405	0,00545	0,00375	2,27	81,63
	2;2'	0,00695	0,00355	0,0023	0,0024	1,52	120,56
CONSTRUIBLEC	1;1'	0,01895	0,0162	0,013	0,01495	6,31	27,23
	2;2'	0,0024	0,0163	0,00935	0,0103	3,83	40,24
FIRENZE	1;1'	0,00085	0,0042	0,0044	0,00545	1,49	116,23
	2;2'	0,0014	0,0036	0,00385	0,00365	1,25	140,66
FREIBURG	1;1'	0,0171	0,0264	0,0388	0,136	21,83	14,85
	2;2'	0,00485	0,01795	0,02355	0,03995	8,63	19,34
KIEL	1;1'	0,0319	0,0226	0,02635	0,0182	9,91	18,17
	2;2'	0,01725	0,01565	0,0167	0,01435	6,39	28,28
KRUMLOV	1;1'	0,0062	0,01045	0,0092	0,009	3,48	54,64
	2;2'	0,0015	0,0035	0,0037	0,0053	1,40	133,89
LA VICTORIA	1;1'	0,00565	0,0036	0,00595	0,00445	1,96	94,65
	2;2'	0,00435	0,00265	0,00375	0,00385	1,46	129,90
PEGASSO	1;1'	0,00765	0,02205	0,0197	0,01435	6,38	24,97
	2;2'	0,0056	0,0097	0,0123	0,0145	4,21	39,25
SANTA LUCIA	1;1'	0,0039	0,0063	0,00685	0,00775	2,48	75,75
	2;2'	0,00705	0,00325	0,00405	0,00345	1,78	110,09
VIDAL	1;1'	0,0058	0,02795	0,0203	0	5,41	22,27
	2;2'	0,0058	0,01	0,01765	0	3,35	38,08

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

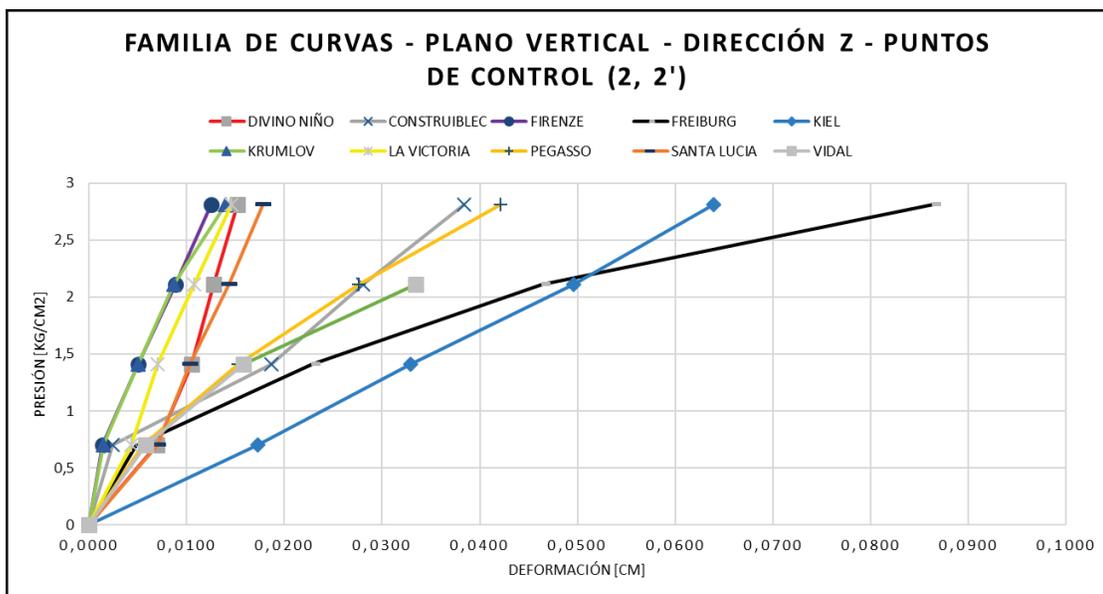
El Gráfico 4.1 y Gráfico 4.2 son las familias de curvas de Presión vs. Deformación de los Puntos de Control (promedio 1,1') y (promedio 2, 2') respectivamente, las pendientes de esas gráficas con unidades (kg/cm<sup>3</sup>) se encuentran tabuladas en la Tabla 4.2 y corresponden al valor de K (módulo de balasto).

**GRÁFICO 4.1 (A) FAMILIA DE CURVAS DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z – PUNTO DE CONTROL (1,1').**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.2 (B) FAMILIA DE CURVAS DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z – PUNTO DE CONTROL (2,2').**

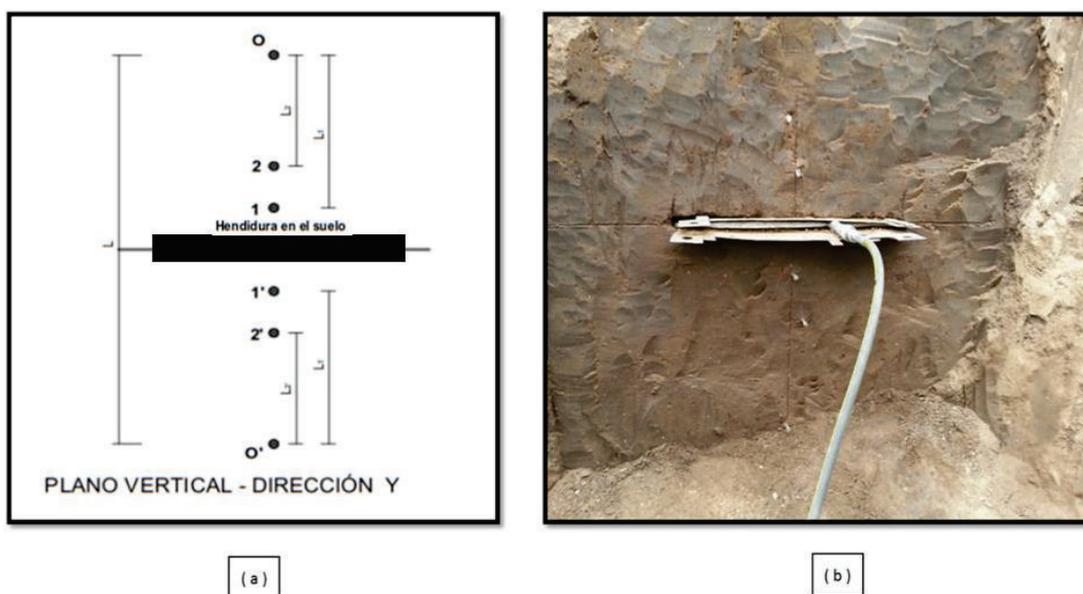


Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

#### 4.1.2 ENSAYO GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL-DIRECCIÓN Y.

Con la finalidad de analizar la relevancia de la posición del Gato Plano en la ejecución del ensayo, se realiza en el mismo sitio a la misma profundidad y con todas las condiciones similares el mismo procedimiento de la sección anterior, pero en una dirección perpendicular, es decir en la dirección “Y”, con los puntos de control arriba y abajo del Gato Plano.

**FIGURA 4.2 (A) DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GATO PLANO - DIRECCIÓN Y, (B) FOTOGRAFÍA GATO PLANO- SITIO CONSTRUIBLEC - DIRECCIÓN Y.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

Al igual que en la sección 4.1.1 para ilustrar de mejor manera la posición de ejecución del ensayo se presenta la figura 4.2 (a) y (b) que muestran tanto esquemáticamente como fotográficamente la posición del Gato Plano en el ensayo.

**TABLA 4.3 DATOS COMPLETOS DE LOS PUNTOS DE CONTROL (1, 1', 2, 2') DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL-DIRECCIÓN Y.**

PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y									
SITIOS	Puntos de Control	Deformaciones Parciales [cm] a diferentes variaciones de esfuerzos [psi]				Deformación Total [cm*10 <sup>-2</sup> ]	K aparente [kg/cm <sup>3</sup> ]	Ka*km	K real [kg/cm <sup>3</sup> ]
		10	20	30	40				
DIVINO NIÑO	1	0,0044	0,0022	0,0043	0,0025	1,34	208,9	0,6573	137,32
	2	0,0023	0,0009	0,0024	0,0022	0,78	245,22		161,19
	1'	0,0077	0,0035	0,0054	0,0046	2,12	135,21		88,88
	2'	0,002	0,0022	0,0029	0,0043	1,14	366,18		240,70
CONSTRUIBLEC	1	0,0167	0,0107	0,0092	0,0065	4,31	64,222	0,6049	38,85
	2	0,0099	0,0056	0,0066	0,0081	3,02	103,44		62,57
	1'	0,0119	0,0342	0,0174	0,0129	7,64	33,396		20,20
	2'	0,0121	0,0076	0,0099	0,014	4,36	66,519		40,24
FIRENZE	1	0,0061	0,0117	0,008	0,0089	3,47	78,392	0,6655	52,17
	2	0,001	0,0033	0,0037	0,004	1,20	216,78		144,26
	1'	0,0072	0,0072	0,014	0,0095	3,79	71,271		47,43
	2'	0,002	0,0033	0,0038	0,0034	1,25	219,11		145,81
FREIBURG	1	0,0079	0,0164	0,0218	0,115	16,11	43,667	0,6428	28,07
	2	0,0197	0,0133	0,0187	0,0444	9,61	35,293		22,69
	1'	0,0068	0,0144	0,0335	0,2924	34,71	41,539		26,70
	2'	0,0116	0,02	0,0157	0,1569	20,42	43,024		27,65
KIEL	1	0,0178	0,0059	0,0042	0,0065	3,44	129,41	0,6457	83,55
	2	0,0048	0,0027	0,0021	0,0023	1,19	299,67		193,48
	1'	0,0043	0,0137	0,0104	0,0128	4,12	57,913		37,39
	2'	0,0022	0,0054	0,0052	0,0044	1,72	139,76		90,24
KRUMLOV	1	0,0045	0,0066	0,005	0,009	2,51	112,15	0,7001	78,52
	2	0,0072	0,0042	0,0035	0,0024	1,73	159,06		111,36
	1'	0,0054	0,0184	0,0131	0,0082	4,51	56,361		39,46
	2'	0,0059	0,0117	0,0078	0,012	3,74	73,752		51,63
LA VICTORIA	1	0,0003	0,005	0,0026	0,0049	1,28	201,06	0,6612	132,94
	2	0,0021	0,0029	0,0028	0,0021	0,99	274,76		181,68
	1'	0,0025	0,0034	0,0045	0,0053	1,57	175,26		115,88
	2'	0,0019	0,0069	0,0028	0,0021	1,37	181,01		119,69
PEGASSO	1	0,0019	0,0107	0,0123	0,0103	3,52	72,289	0,6120	44,24
	2	0,004	0,0093	0,0065	0,0055	2,53	104,61		64,02
	1'	0,0129	0,0151	0,0124	0,0103	5,07	54,324		33,24
	2'	0,0101	0,0121	0,0059	0,005	3,31	80,914		49,52
SANTA LUCIA	1	0,0084	0,0036	0,0047	0,0067	2,34	125,39	0,6881	86,29
	2	0,0051	0,0045	0,0035	0,0024	1,55	176,84		121,69
	1'	0,0169	0,0073	0,0057	0,0079	3,78	75,358		51,86
	2'	0,0066	0,0059	0,0049	0,0042	2,16	129,13		88,86
VIDAL	1	0,0003	0,0169	0,0242	0	4,14	43,412	0,6331	27,48
	2	0,0016	0,0126	0,0085	0	2,27	81,303		51,47
	1'	0,003	0,032	0,0446	0	7,96	23,147		14,65
	2'	0,0083	0,018	0,0168	0	4,31	46,697		29,56

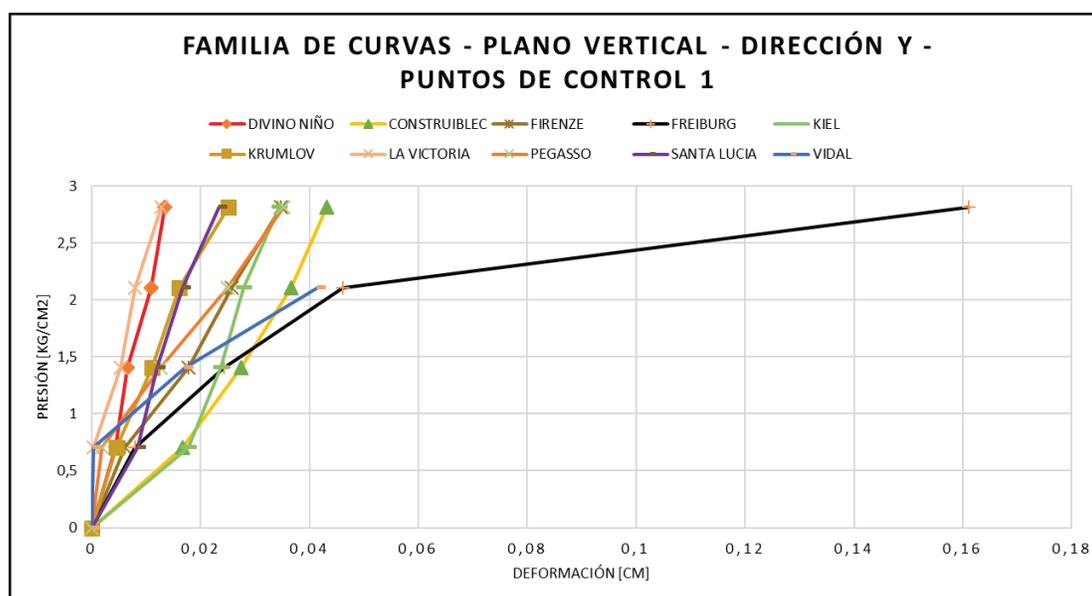
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

La Tabla 4.3 representa los valores determinados al ensayar el Gato Plano en la dirección Y, de lo cual se debe prestar atención a dos detalles: el primero, el comportamiento del lado superior del Gato Plano con respecto al lado inferior, y como difiere ese comportamiento, con respecto a los datos de la Tabla 4.1 correspondientes a la dirección Z.

En la dirección Y, a diferencia del ensayo en la dirección Z, los valores de deformación del lado superior de la hendidura con respecto al lado inferior no tiene valores similares, debido que el Gato Plano al estar en una posición horizontal y pese a que transmite los mismos esfuerzos a los bloques superior e inferior, el lado superior al Gato Plano está sometido a una sobrecarga de peso propio produciendo que las deformaciones no tengan igual valor que las del bloque inferior.

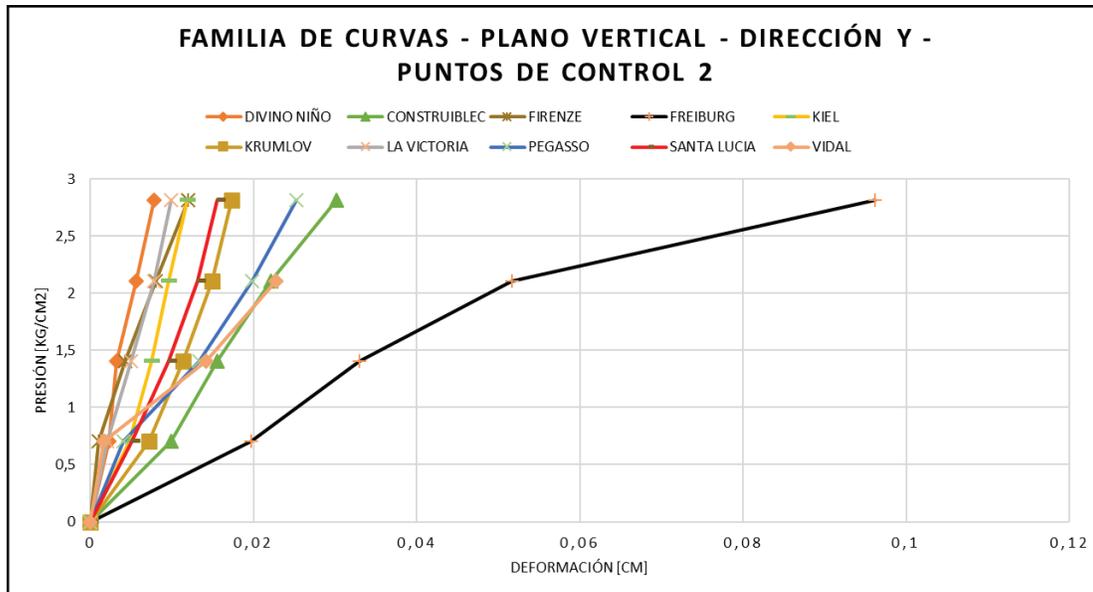
Para una representación más clara de los resultados se presentan los Gráfico 4.3, 4.4, 4.5, y 4.6 en los cuales, los Gráficos 4.3 y 4.4 representan la familia de curvas del bloque superior y los Gráficos 4.5 y 4.6 son las familias de curvas del bloque inferior del suelo.

**GRÁFICO 4.3 (A) FAMILIA DE CURVAS DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y – PUNTO DE CONTROL 1.**



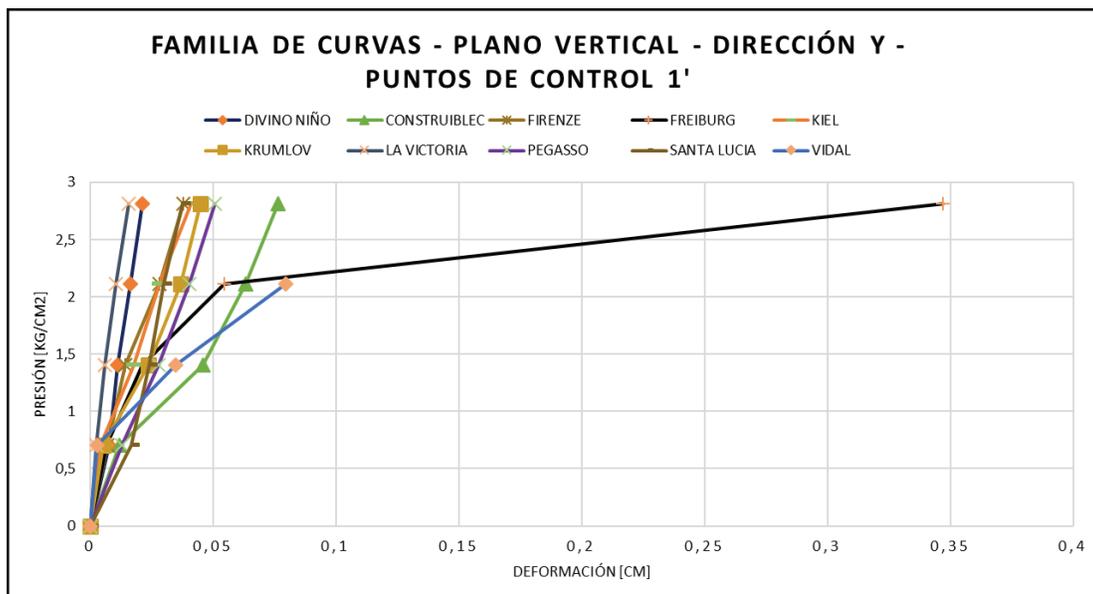
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.4 (B) FAMILIA DE CURVAS DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y – PUNTO DE CONTROL 2.**



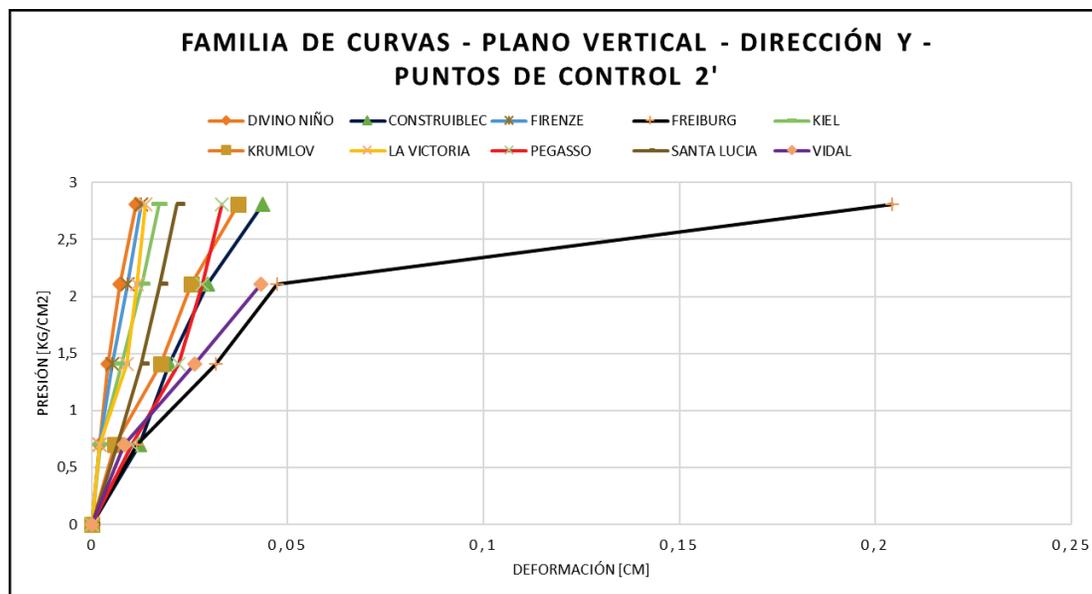
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.5 (C) FAMILIA DE CURVAS DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y – PUNTO DE CONTROL 1'.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4. 6 (D) FAMILIA DE CURVAS DEL ENSAYO DE GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y – PUNTO DE CONTROL 2’.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

## 4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

### 4.2.1 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), con norma ASTM D 2487, es en el ámbito geotécnico el más utilizado, sistema basado en el análisis granulométrico y en los límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico) de los suelos, permite tener una idea general del tamaño de las partículas y la plasticidad de los mismos. (Santamarina & Narsilio, 2008)

Como se mencionó en el Capítulo 2 – Marco Teórico, los suelos de Quito se caracterizan por ser Cangahuas, es decir suelos limos arenosos o arcillosos. Lo cual se refleja en la Tabla 4.4, que presenta los resultados realizados en el Laboratorio de Ensayos de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas (LEMSUR) y los proporcionados por JVB SUELOS Y MUROS (Anexo 1), los cuales indican

que, de la muestra estudiada, la gran mayoría se clasifican como ML (limos de bajo plasticidad).

**TABLA 4.4 CLASIFICACIÓN SUCS DE LOS SITIOS DE ENSAYO**

CLASIFICACIÓN SUCS		
SITIOS	DIRECCIÓN Y	DIRECCIÓN Z
DIVINO NIÑO	ML	
FIRENZE	SM	
FREIBURG	ML	
KIEL	SM-SC	
KRUMLOV	ML	
LA VICTORIA	SM	
PEGASSO	SM	SC
SANTA LUCIA	ML-CL	
VIDAL	ML	

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

#### 4.2.2 TRIAXIAL NO CONFINADO NO DRENADO

En el Laboratorio de Ensayos de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas (LEMSUR) de la Escuela Politécnica Nacional, se realizó el ensayo Triaxial UU (no consolidado, no drenado) bajo la norma ASTM D2850-15 (Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils). (Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2013)

**TABLA 4.5 DATOS RECOLECTADOS DEL ENSAYO TRIAXIAL UU – ESFUERZO DESVIADOR MÁXIMO DE LOS SITIOS DE ENSAYO**

SITIOS	$\emptyset$	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [g/cm <sup>3</sup> ]
DIVINO NIÑO	28,60	0,59	1,69
FIRENZE	16,70	0,31	1,89
FREIBURG	25,03	0,14	1,75
KIEL	30,71	0,60	1,60
KRUMLOV	37,31	0,11	1,68
LA VICTORIA	28,59	0,90	1,74
PEGASSO	28,00	0,37	1,61
SANTA LUCIA	31,00	1,60	1,77
VIDAL	32,42	0,30	1,55

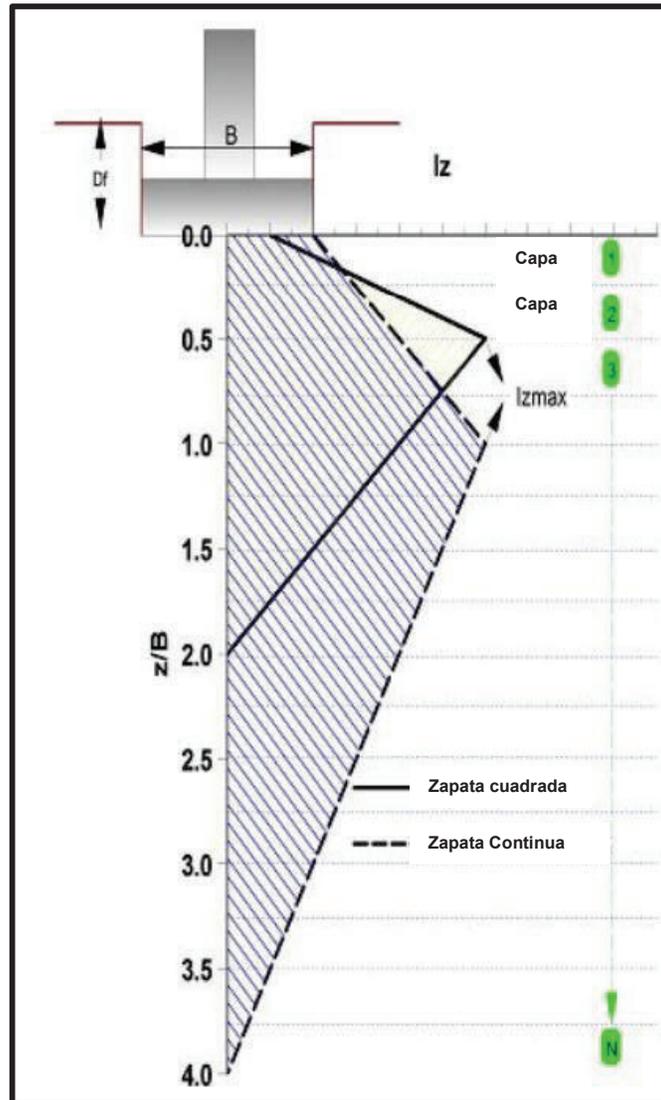
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

Los resultados obtenidos son cohesión, ángulo de fricción y densidad del suelo, los mismos que se muestran en la Tabla 4.5, éstos son un resumen de resultados de los informes proporcionados por LEMSUR y JVB SUELOS Y MUROS (Anexo 1). Los valores mostrados son el producto de un esfuerzo desviador máximo, que en base a la teoría de Terzaghi son necesarios para determinar la capacidad de carga.

Las expresiones matemáticas para el cálculo de la capacidad de carga sobredimensionan sus fórmulas al usar asentamientos de 25,2 mm (1 pulg) y rangos de influencia de Z (profundidad) =2\*B (ancho de la zapata) (Figura 4.3) lo que en base al trabajo del Ingeniero Rodrigo Vásconez no es necesariamente aplicable a la ciudad de Quito. Esta referencia sugiere como conclusión que para

los suelos de Quito la zona de influencia es  $z = 0.8B$  y que el asentamiento es 5 mm (0.196 pulg). (Vásconez, 1997)

**FIGURA 4.3 DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE INFLUENCIA DE LA TENSIÓN CON PROFUNDIDAD BAJO DIFERENTES TIPOS DE ZAPATAS**

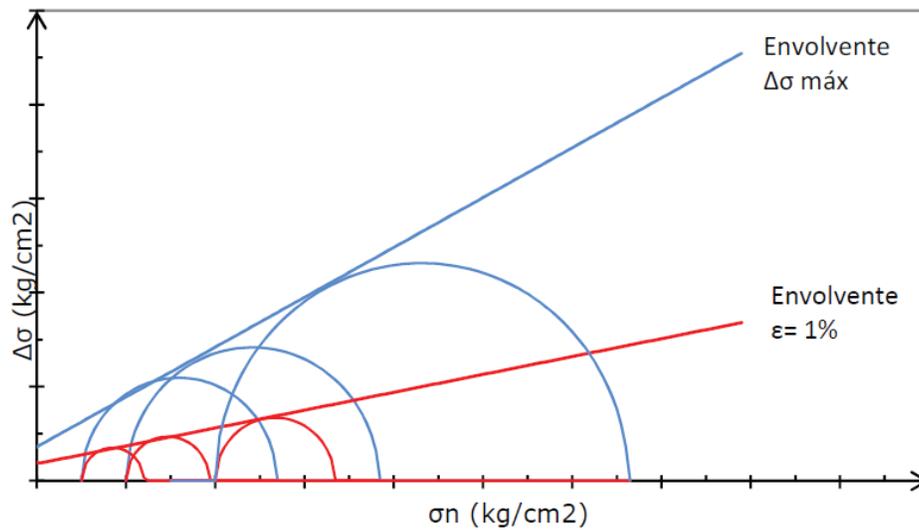


Fuente: [http://www.academicjournals.org/article/article1380633434\\_Citiroglu%20et%20al.pdf](http://www.academicjournals.org/article/article1380633434_Citiroglu%20et%20al.pdf)

Debido a eso los datos del ángulo de fricción ( $\phi$ ) y cohesión ( $c$ ) obtenidos con el esfuerzo desviador máximo no serán con los que se trabajará, sino que la cohesión y ángulo de fricción que servirán para el análisis de datos

corresponderán al esfuerzo del 1% de la deformación unitaria Figura 4.4 (Anexo 1).

**FIGURA 4.4 CÍRCULOS DE MOHR A  $\Delta\sigma_D$  máx Y  $\epsilon = 1\%$**



Fuente: (Guerrón & Tacuri, 2012)

La Tabla 4.6 muestra los datos obtenidos de ( $\varphi$ ,  $c$ ) tomando el esfuerzo desviador al 1% de la deformación unitaria. Esto provoca un cambio drástico en los parámetros mecánicos: Módulo de Elasticidad, Capacidad de Carga y Módulo de Subrasante; valores que se analizarán con mayor detalle en el numeral 4.3.

**TABLA 4.6 DATOS ENSAYO TRIAXIAL UU ( $\varepsilon = 1\%$ )**

SITIOS	$\varnothing$	c [kg/cm <sup>2</sup> ]
DIVINO NIÑO	17,35	0,28
FIRENZE	6,50	0,09
FREIBURG	15,00	0,09
KIEL	23,00	0,11
KRUMLOV	30,10	0,05
LA VICTORIA	16,55	0,31
PEGASSO	11,20	0,30
SANTA LUCIA	21,40	0,48
VIDAL	14,10	0,24

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 4.3.CORRELACIÓN DE DATOS

Esta sección expone y compara los valores del módulo de reacción de la subrasante (Ks Gato Plano) obtenidos en el ensayo de Gato Plano con otras fórmulas y métodos de diferentes autores. La Tabla 4.7 es el resumen de las pendientes Esfuerzo vs. Deformación que para el presente trabajo son consideradas como Ks (Gato Plano).

**TABLA 4.7 RESUMEN DE DATOS KS GATO PLANO EN EL PLANO VERTICAL-DIRECCIÓN “Y” Y “Z”**

SITIOS	Ks (Gato Plano) [kg/cm <sup>3</sup> ]					
	Dirección Z		Dirección Y			
	1:1'	2:2'	1	2	1'	2'
DIVINO NIÑO	81,63	120,56	137,32	161,19	88,88	240,70
CONSTRUIBLEC	27,23	40,24	38,85	62,57	20,20	40,24
FIRENZE	116,23	140,66	52,17	144,26	47,43	145,81
FREIBURG	14,85	19,34	28,07	22,69	26,70	27,65
KIEL	18,17	28,28	83,55	193,48	37,39	90,24
KRUMLOV	54,64	133,89	78,52	111,36	39,46	51,63
LA VICTORIA	94,65	129,90	132,94	181,68	115,88	119,69
PEGASSO	24,97	39,25	44,24	64,02	33,24	49,52
SANTA LUCIA	75,75	110,09	86,29	121,69	51,86	88,86
VIDAL	22,27	38,08	27,48	51,47	14,65	29,56

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

#### 4.3.1 CORRELACIÓN CON CAPACIDAD DE CARGA SEGÚN TERZAGHI

Karl Terzaghi (1943) fue el primero en presentar una teoría formal para evaluar la capacidad última de carga de cimentaciones poco profundas, exponiendo la fórmula general de una cimentación en franja de Terzaghi (Ec. 2.8)

$$q_u = c * N_c + q * N_q + \frac{1}{2} * \gamma * B * N_\gamma \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Donde:

$q_u$  = capacidad última de carga

$c$  = cohesión

$\gamma$  = peso unitario del suelo

$$q = \gamma * D_f$$

**N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub>** = factores de capacidad de carga adimensionales y solo son funciones del ángulo de fricción del suelo.

Para el actual trabajo de titulación se asume los datos de una cimentación cuadrada superficial (Tabla 4.8)

**TABLA 4.8 TABLA DE DATOS ASUMIDOS PARA UNA CIMENTACIÓN CUADRADA.**

VALORES ASUMIDOS		
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	VALOR
μ	Relación de Poisson del suelo	0,33
B [m]	Base de la Cimentación	1,5
e [m]	Espesor de la Cimentación	0,5
Eh [T/m <sup>2</sup> ]	Módulo de la Elasticidad de la cimentación	2200000
I [m <sup>4</sup> ]	Inercia de la Cimentación	0,015625
I	Factor de forma que depende la forma y flexibilidad de la cimentación	0,707
FS	Factor de Seguridad	1
D <sub>f</sub> [m]	Profundidad de la Cimentación	1

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

Para una cimentación cuadrada, Terzaghi tiene la siguiente fórmula.

$$q_u = 1.3 * c * N_c + q * N_q + 0.4 * \gamma * B * N_\gamma \quad (\text{Ec. 2.9})$$

En base a los datos de la Tabla 4.6 que corresponde a los datos de cohesión y ángulo de fricción y la Tabla 4.8 que presenta los datos asumidos para una cimentación cuadrada se llega a utilizar la fórmula (Ec. 2.9) para finalmente tabular la capacidad de carga (Tabla 4.9)

**TABLA 4.9 TABLA DE RESULTADOS DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE.**

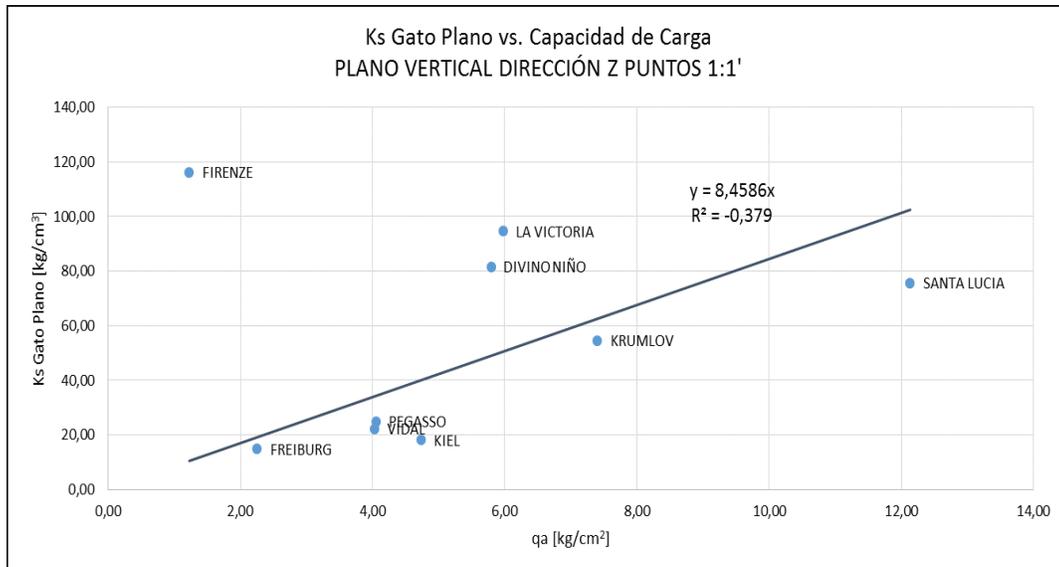
SITIOS	$\emptyset$	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [g/cm <sup>3</sup> ]	Nc	Nq	N $\gamma$	q <sub>a</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]
DIVINO NIÑO	17,35	0,28	1,69	12,60	4,94	3,71	5,80
FIRENZE	6,50	0,09	1,89	6,98	1,80	0,64	1,23
FREIBURG	15,00	0,09	1,75	10,98	3,94	2,65	2,25
KIEL	23,00	0,11	1,60	18,05	8,66	8,20	4,73
KRUMLOV	30,10	0,05	1,68	30,38	18,61	22,74	7,39
LA VICTORIA	16,55	0,31	1,74	12,01	4,57	3,31	5,98
PEGASSO	11,20	0,30	1,61	8,89	2,76	1,49	4,06
SANTA LUCIA	21,40	0,48	1,77	16,23	7,36	6,55	12,13
VIDAL	14,10	0,24	1,55	10,43	3,62	2,32	4,03

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

A continuación, se grafican los valores de Ks Gato Plano vs. Carga admisible para las diferentes direcciones y puntos de control. Éstas gráficas están en base a los datos tabulados en la Tabla 4.7 y Tabla 4.9.

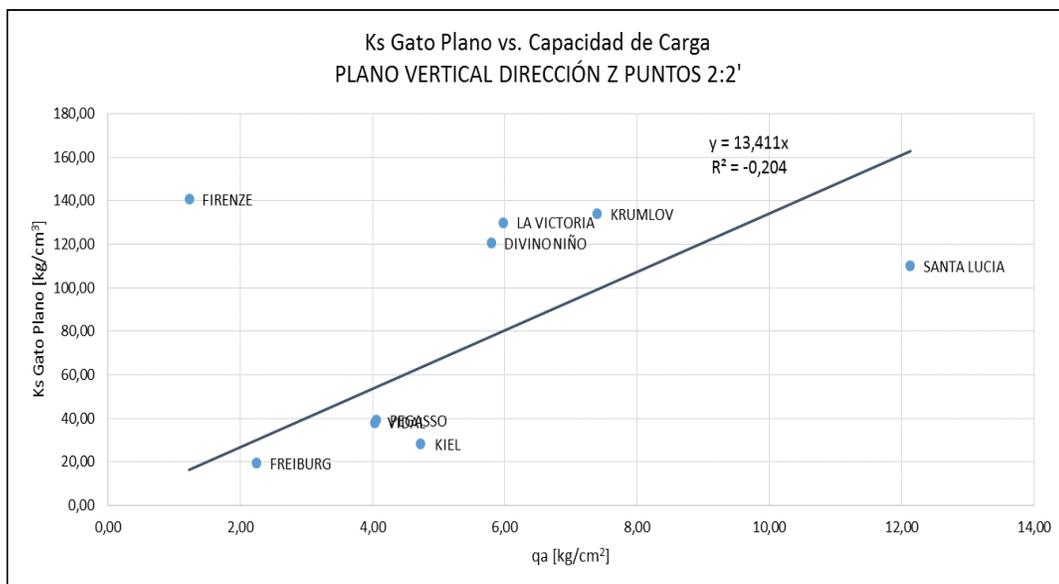
Cabe recalcar que las gráficas en función de Ks Gato Plano tienen su origen en la coordenada (0, 0), debido a que se considera al suelo como un medio elástico, al menos en el rango de presiones que se trabaja, consecuentemente las gráficas en función de Ks Gato Plano partirán del punto (0,0).

**GRÁFICO 4.7 (A) Ks GATO PLANO VS. CAPACIDAD DE CARGA-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1'**



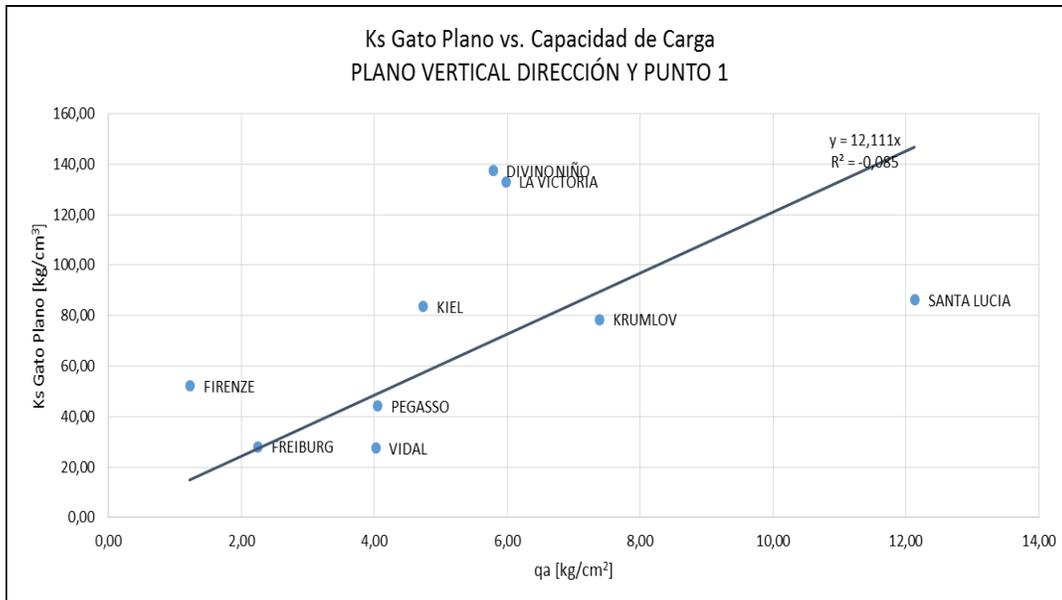
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.8 (B) Ks GATO PLANO VS. CAPACIDAD DE CARGA-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2'.**



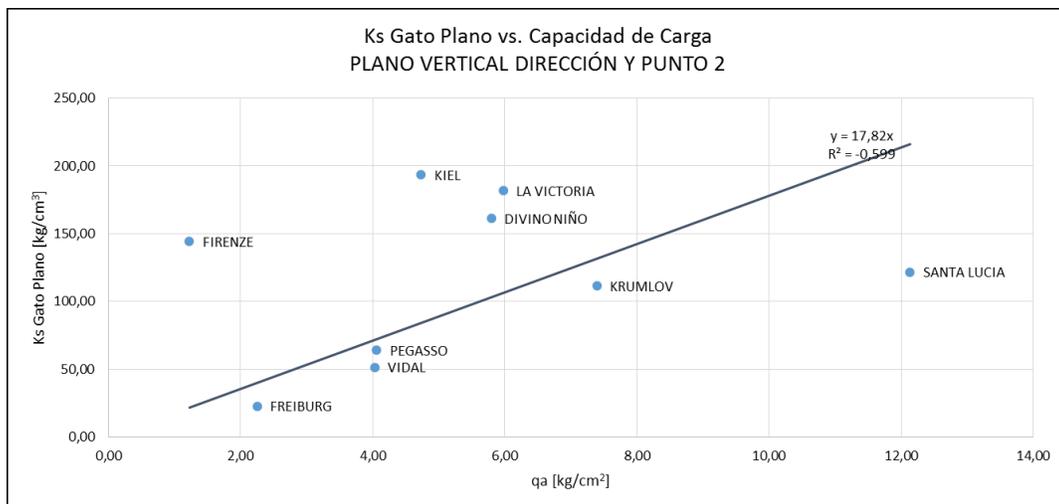
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.9 (C) Ks GATO PLANO VS. CAPACIDAD DE CARGA-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1.**



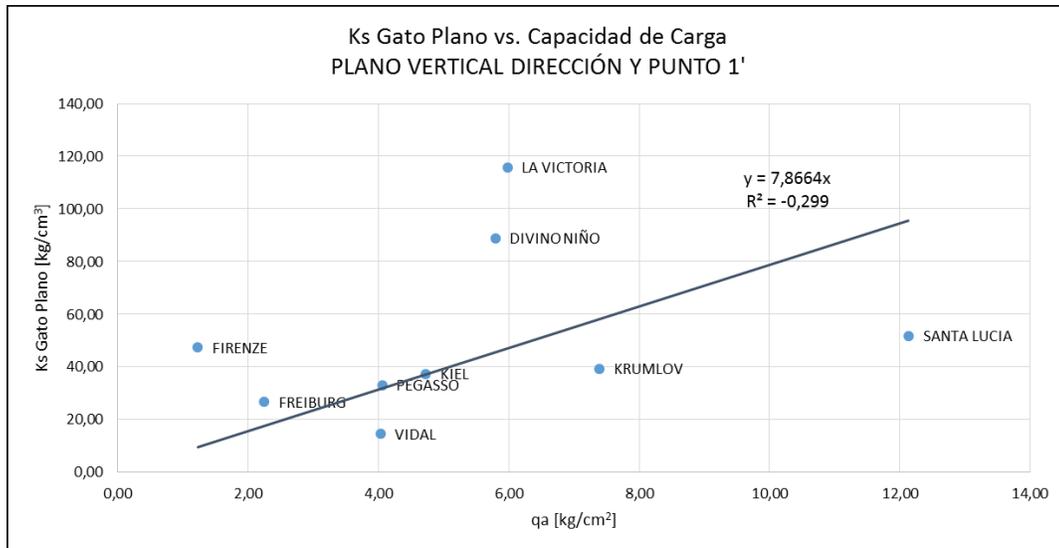
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.10 (D) Ks GATO PLANO VS. CAPACIDAD DE CARGA-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2.**



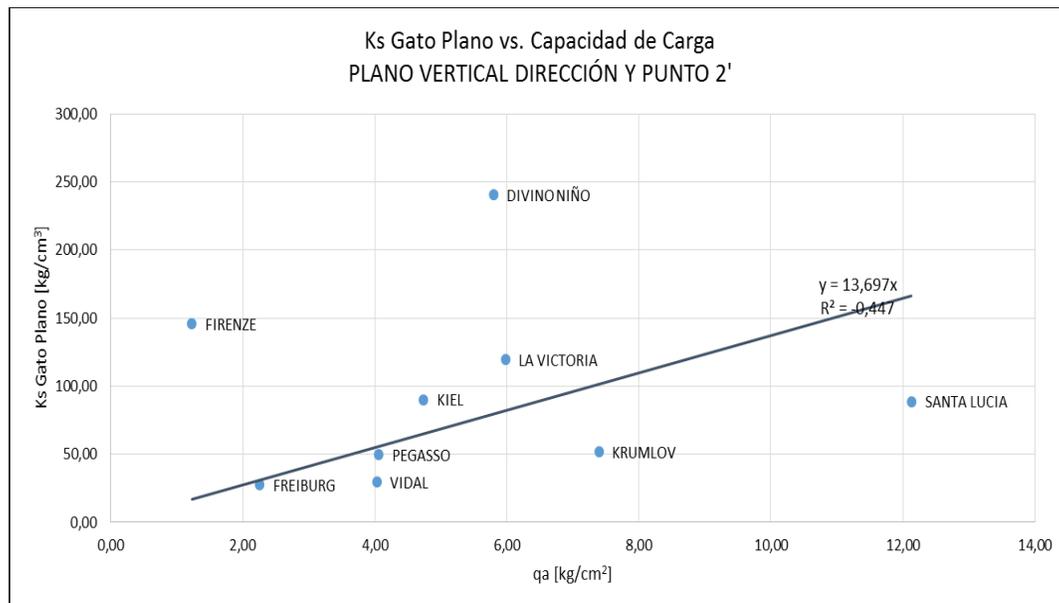
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.11 (E) Ks GATO PLANO VS. CAPACIDAD DE CARGA-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1'.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.12 (F) Ks GATO PLANO VS. CAPACIDAD DE CARGA-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2'.**

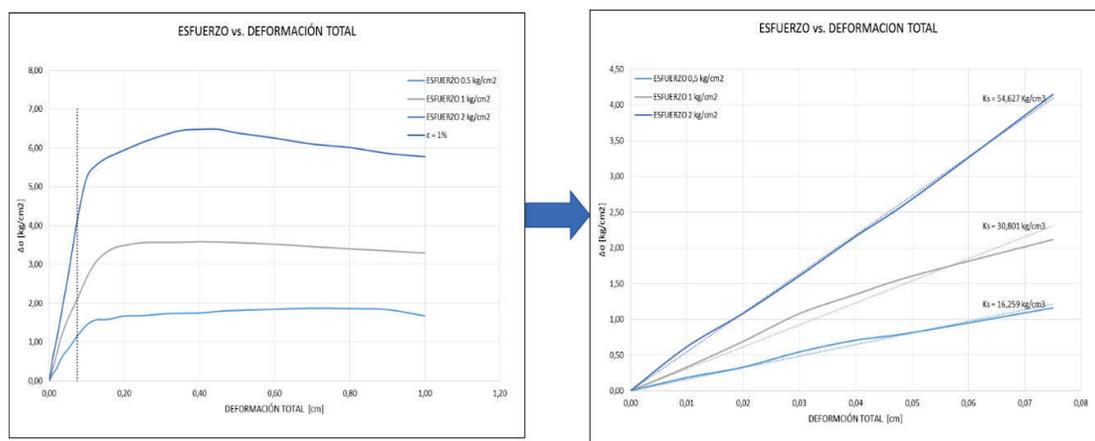


Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 4.3.2 CORRELACION CON ENSAYO TRIAXIAL

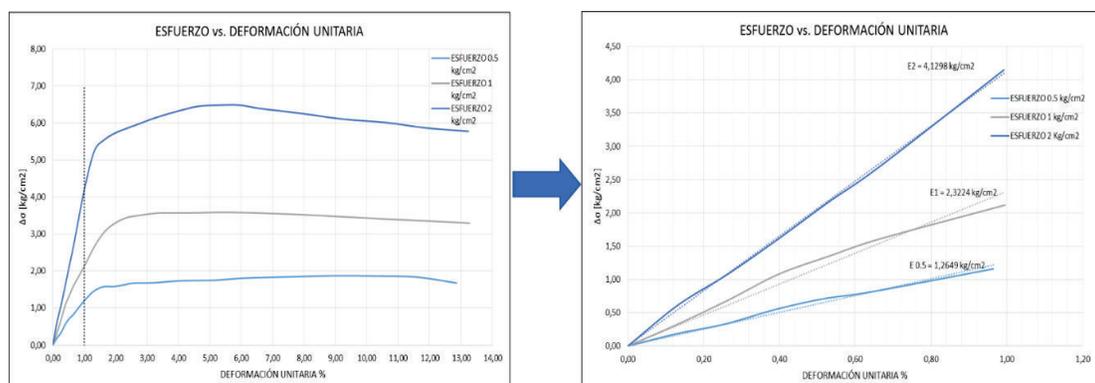
En la sección 4.2.2 (Ensayos de Laboratorio – Triaxial No Confinado No drenado), se expone que los valores de cohesión y ángulo de fricción, para el cálculo de capacidad de carga admisible, son en base al esfuerzo desviador al 1% de la deformación unitaria; consecuentemente el Módulo de Elasticidad determinado como la pendiente del gráfico Esfuerzo vs. Deformación unitaria, y el  $K_s$  del Triaxial determinado como la pendiente del gráfico Esfuerzo vs. Deformación total, son calculados de igual manera, al 1 % de la deformación.

**FIGURA 4.5 ESFUERZO VS. DEFORMACIÓN TOTAL – KS TRIAXIAL.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**FIGURA 4.6 ESFUERZO VS. DEFORMACIÓN UNITARIA – ES TRIAXIAL.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

La Figura 4.5 y 4.6, expresan esquemáticamente el procedimiento para determinar el  $K_s$  Triaxial y  $E_s$  Triaxial al 1 % de la deformación respectivamente. El Ensayo Triaxial es realizado comúnmente con tres probetas a tres diferentes esfuerzos de confinamiento, en el particular caso de este estudio los ensayos se realizaron a esfuerzos de confinamiento ( $\sigma_3$ ) de 0.5 , 1.0 y 2.0  $\text{kg/cm}^2$ , ya que el valor de presión en campo es desconocida, los valores de  $K_s$  Triaxial y  $E_s$  Triaxial son tomados como el promedio de las tres pendientes correspondientes a los tres esfuerzos de confinamiento.

**TABLA 4.10 TABLA DE RESULTADOS  $E_s$  Y  $K_s$  POR EL ENSAYO TRIAXIAL.**

SITIOS	$E_s$ (Triaxial) [ $\text{kg/cm}^2$ ]	$K_s$ (Triaxial) [ $\text{kg/cm}^3$ ]
DIVINO NIÑO	203,94	26,11
FIRENZE	71,31	10,08
FREIBURG	143,76	17,71
KIEL	194,82	25,25
KRUMLOV	265,89	35,03
LA VICTORIA	186,95	24,38
PEGASSO	131,18	17,39
SANTA LUCIA	397,82	56,24
VIDAL	185,67	19,64

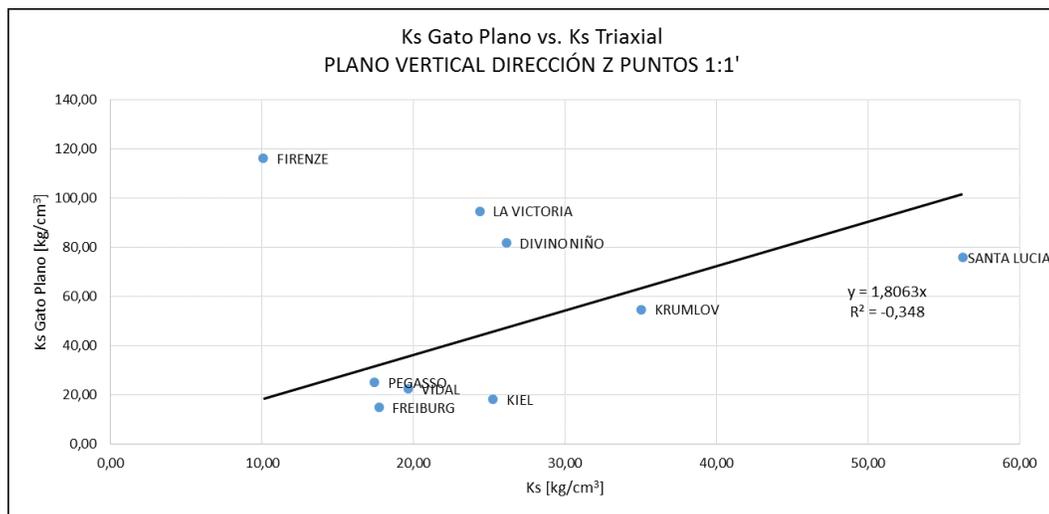
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

La Tabla 4.10, expresa el resumen de los datos (Anexo 1), correspondientes al promedio de las pendientes de los Gráficos Esfuerzo vs. Deformación Total ( $K_s$  Triaxial) y Esfuerzo vs. Deformación Unitaria ( $E_s$  Triaxial).

#### 4.3.2.1. CORRELACIÓN CON ENSAYO TRIAXIAL – MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE

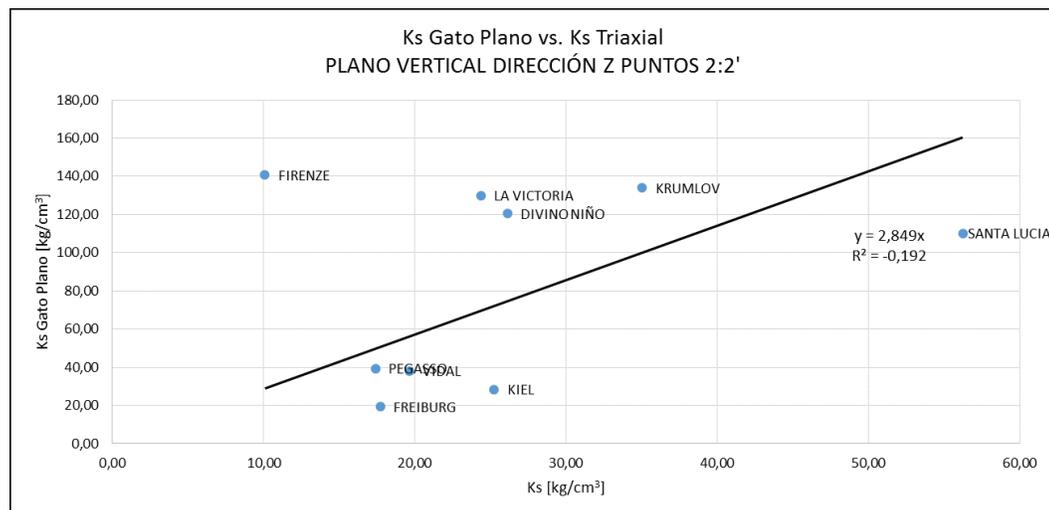
En base a los datos de  $E_s$  y  $K_s$  del Triaxial (Tabla 4.10) y los de  $K_s$  del Gato Plano (Tabla 4.7), se grafican las siguientes correlaciones para las direcciones Y y Z.

**GRÁFICO 4.13 (A)  $K_s$  GATO PLANO VS.  $K_s$  TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1'**



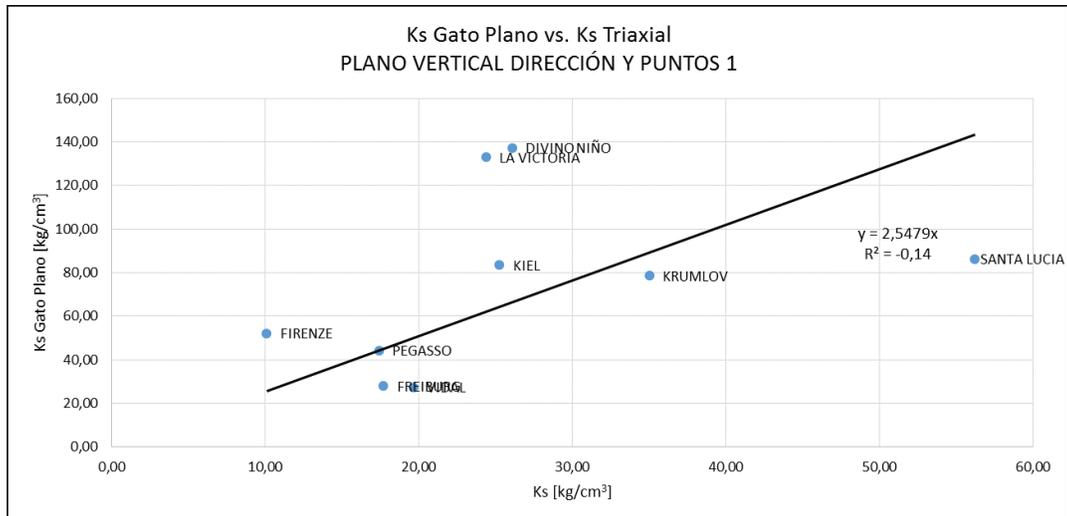
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.14 (B)  $K_s$  GATO PLANO VS.  $K_s$  TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2'**



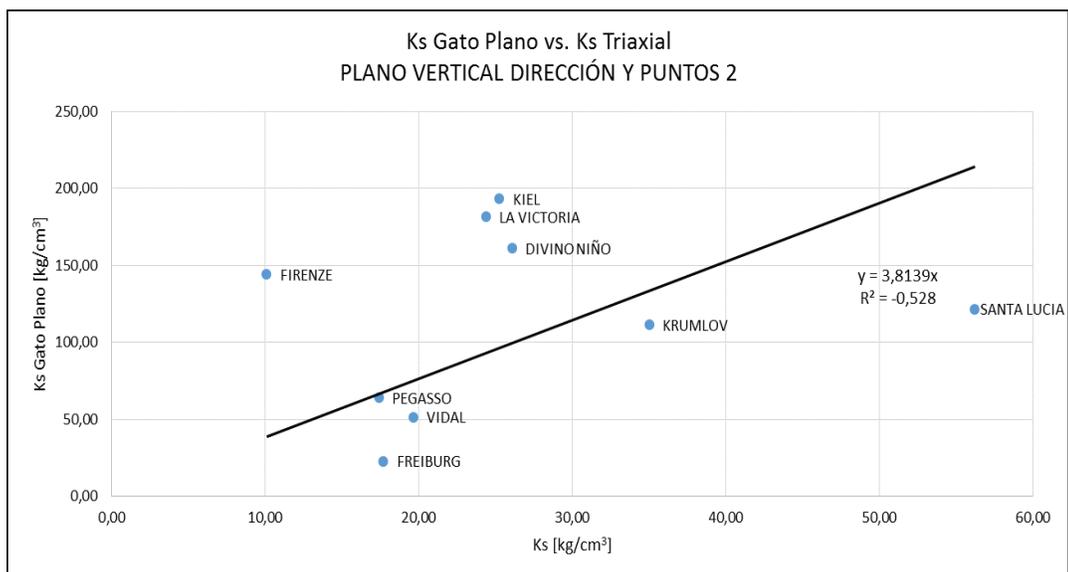
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.15 (C) Ks GATO PLANO VS. Ks TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1.**



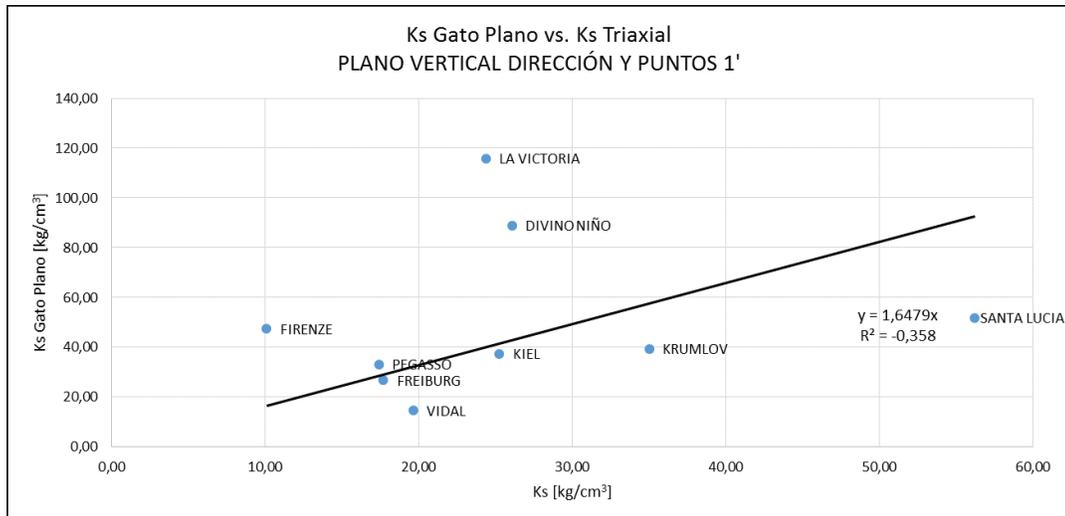
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.16 (D) Ks GATO PLANO VS. Ks TRIAXIAL- PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2.**



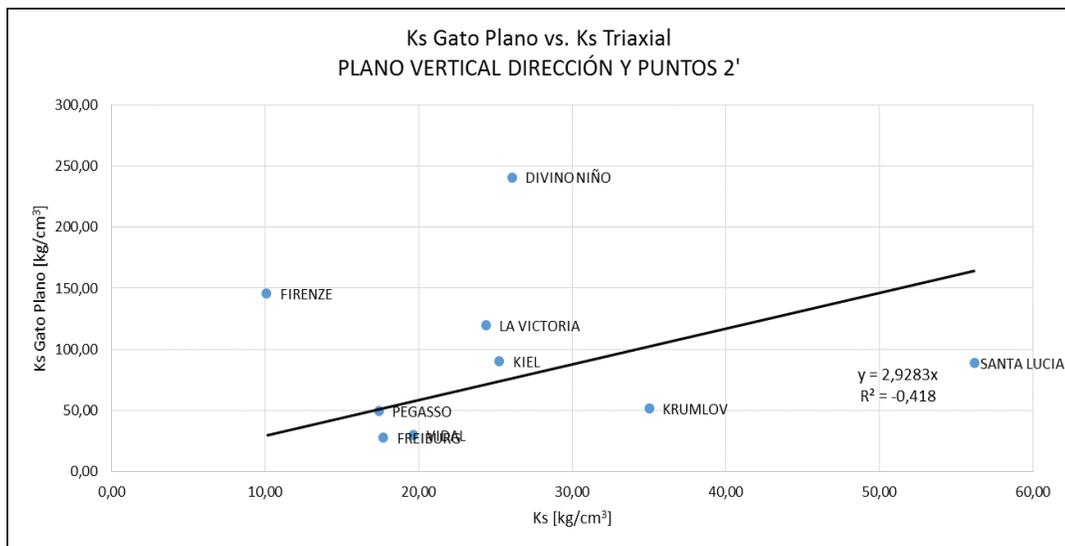
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.17 (E) Ks GATO PLANO VS. Ks TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1'.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.18 (F) Ks GATO PLANO VS. Ks TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2'.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

A partir del Gráfico 4.13 al Gráfico 4.18 se presenta la tendencia que tienen los valores de Ks Gato Plano con respecto al Ks Triaxial de las direcciones Y y Z, con sus correspondientes puntos de control.

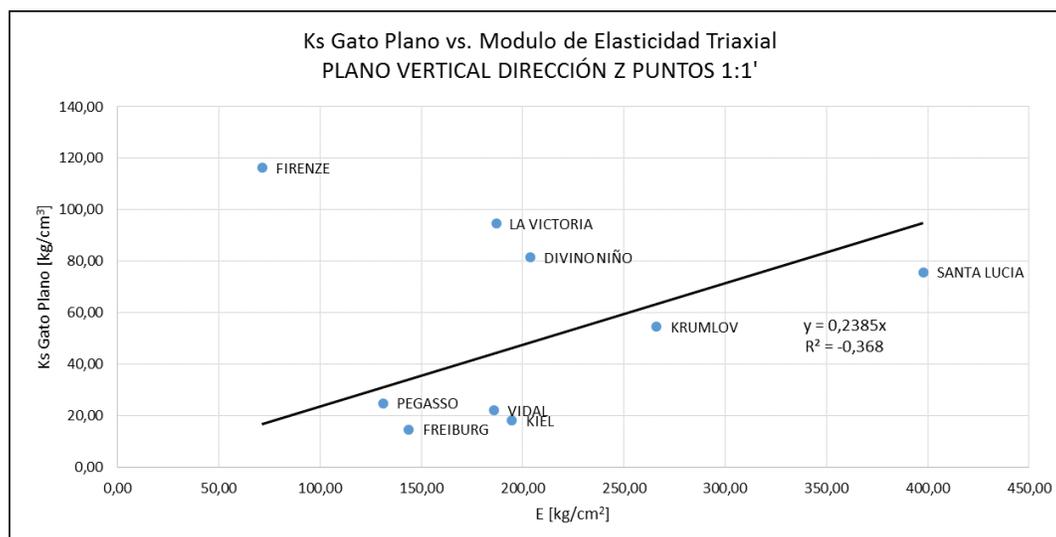
En la dirección Z se tienen las gráficas de los puntos de control 1:1' y 2:2' (Gráfico 4.13 y Gráfico 4.14), en los cuales se observa que el valor de la pendiente del punto de control 2:2' es mayor a la de los puntos de control 1:1', implicando que el valor de Ks Gato Plano en los puntos de control 2:2' es mayor y los valores de deformación en el punto de control 2:2' son menores con respecto al punto de control 1:1'.

En la dirección Y, (Gráficos 4.15, 4.16, 4.17 y 4.18) se presentan los valores de Ks Gato Plano vs. Ks Triaxial, tanto del bloque superior (Gráfico 4.15, Gráfico 4.16) como inferior (Gráfico 4.17, Gráfico 4.18), en los cuales se observa que los puntos de control 1 y 2, pertenecientes al bloque superior tienen un mayor valor de Ks Gato Plano, con respecto a sus homólogos del bloque inferior.

#### 4.3.2.2. CORRELACIÓN CON ENSAYO TRIAXIAL – MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL SUELO

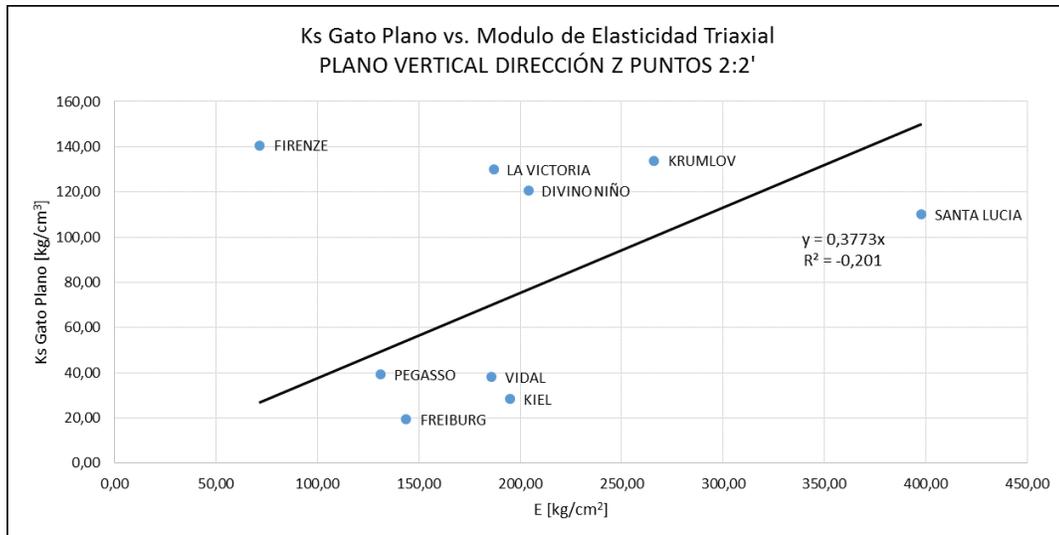
En base a los datos de Es Triaxial (Tabla 4.10) y los de Ks del Gato Plano (Tabla 4.7), se grafican las siguientes correlaciones para las Direcciones Y y Z.

#### GRÁFICO 4.19 (A) Ks GATO PLANO VS. MÓDULO DE ELASTICIDAD TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1'.



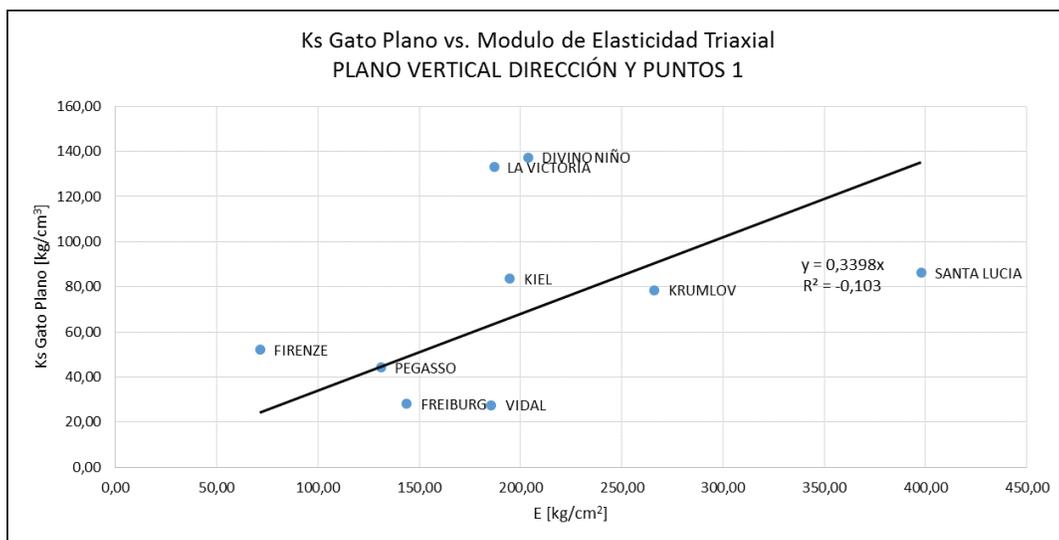
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.20 (B) Ks GATO PLANO VS. MÓDULO DE ELASTICIDAD TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2'.**



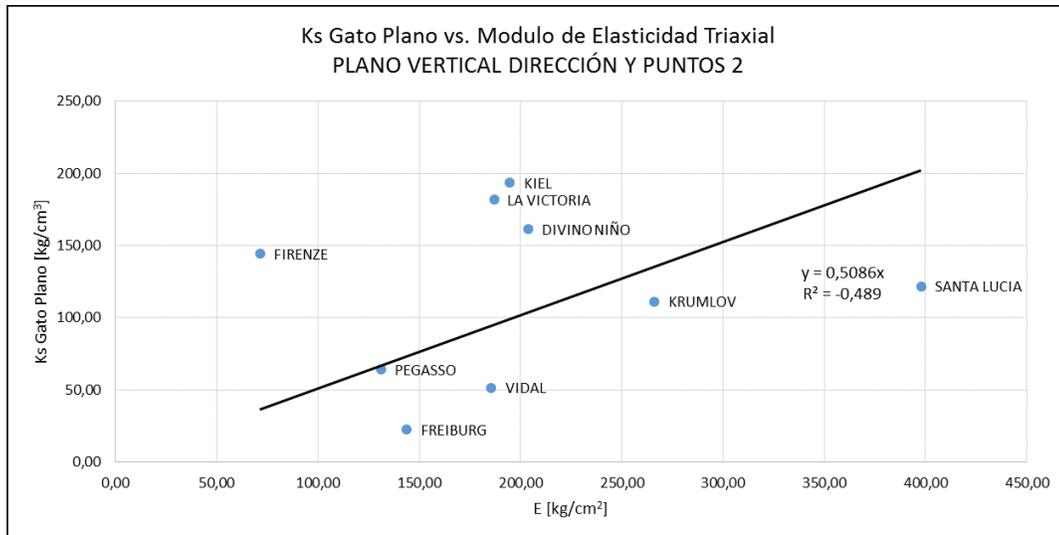
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.21 (C) Ks GATO PLANO VS. MÓDULO DE ELASTICIDAD TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1.**



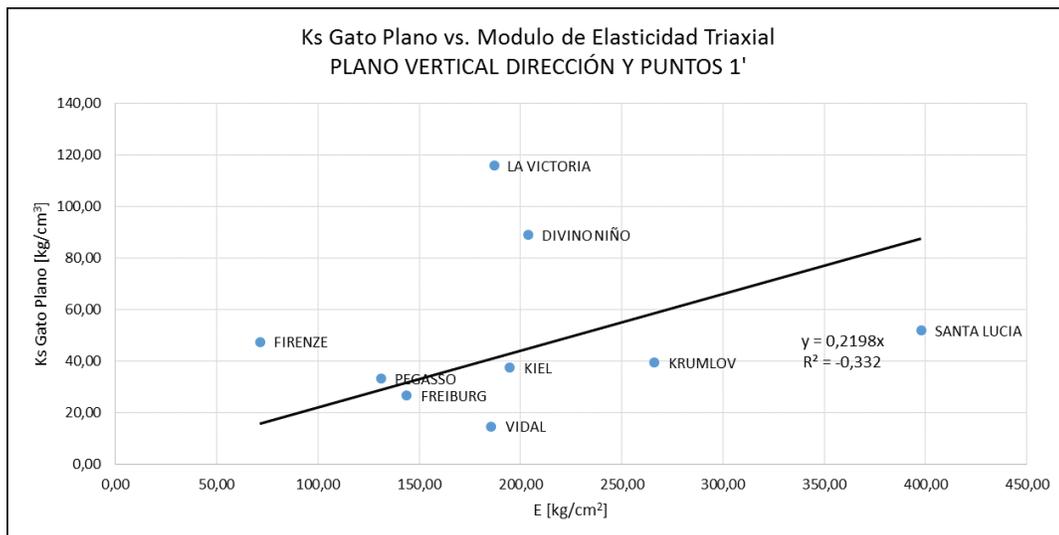
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.22 (D) Ks GATO PLANO VS. MÓDULO DE ELASTICIDAD TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2.**



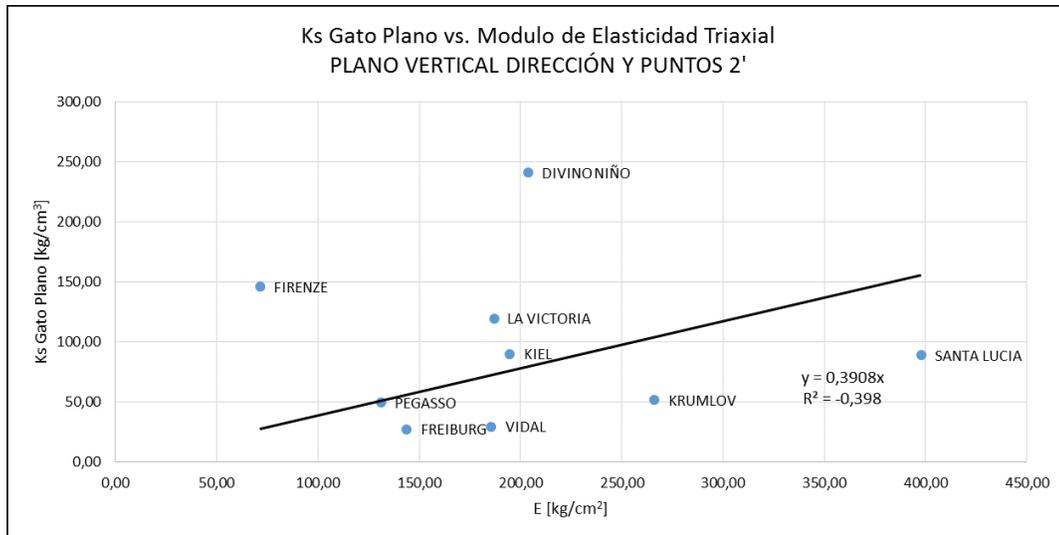
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.23 (E) Ks GATO PLANO VS. MÓDULO DE ELASTICIDAD TRIAXIAL-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1'.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.24 (F) K<sub>s</sub> GATO PLANO VS. MÓDULO DE ELASTICIDAD TRIAXIAL -PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2'.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

El análisis de datos de los Gráficos 4.19 al 4.24 es igual a la anterior sección, debido a que tanto el K<sub>s</sub> Triaxial y E<sub>s</sub> Triaxial tienen la misma base de datos (Anexo 1).

### 4.3.3 CORRELACIÓN CON ECUACIÓN DE VESIC

Vesic propone la siguiente fórmula para una viga sobre profundidad infinita del suelo con deformaciones constantes.

Para el presente estudio se analiza la posibilidad de una cimentación cuadrada de ancho 1,5 (m) y un espesor de 50 (cm), datos expresados en la Tabla 4.8, y siguiendo la Ecuación 2.2 se presentan los resultados expresados en la Tabla 4.11, en la cual la principal variable es el módulo de elasticidad del suelo (E<sub>s</sub> Triaxial), dato recopilado del ensayo triaxial y expresado en la Tabla 4.10.

$$K = 0,65^{12} \sqrt{\frac{E_s \cdot b^4}{E_w \cdot I_w}} \cdot \frac{E_s}{b \cdot (1 - \mu^2)} \quad [T/m^3] \quad (\text{Ec. 2.2})$$

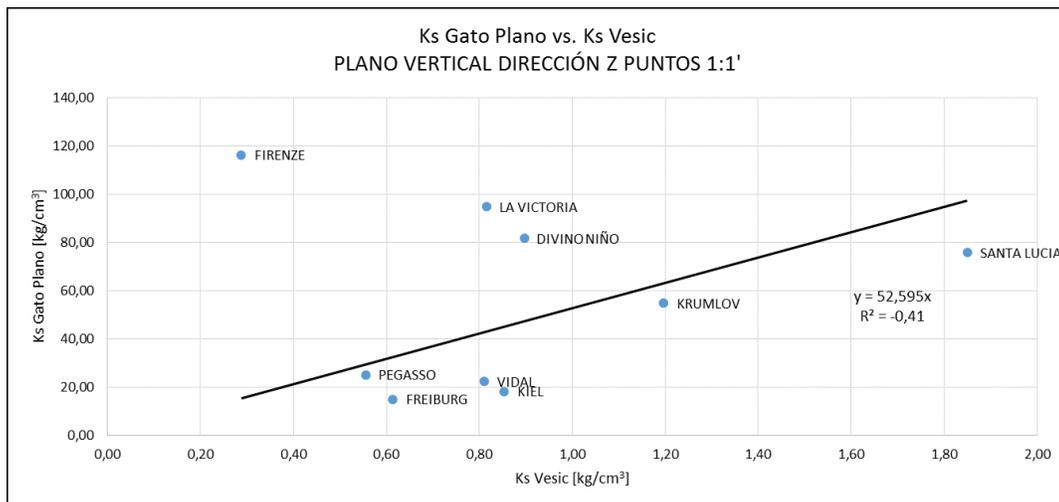
**TABLA 4.11 TABLA DE RESULTADOS Ks VESIC.**

SITIOS	Ks (VESIC) [kg/cm <sup>3</sup> ]
DIVINO NIÑO	0,90
FIRENZE	0,29
FREIBURG	0,61
KIEL	0,85
KRUMLOV	1,20
LA VICTORIA	0,82
PEGASSO	0,56
SANTA LUCIA	1,85
VIDAL	0,81

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

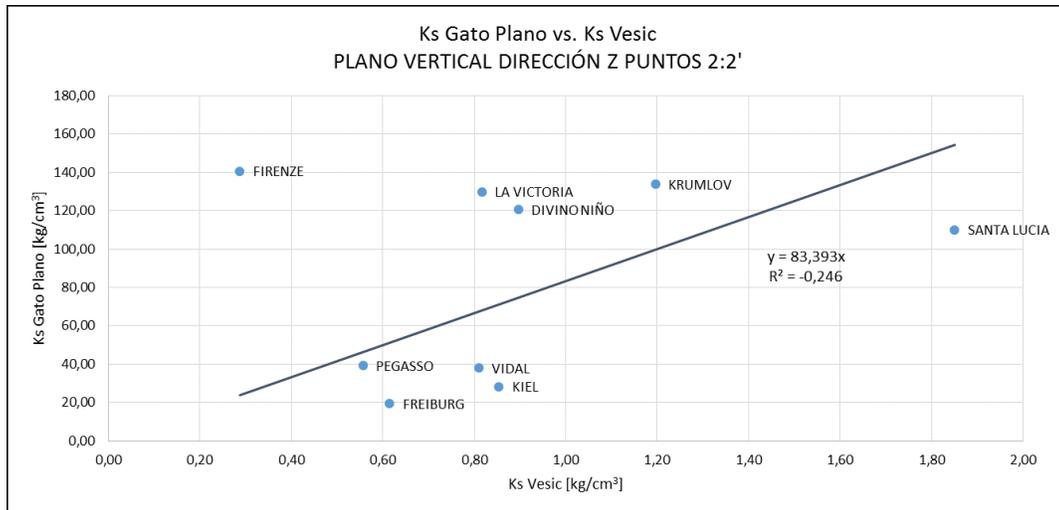
Posterior a determinar los datos del módulo de reacción de la subrasante en base a Vesic se procede a graficarlos con los datos principales de este estudio los cuales son Ks del Gato Plano y expresados en la Tabla 4.7. El resultado de estas correlaciones se expresa desde el Gráfico 4.25 al Gráfico 4.30

**GRÁFICO 4.25 (A) Ks GATO PLANO VS. Ks VESIC-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1'.**



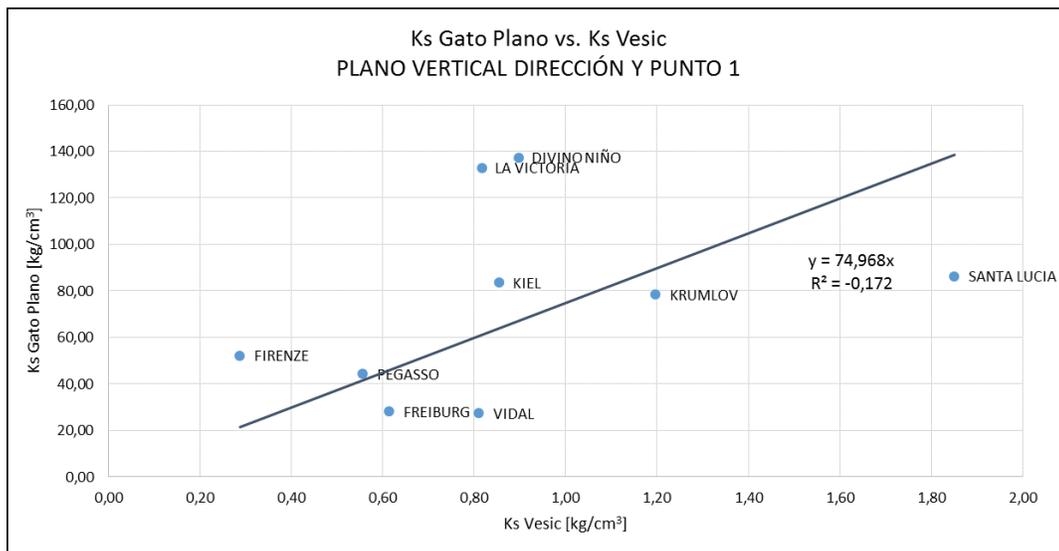
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.26 (B) Ks GATO PLANO VS. Ks VESIC-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2'.**



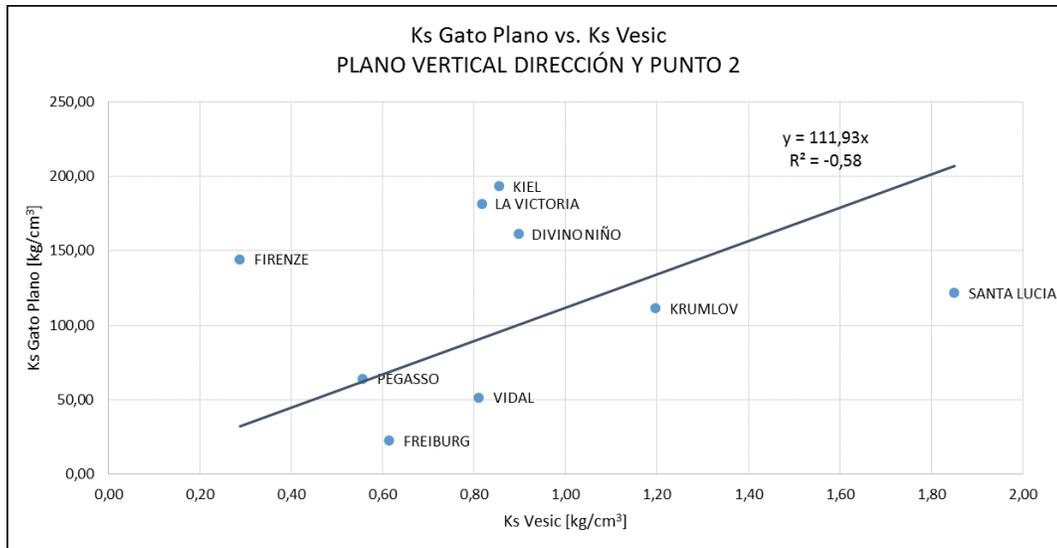
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.27 (C) Ks GATO PLANO VS. Ks VESIC-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 1.**



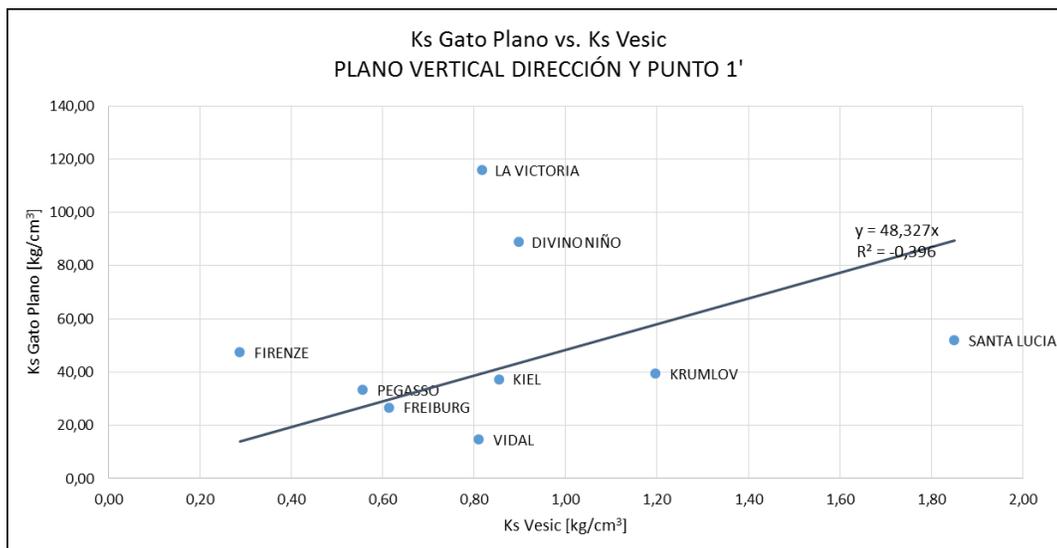
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.28 (D) Ks GATO PLANO VS. KS VESIC-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 2.**



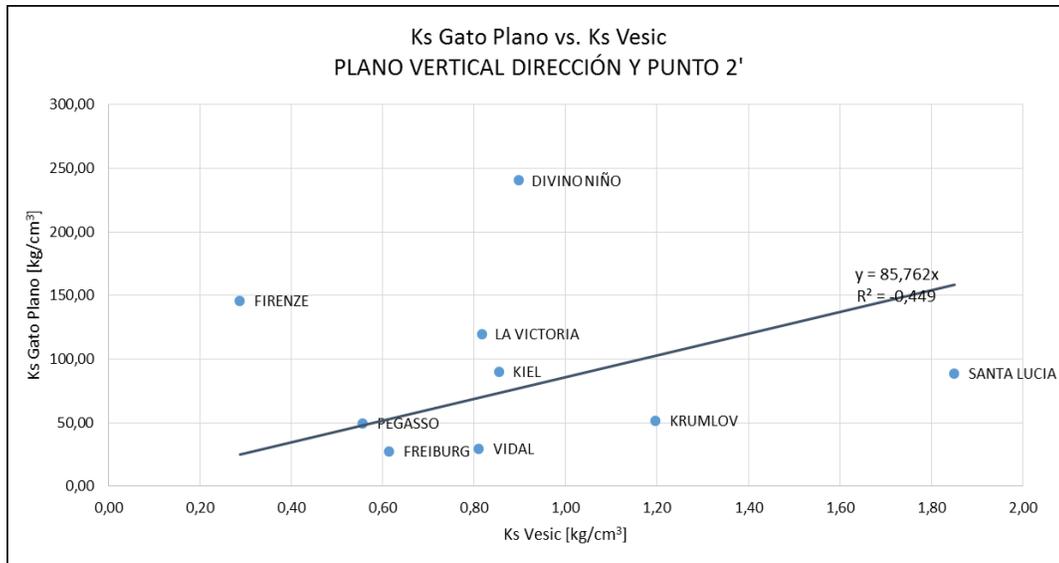
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.29 (E) Ks GATO PLANO VS. KS VESIC-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 1'.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.30 (F) Ks GATO PLANO VS. KS VESIC-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 2'.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

Al inicio de la correlación con la ecuación de Vesic, se mencionó que la principal variante es Es triaxial (Módulo de Elasticidad del Suelo), valor con el que previamente ya se realizó una correlación con Ks Gato Plano, por ende, la tendencia es muy similar, debido a que la ecuación de Vesic deriva su fórmula del Módulo de Elasticidad del Suelo, y de igual manera ese valor procede del ensayo triaxial.

#### 4.3.4 CORRELACIÓN CON ECUACIÓN DE BOWLES

Bowles, al igual que Vesic propone una fórmula para determinar el coeficiente de balasto, que de similar manera a la correlación de Vesic, el módulo de elasticidad del suelo (Es triaxial) es la principal variable, valor que es determinado por la pendiente del Gráfico Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del ensayo triaxial, valor que se presenta en la Tabla 4.10.

Los datos de la cimentación que se tomó como base para el presente estudio se encuentran en la Tabla 4.8.

$$k = \frac{E_s}{b(1-\mu^2)I_w} [T/m^3] \quad (\text{Ec. 2.3})$$

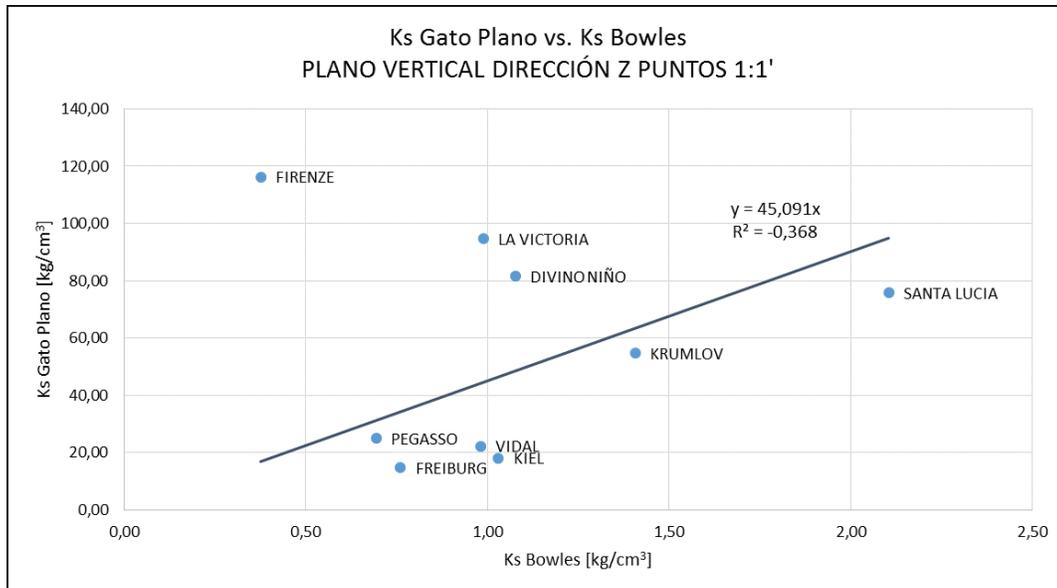
En base a la Ecuación 2.3, y con los datos de la cimentación (Tabla 4.8) y Módulo de Elasticidad del Suelo (Tabla 4.10) se calculan los coeficientes de balasto con la ecuación de Bowles (Tabla 4.12), posterior a eso se realiza la correlación involucrando los datos de Ks del Gato Plano en las dos direcciones propuestas (Tabla 4.7) para finalmente lograr graficar la correlación expresada a partir del Gráfico 4.31 al Gráfico 4.36

**TABLA 4.12 TABLA DE RESULTADOS Ks BOWLES.**

SITIOS	Ks (BOWLES) [kg/cm <sup>3</sup> ]
DIVINO NIÑO	1,08
FIRENZE	0,38
FREIBURG	0,76
KIEL	1,03
KRUMLOV	1,41
LA VICTORIA	0,99
PEGASSO	0,69
SANTA LUCIA	2,10
VIDAL	0,98

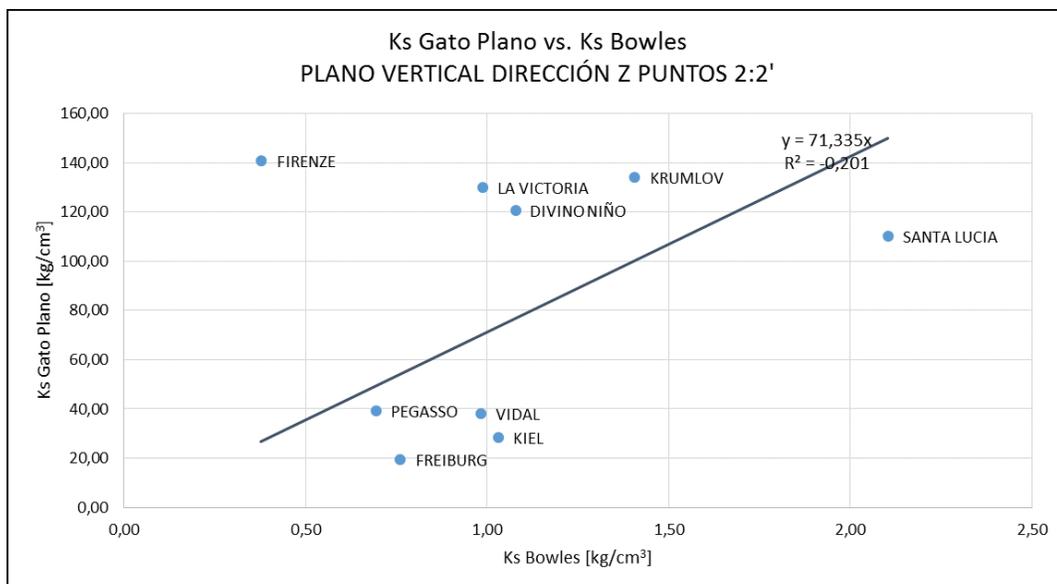
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.31 (A) Ks GATO PLANO VS. KS BOWLES-PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1'.**



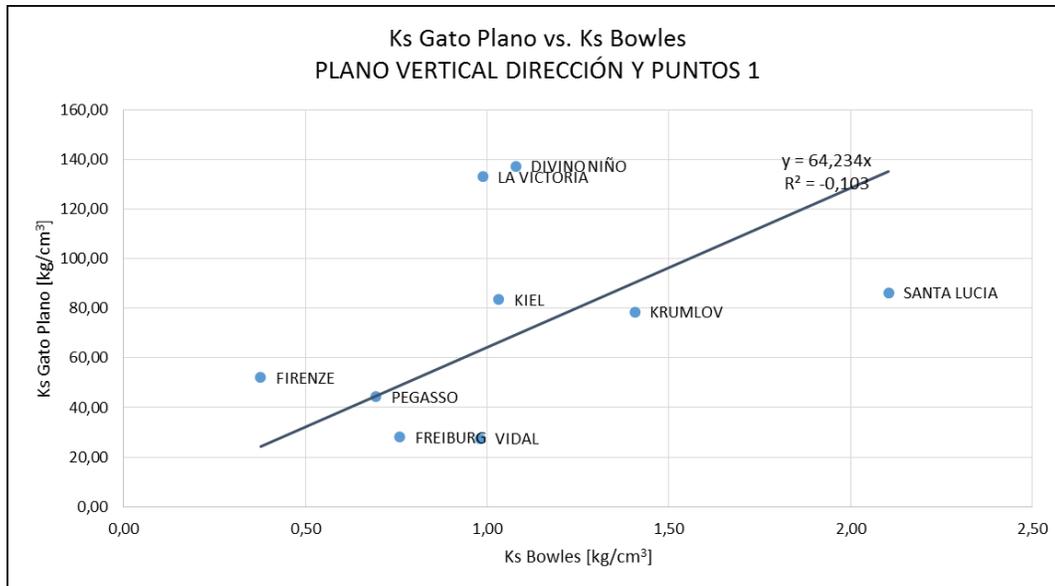
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.32 (B) Ks GATO PLANO VS. KS BOWLES - PLANO VERTICAL DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2'.**



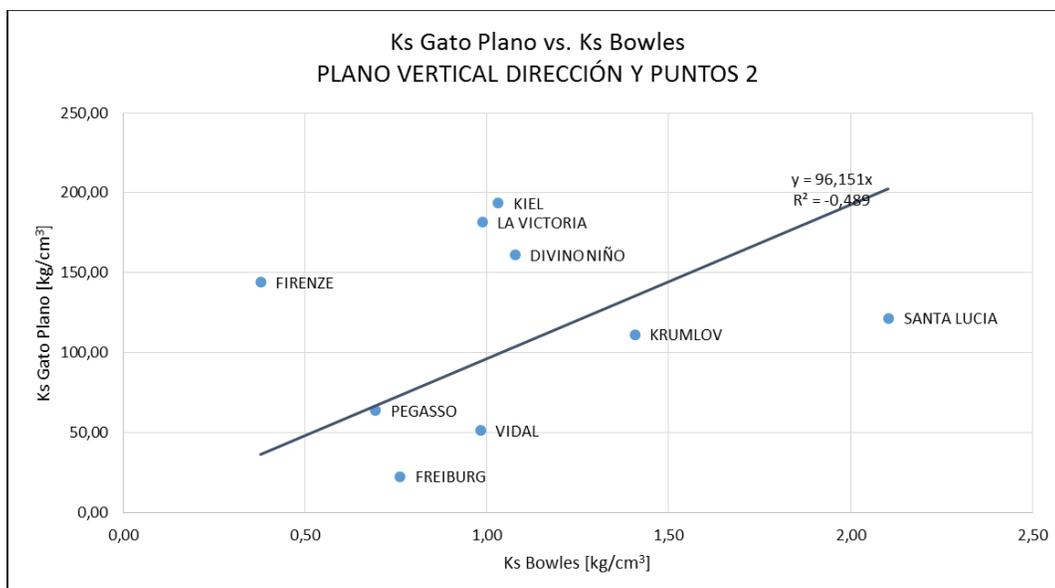
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.33 (C) Ks GATO PLANO VS. KS BOWLES - PLANO VERTICAL DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 1.**



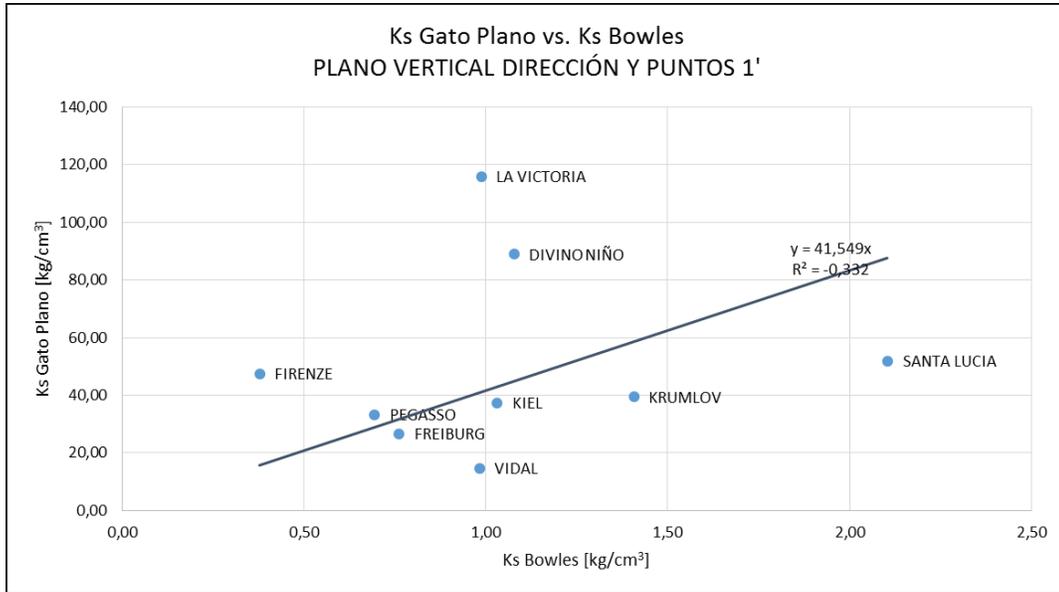
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.34 (D) Ks GATO PLANO VS. KS BOWLES - PLANO VERTICAL DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 2.**



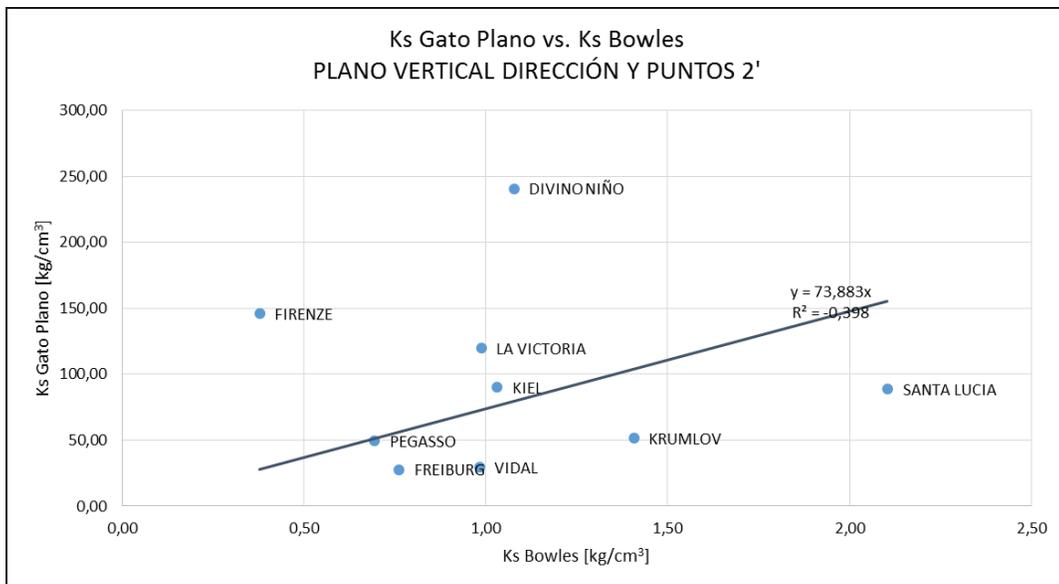
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.35 (E) Ks GATO PLANO VS. KS BOWLES –PLANO VERTICAL DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 1’.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.36 (F) Ks GATO PLANO VS. KS BOWLES-PLANO VERTICAL DIRECCIÓN Y - PUNTOS DE CONTROL 2’.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

### 4.3.5 CORRELACIÓN CON PLACA DE CARGA

La correlación propuesta en esta sección utilizará los cinco sitios más cercanos a los ensayados con placa de carga determinados por Vásconez, con el fin de tener características mecánicas comparables.

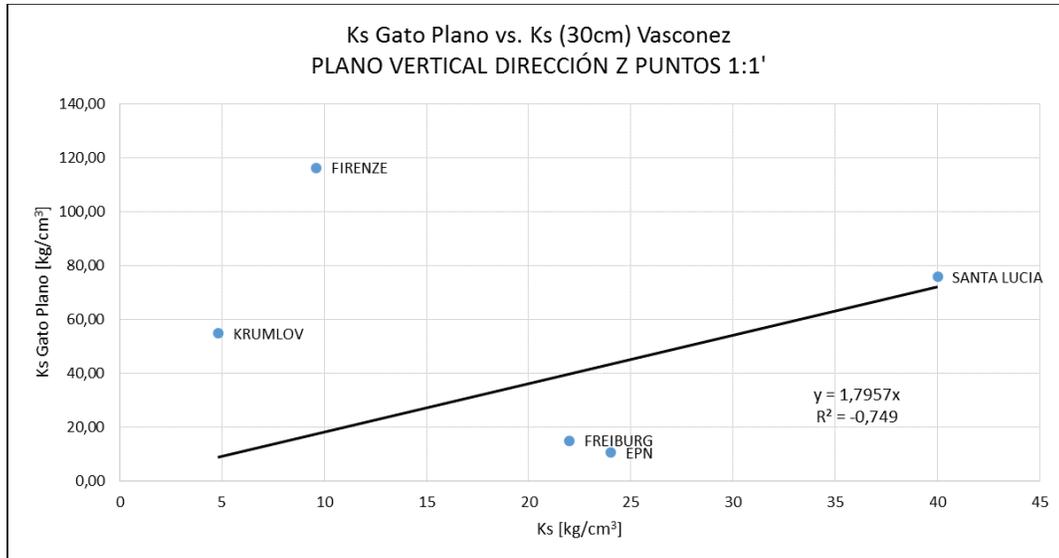
La Tabla 4.13 expresa los datos recopilados, de Clasificación SUCS, Ks Placa de Carga 60 cm y Ks Placa de Carga 30 cm, determinados por Vásconez, y a la vez los compara con los valores de Ks Gato Plano de los sitios más cercanos a los estudiados por Vásconez. (Vásconez, 1997)

**TABLA 4.13 DATOS VÁSCONEZ Y ENSAYO GATO PLANO.**

DATOS VASCONEZ				SITIOS	Ks (Gato Plano) [kg/cm <sup>3</sup> ]					
SITIOS VASCONEZ	SUCS	ks (VASCONEZ) [kg/cm <sup>3</sup> ]	ks (VASCONEZ) [kg/cm <sup>3</sup> ]		Dirección Z		Dirección Y			
		Placa 60 cm	Placa 30cm		1:1'	2:2'	1	2	1'	2'
Escuela Politécnica Nacional	ML-CL	17,4	24	EPN	10,36	14,71	51,58	63,62	34,05	38,49
Parque Julio Andrade	ML-SM	4,8	4,8	KRUMLOV	54,64	133,89	78,52	111,36	39,46	51,63
Hospital Vozandes	SM	10,8	9,6	FIRENZE	116,23	140,66	52,17	144,26	47,43	145,81
Sector de Monteserrín	SC	20,4	40	SANTA LUCIA	75,75	110,09	86,29	121,69	51,86	88,86
Hotel Marriot	SM	11,2	22	FREIBURG	14,85	19,34	28,07	22,69	26,70	27,65

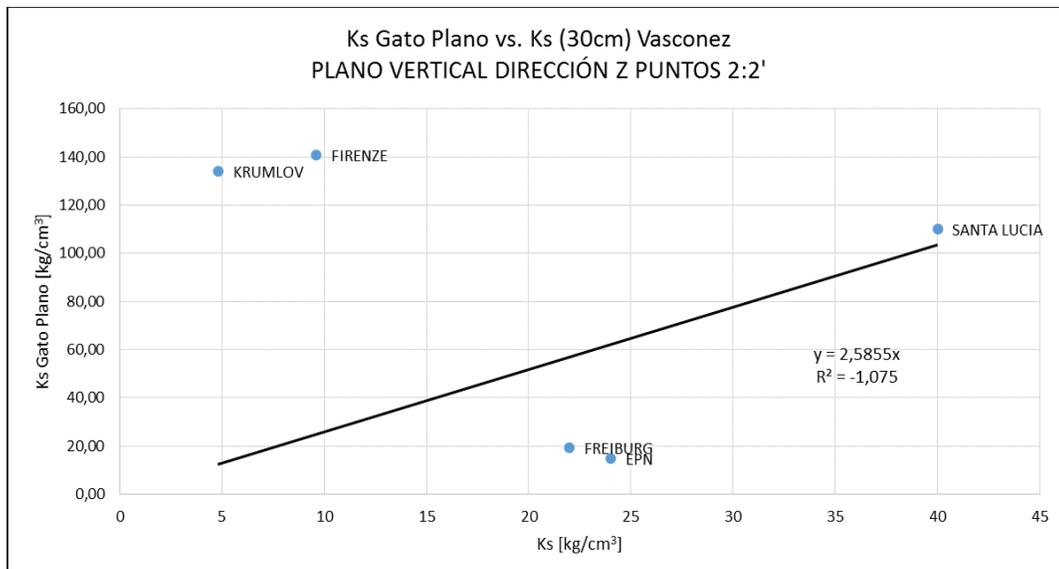
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.37 (A) Ks GATO PLANO VS. KS VÁSZONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 30 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1'.**



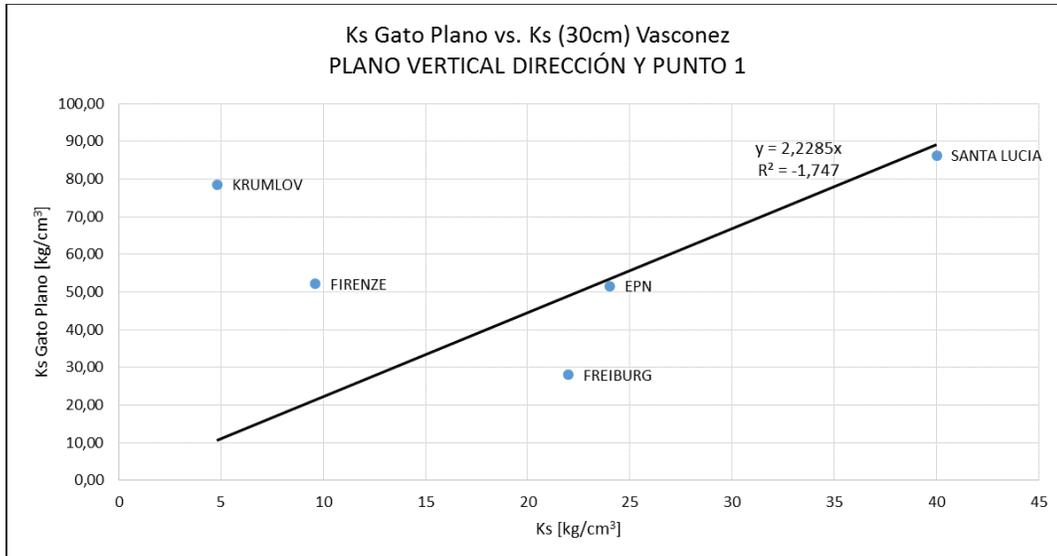
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.38 (B) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 30 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2'.**



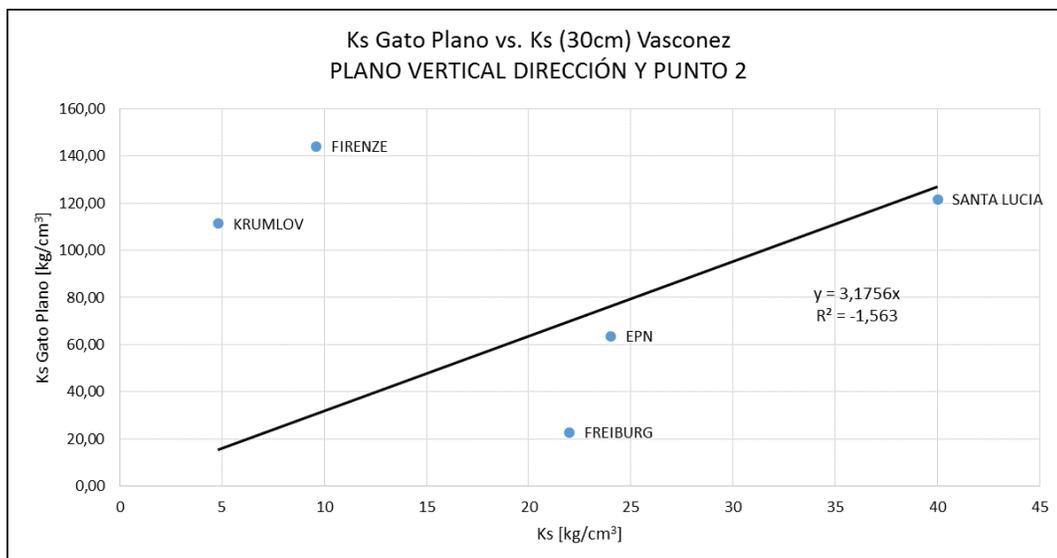
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.39 (C) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 30 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1.**



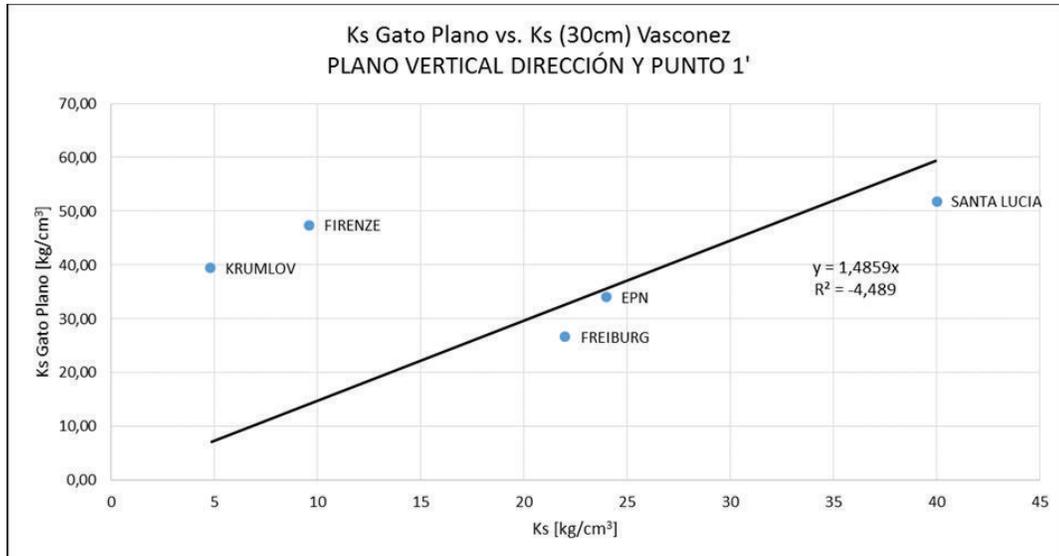
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.40 (D) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 30 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2.**



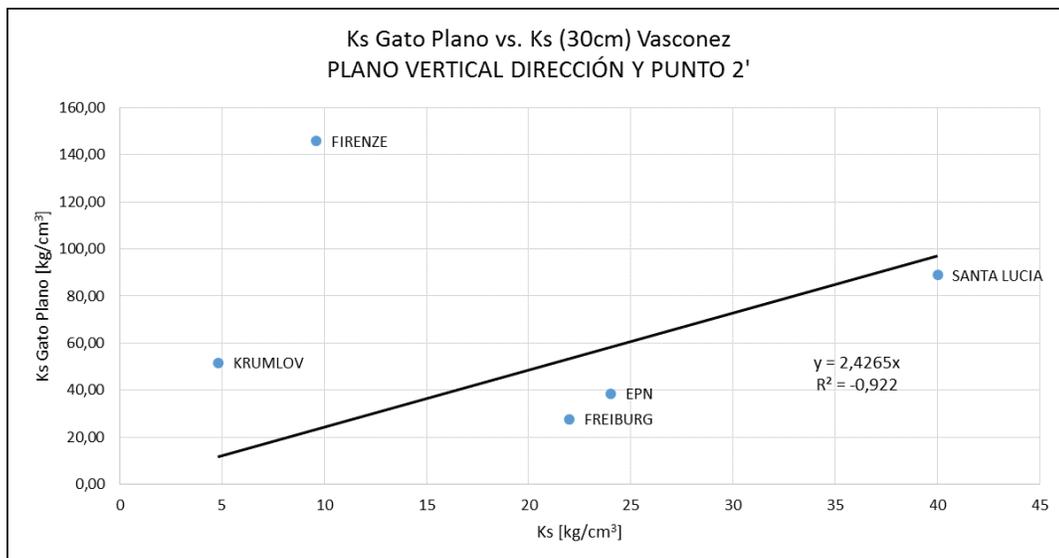
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.41 (E) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 30 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1'.**



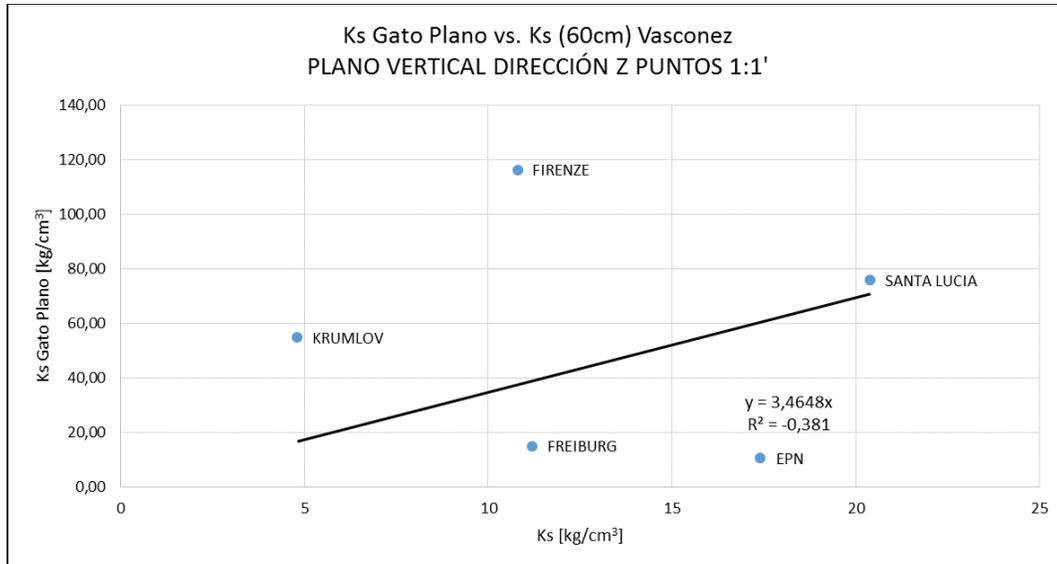
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.42 (F) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 30 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2'.**



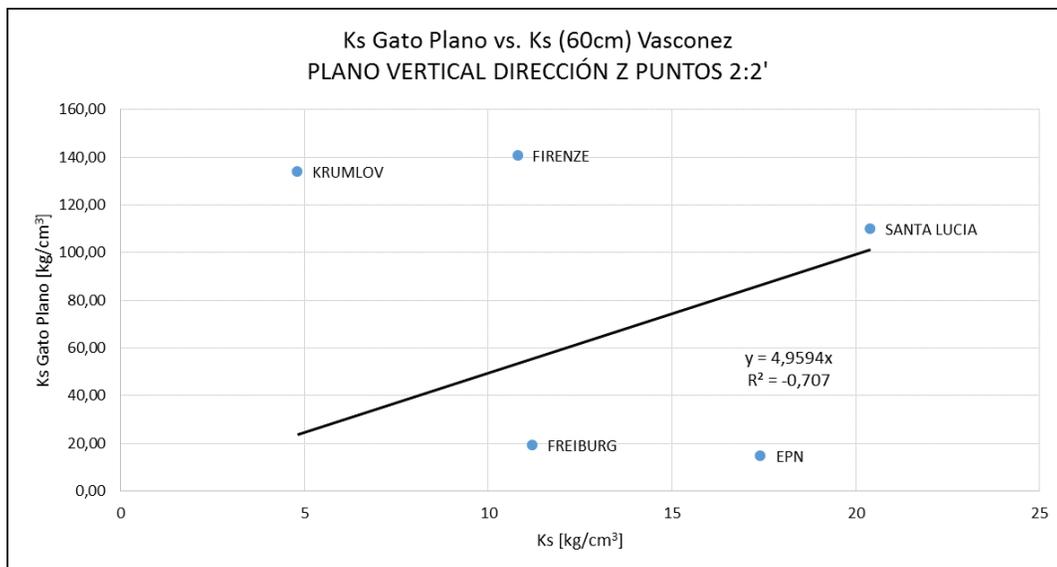
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.43 (G) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 60 cm - PLANO VERTICAL DIRECCIÓN Z PUNTO DE CONTROL 1:1'.**



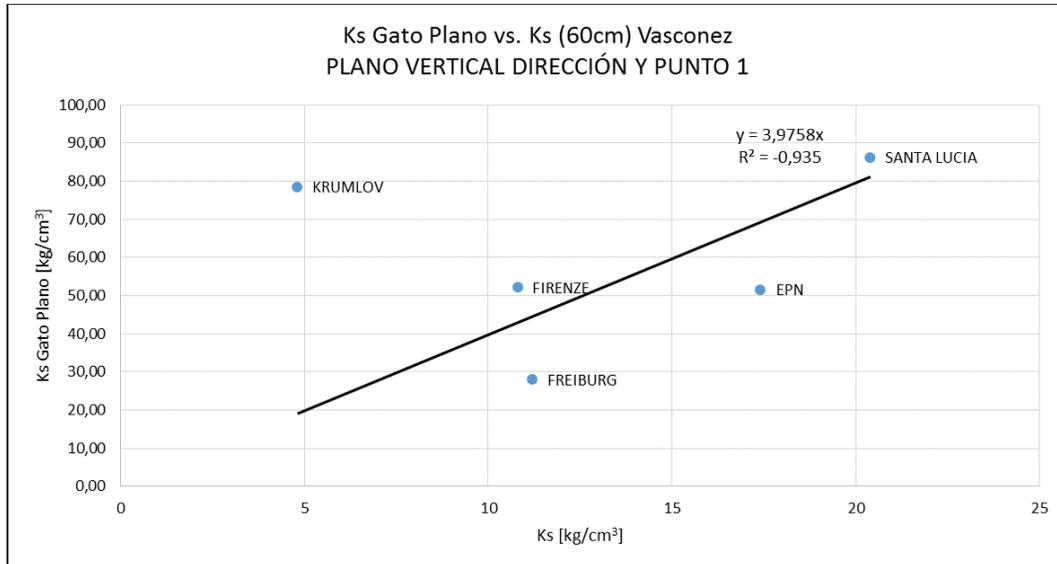
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.44 (H) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 60 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTO DE CONTROL 2:2'.**



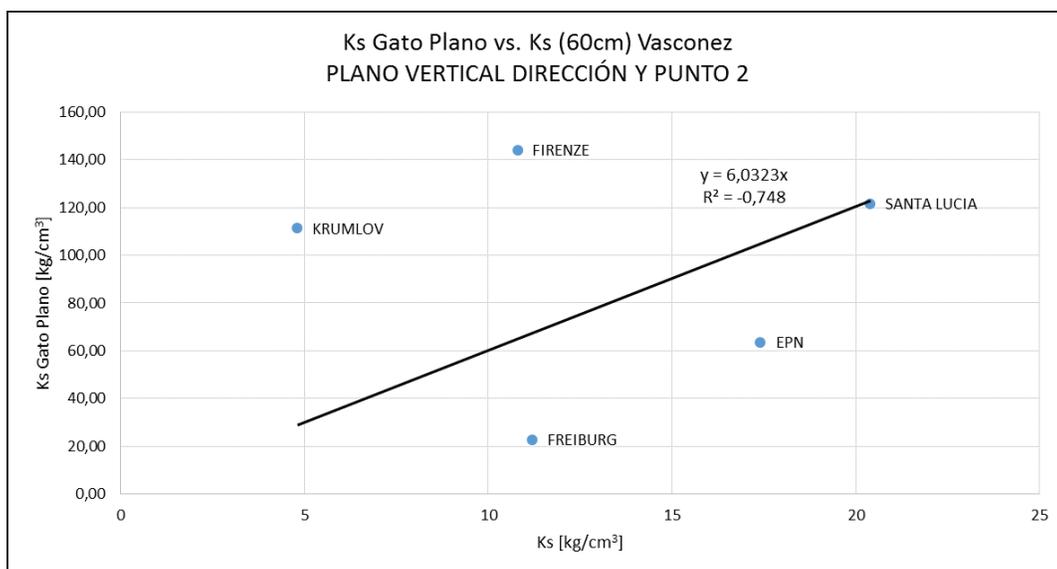
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.45 (I) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 60 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1.**



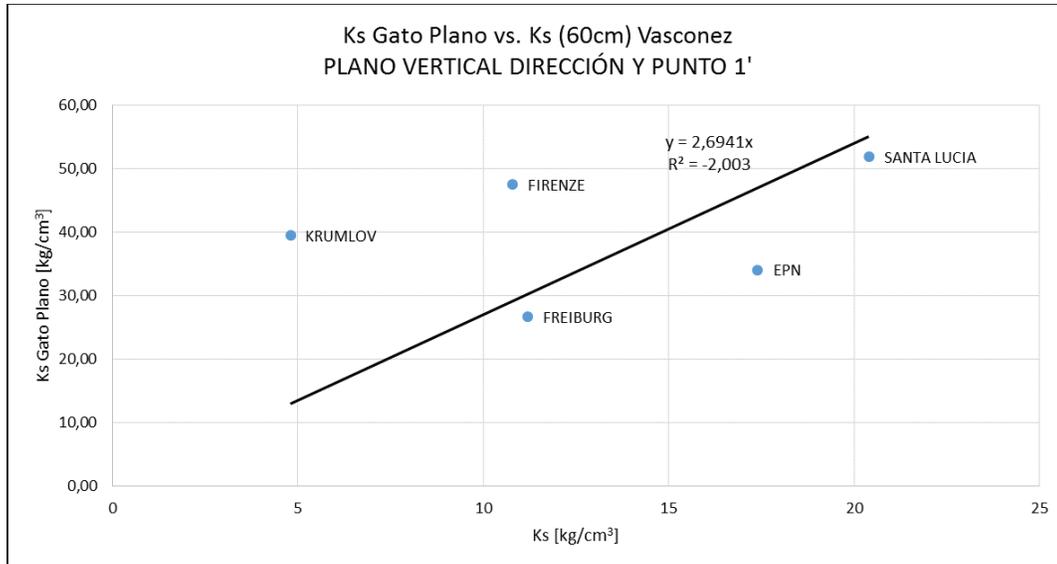
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.46 (J) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 60 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2.**



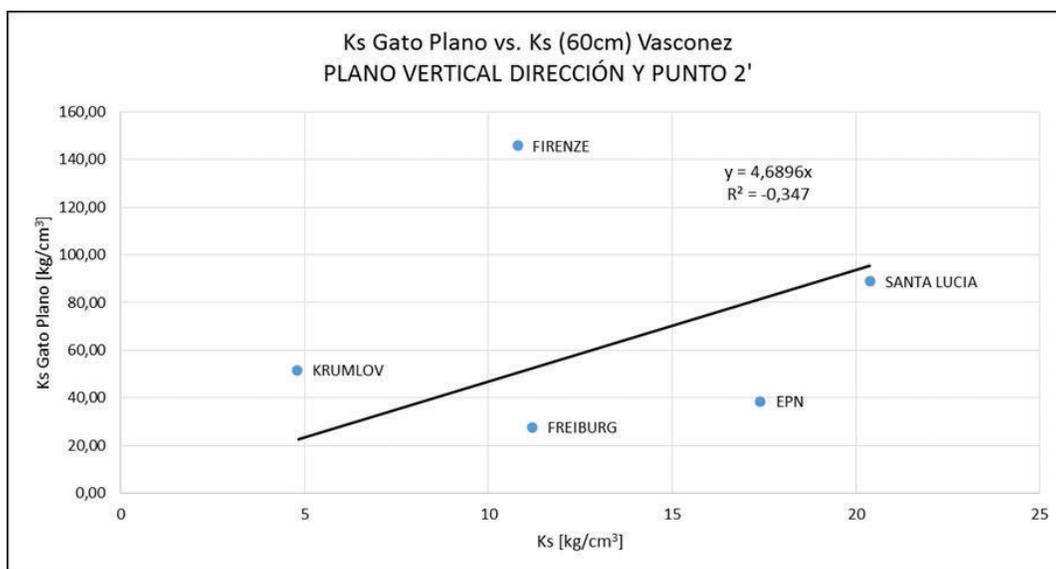
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.47 (K) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 60 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1'.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.48 (L) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA PLACA DE CARGA DE 60 cm - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2'.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

Desde el Gráfico 4.37 al Gráfico 4.42, se encuentra la correlación de Ks Gato Plano con respecto al Ks Placa de Carga de 30 cm, para las direcciones Y y Z, y conjuntamente para los diferentes puntos de control. Las correlaciones para la dirección Z son aceptables, sin embargo, se visualiza que las gráficas correspondientes a la dirección Y, bloque superior (Gráfico 4.39, Gráfico 4.40) tienen valores de  $R^2$  bajos; en cuanto a semejanza de valores entre Ks Gato Plano y Ks Placa de Carga de 30 cm, el Gráfico 4.41 muestra la pendiente más cercana a 1, valor que representaría que para un mismo tipo de suelo el ensayo de placa de carga de 30 cm y Gato Plano darían el mismo valor.

La correlación de Ks Placa de Carga de 60 cm se encuentra graficada desde el Gráfico 4.43 al Gráfico 4.48, tanto para la dirección Y como para la dirección Z, en los mencionados gráficos se observa un aumento de la pendiente en aproximadamente un 100% con respecto a los valores de sus gráficos homólogos de Ks Placa de Carga de 30cm.

#### 4.3.5.1. CORRECCIÓN POR FORMA

El ensayo de placa de carga se lo puede realizar con diferentes tamaños y formas de placas de carga, consecuentemente la presente sección tiene como finalidad homogenizar los Ks de Placa de Carga a un solo tamaño.

Terzaghi (1955) determinó que el valor del coeficiente de reacción de la subrasante disminuye con el ancho de la cimentación planteando, y varía dependiendo del tipo de suelo sobre el que se asiente la cimentación, por lo que propone dos ecuaciones para cambiar el Ks Placa de Carga de 30 cm a un ancho de cimentación real. (Terzaghi, Evaluation of Coefficients of Subgrade Reaction, 1955)

$$k [kN/m^3] = k_{0.3}[kN/m^3] * \left[ \frac{B(m)+0.3(m)}{2B(m)} \right]^2 \quad \text{Suelos arenosos} \quad \text{(Ec. 4.1)}$$

$$k [kN/m^3] = k_{0.3}[kN/m^3] * \left[ \frac{0.3(m)}{B(m)} \right] \quad \text{Suelos Arcillosos} \quad \text{(Ec. 4.2)}$$

Las correlaciones de Capacidad de Carga, Vesic y Bowles han sido tomadas en base a los datos de una cimentación cuadrada de ancho 1.5 m. (Tabla 4.8), por lo que es conveniente cambiar el coeficiente de balasto determinado por el ensayo de placa de carga de 30 (cm), a un  $K_s$  para la cimentación propuesta; posterior a eso como se presentan dos posibles ecuaciones, basándose en la Tabla 4.4 (Clasificación SUCS) en la cual se observa que la muestra de suelos se caracteriza como limos y arcillas, se utiliza la Ecuación 4.2.

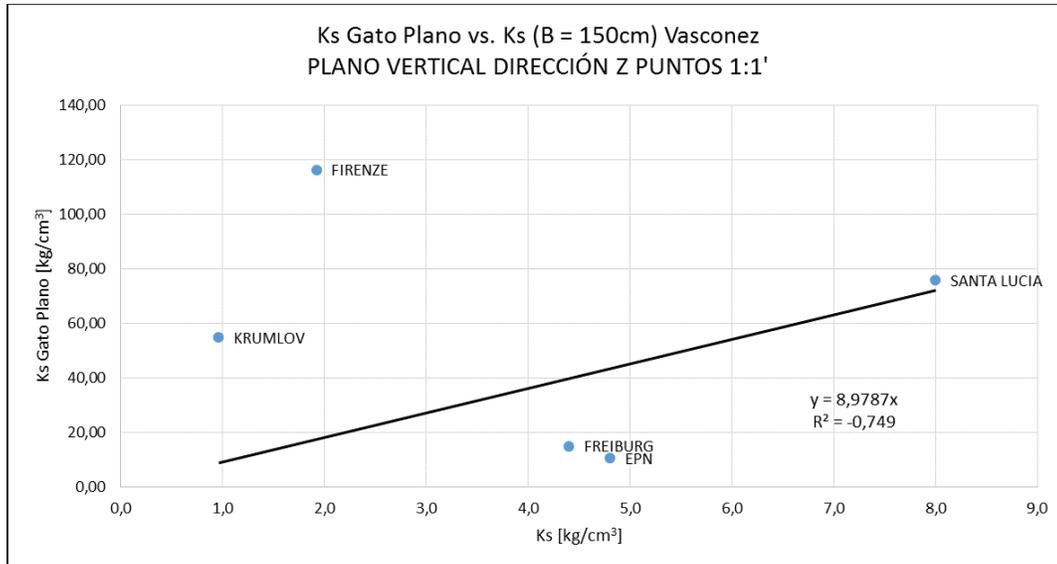
Los valores de  $K_s$  para una cimentación cuadrada de ancho 1.50 m, calculados a partir de datos de  $K_s$  Placa de Carga de 30 cm (Tabla 4.13) y la Ecuación 4.2, se presentan en la Tabla 4.14.

**TABLA 4.14 DATOS DE  $K_s$  VASCONEZ BASE DE (0,3; 0,6 Y 1,5) METROS.**

SITIOS VASCONEZ	$k_s$ (VASCONEZ) [kg/cm <sup>3</sup> ]	$k_s$ (VASCONEZ) [kN/m <sup>3</sup> ]	$k_s$ (VASCONEZ) [kg/cm <sup>3</sup> ]
	Placa 30cm	Placa 30 cm	Base 150 cm
Escuela Politécnica Nacional	24	235361	4,8
Parque Julio Andrade	4,8	47072	1,0
Hospital Vozandes	9,6	94144	1,9
Sector de Monteserrín	40	392268	8,0
Hotel Marriot	22	215748	4,4

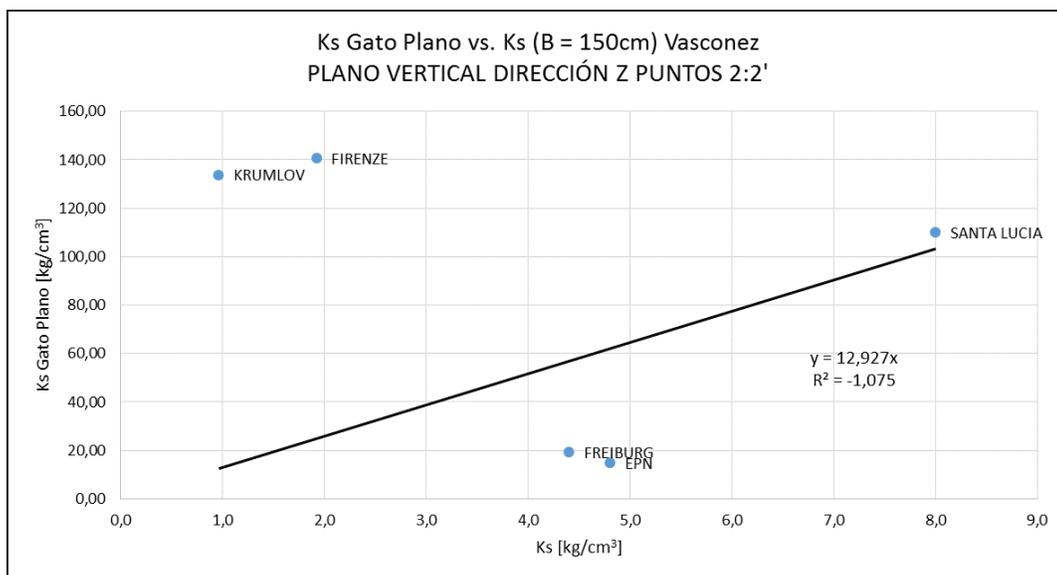
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.49 (A) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA BASE DE CIMENTACIÓN DE 1,5 m - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 1:1'.**



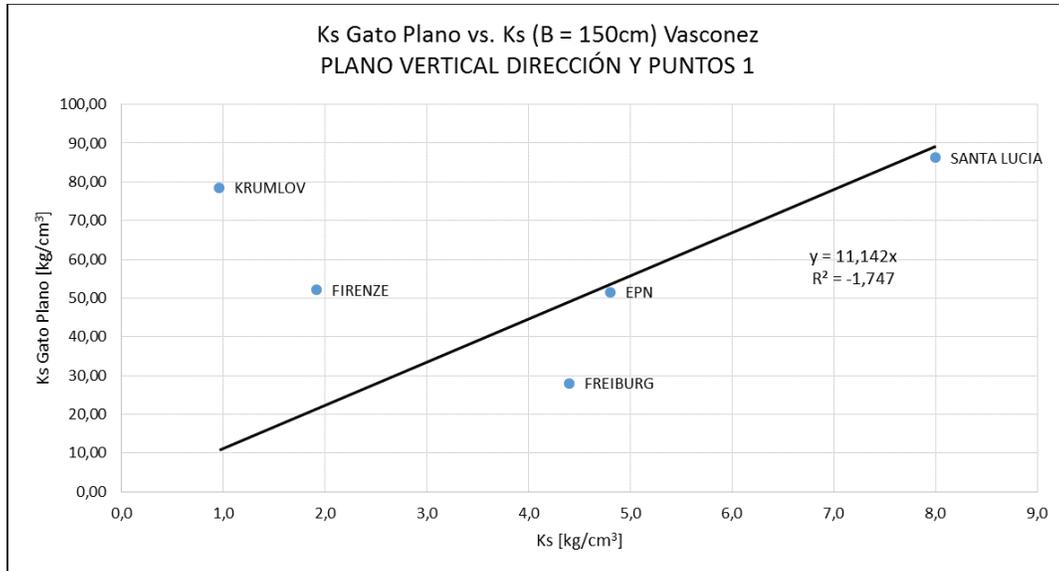
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.50 (B) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA BASE DE CIMENTACIÓN DE 1,5 m - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Z - PUNTOS DE CONTROL 2:2'.**



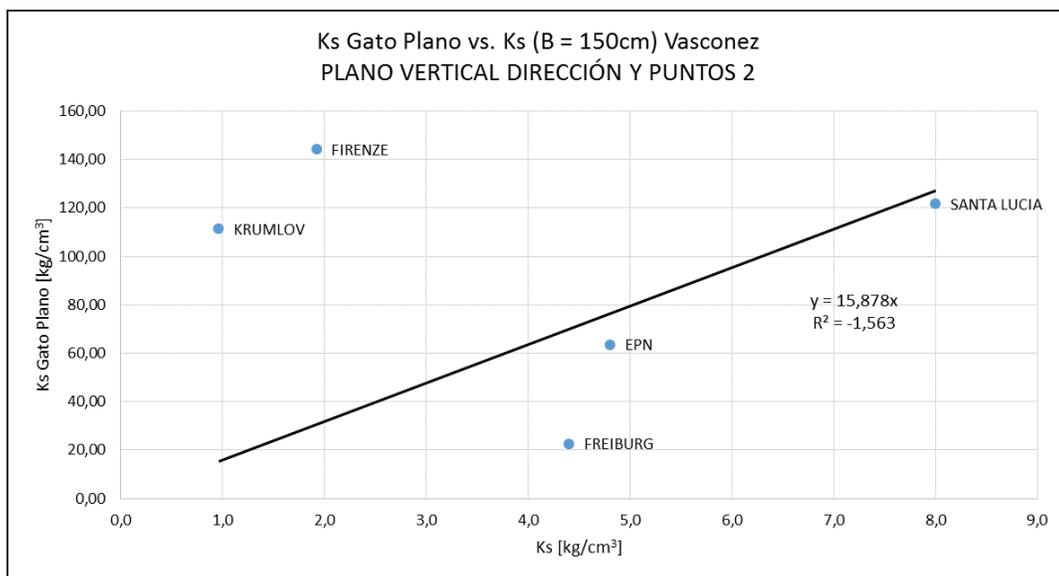
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.51 (C) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA BASE DE CIMENTACIÓN DE 1,5 m - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1.**



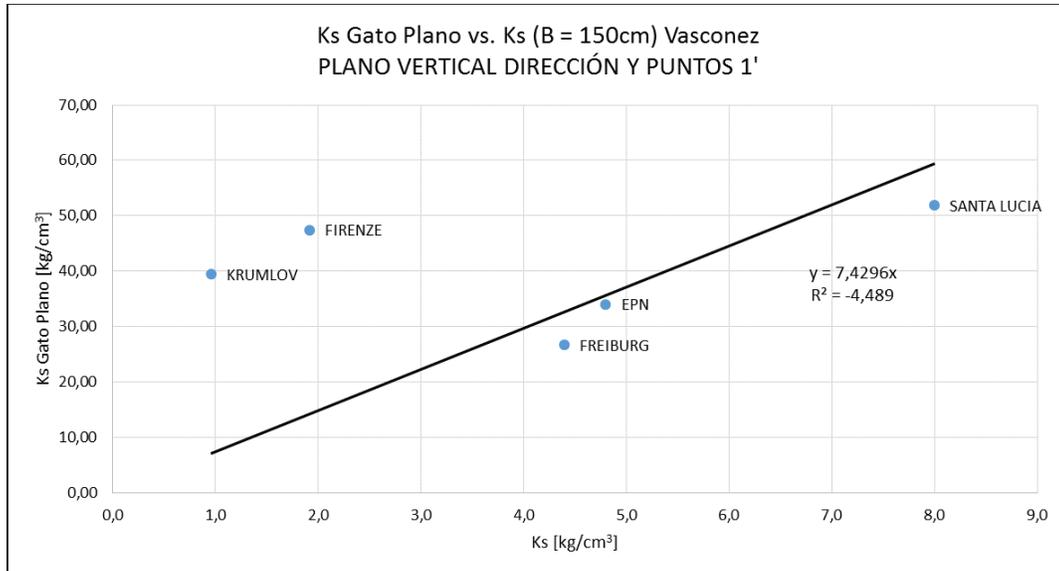
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.52 (D) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA BASE DE CIMENTACIÓN DE 1,5 m - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2.**



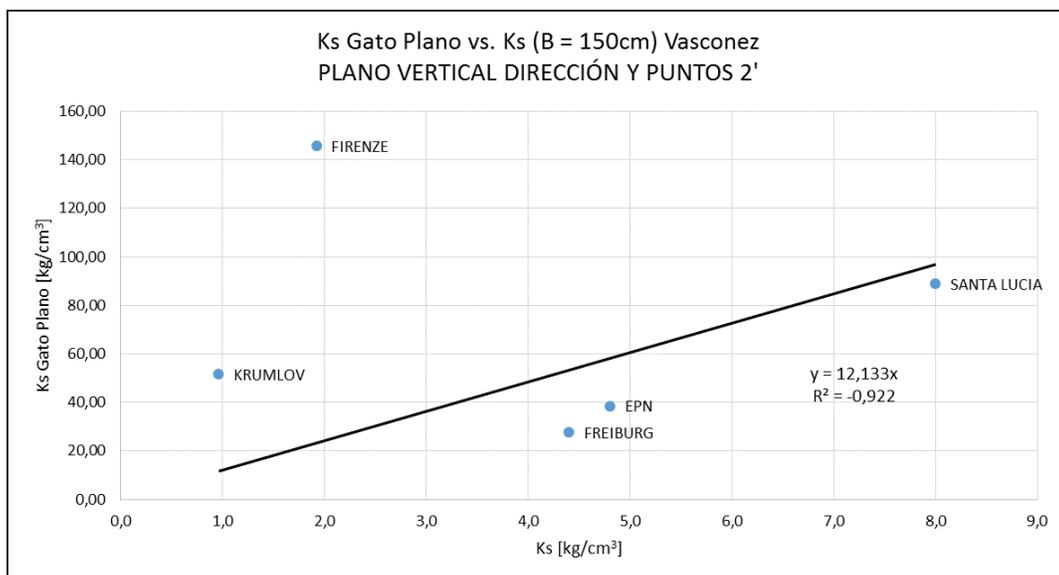
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.53 (E) Ks GATO PLANO VS. Ks VASCONEZ PARA UNA BASE DE CIMENTACIÓN DE 1,5 m - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 1'.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.54 (F) Ks GATO PLANO VS. Ks VÁSZONEZ PARA UNA BASE DE CIMENTACIÓN DE 1,5 m - PLANO VERTICAL - DIRECCIÓN Y - PUNTO DE CONTROL 2'.**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

Desde el Gráfico 4.49 al Gráfico 4.54, se presentan las correlaciones de Ks (B=1.50 m) con respecto a los valores de Ks Gato Plano, en los cuales se puede apreciar que el valor de correlación no cambia con respecto a las correlaciones de Ks Placa de Carga de 30 cm, sin embargo, los valores de las pendientes se ven afectados en un incremento aproximado de 5 veces con respecto a la correlación de Ks Placa de Carga de 30 cm

#### 4.3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La presente sección tiene como objetivo analizar individualmente las series de datos y resultados obtenidos, posterior al procesamiento de datos en bruto, con la finalidad que en base a un análisis estadístico se validen o rechacen las muestras, adoptando un intervalo de confianza adecuado.

**TABLA 4.15 SERIES DE DATOS DE LOS DIFERENTES METODOS Y ENSAYOS - (NUEVE ENSAYOS)**

SITIOS	Numero de Ensayos	VARIABLES "X"					VARIABLES "Y"					
		Es (Triaxial) [kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks (Triaxial) [kg/cm <sup>3</sup> ]	Ks (VESIC) [kg/cm <sup>3</sup> ]	Ks (BOWLES) [kg/cm <sup>3</sup> ]	qa [kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks (Gato Plano) [kg/cm <sup>3</sup> ]					
							Dirección Z		Dirección Y			
							1:1'	2:2'	1	2	1'	2'
DIVINO NIÑO	1	203,94	26,11	0,90	1,08	5,80	81,63	120,56	137,32	161,19	88,88	240,70
FIRENZE	2	71,31	10,08	0,29	0,38	1,23	116,23	140,66	52,17	144,26	47,43	145,81
FREIBURG	3	143,76	17,71	0,61	0,76	2,25	14,85	19,34	28,07	22,69	26,70	27,65
KIEL	4	194,82	25,25	0,85	1,03	4,73	18,17	28,28	83,55	193,48	37,39	90,24
KRUMLOV	5	265,89	35,03	1,20	1,41	7,39	54,64	133,89	78,52	111,36	39,46	51,63
LA VICTORIA	6	186,95	24,38	0,82	0,99	5,98	94,65	129,90	132,94	181,68	115,88	119,69
PEGASSO	7	131,18	17,39	0,56	0,69	4,06	24,97	39,25	44,24	64,02	33,24	49,52
SANTA LUCIA	8	397,82	56,24	1,85	2,10	12,13	75,75	110,09	86,29	121,69	51,86	88,86
VIDAL	9	185,67	19,64	0,81	0,98	4,03	22,27	38,08	27,48	51,47	14,65	29,56

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**TABLA 4.16 SERIES DE DATOS Ks PLACA DE CARGA Y Ks GATO PLANO (CINCO ENSAYOS)**

VARIABLES "X"					VARIABLES "Y"							
SITIOS	Numero de Ensayos	ks (VASCONEZ) [kg/cm <sup>3</sup> ]			SITIOS	Numero de Ensayos	Ks (Gato Plano) [kg/cm <sup>3</sup> ]					
		Placa 60 cm	Placa 30cm	Base 150 cm			Dirección Z		Dirección Y			
							1:1'	2:2'	1	2	1'	2'
Escuela Politécnica Nacional	1	17,40	24,00	4,8	EPN	1	10,36	14,71	51,58	63,62	34,05	38,49
Parque Julio Andrade	2	4,80	4,80	1,0	KRUMLOV	2	54,64	133,89	78,52	111,36	39,46	51,63
Hospital Vozandes	3	10,80	9,60	1,9	FIRENZE	3	116,23	140,66	52,17	144,26	47,43	145,81
Sector de Montserrat	4	20,40	40,00	8,0	SANTA LUCIA	4	75,75	110,09	86,29	121,69	51,86	88,86
Hotel Marriot	5	11,20	22,00	4,4	FREIBURG	5	14,85	19,34	28,07	22,69	26,70	27,65

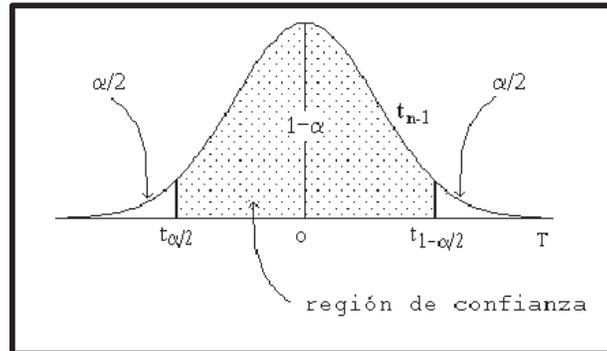
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

La Tabla 4.15 y Tabla 4.16 muestran los resultados finales de los valores determinados con las ecuaciones y procedimientos mencionados en la sección anterior, denominadas para este estudio variables "x", y de los ensayos de Gato Plano señalados como variables "y", diferenciando el número de ensayos entre una tabla y otra.

Posterior a tener los valores tabulados se procede a determinar las características estadísticas (Media  $[x]$ , Desviación estándar  $[s]$ , Varianza  $[s^2]$ ) de cada serie de datos, y consiguientemente analizarlos estadísticamente en base a una Distribución t – Student, debido a que la cantidad de datos en cada una de las variables es menor a 30.

Para proceder con el análisis estadístico es necesario imponerse un intervalo de confianza (Figura 4.7) que, en estadística, se define como un par o varios pares de números entre los cuales se estima que estará cierto valor desconocido con una determinada probabilidad de acierto.

**FIGURA 4.7 INTERVALO DE CONFIANZA-DISTRIBUCIÓN T STUDENT**



Fuente: <http://virtual.uptc.edu.co/ova/estadistica/docs/libros/ftp.bioestadistica.uma.es/libro/node103.htm>

Para el siguiente análisis estadístico se va utilizar tres diferentes intervalos de confianza:

- Rango de Confianza 90% ( $\alpha = 0.1$ )
- Rango de Confianza 95% ( $\alpha = 0.05$ )
- Rango de Confianza 99% ( $\alpha = 0.01$ )

Es necesario mencionar que mientras menor sea el rango de confianza, la posibilidad de que un alto número de datos quede fuera del rango de confianza aumenta.

Para una mejor visualización de los valores dentro y fuera del rango de confianza se muestra la Figura 4.8 donde se indica la nomenclatura de los valores fuera y dentro del rango.

**FIGURA 4.8 NOMENCLATURA DE LOS DATOS FUERA Y DENTRO DEL RANGO DE CONFIANZA**

VALOR	DATO FUERA DEL RANGO DE CONFIANZA
VALOR	DATO DENTRO DEL RANGO DE CONFIANZA

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

TABLA 4.17 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ( $\alpha = 0,1$ ) - (NUEVE ENSAYOS)

SITIOS	VARIABLES "X"					VARIABLES "Y"						
	Es (Triaxial) [kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks (Triaxial) [kg/cm <sup>3</sup> ]	Ks (VESIC) [kg/cm <sup>3</sup> ]	Ks (BOWLES) [kg/cm <sup>3</sup> ]	qa [kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks (Gato Plano) [kg/cm <sup>3</sup> ]						
						Dirección Z		Dirección Y				
						1:1'	2:2'	1	2	1'	2'	
DIVINO NIÑO	203,94	26,11	0,90	1,08	5,80	81,63	120,56	137,32	161,19	88,88	240,70	
FIRENZE	71,31	10,08	0,29	0,38	1,23	116,23	140,66	52,17	144,26	47,43	145,81	
FREIBURG	143,76	17,71	0,61	0,76	2,25	14,85	19,34	28,07	22,69	26,70	27,65	
KIEL	194,82	25,25	0,85	1,03	4,73	18,17	28,28	83,55	193,48	37,39	90,24	
KRUMLOV	265,89	35,03	1,20	1,41	7,39	54,64	133,89	78,52	111,36	39,46	51,63	
LA VICTORIA	186,95	24,38	0,82	0,99	5,98	94,65	129,90	132,94	181,68	115,88	119,69	
PEGASSO	131,18	17,39	0,56	0,69	4,06	24,97	39,25	44,24	64,02	33,24	49,52	
SANTA LUCIA	397,82	56,24	1,85	2,10	12,13	75,75	110,09	86,29	121,69	51,86	88,86	
VIDAL	185,67	19,64	0,81	0,98	4,03	22,27	38,08	27,48	51,47	14,65	29,56	
n	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Media ( $\bar{x}$ )	197,93	25,76	0,88	1,05	5,29	55,91	84,45	74,51	116,87	50,61	93,74	
Desviación Estandar(S)	92,41	13,39	0,44	0,49	3,18	37,74	51,50	40,90	59,98	32,02	68,22	
Desviación Estandar Relativa	47%	52%	51%	47%	60%	68%	61%	55%	51%	63%	73%	
Varianza ( $S^2$ )	8539,06	179,39	0,20	0,24	10,14	1424,30	2652,33	1672,46	3597,34	1025,25	4654,03	
Alpha ( $\alpha$ )	0,1					0,1						
Intervalo de Confianza. T STUDENT	VALOR	57,28	8,30	0,28	0,30	1,97	23,39	31,92	25,35	37,18	19,85	42,29
	MAX	255,20	34,06	1,15	1,35	7,26	79,30	116,37	99,86	154,05	70,46	136,03
	MIN	140,65	17,46	0,60	0,74	3,32	32,51	52,53	49,16	79,69	30,76	51,45

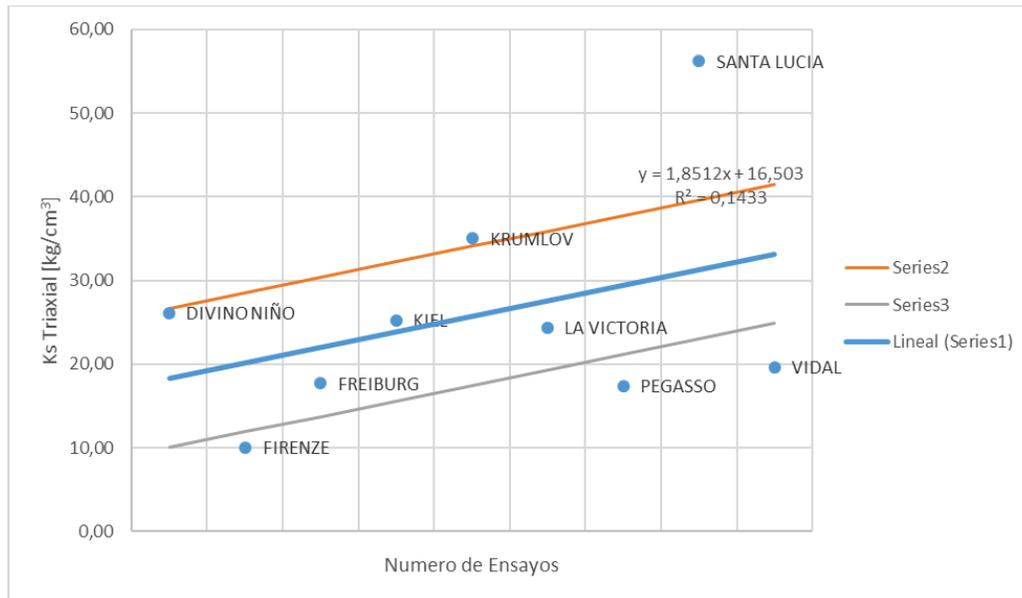
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

TABLA 4.18 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ( $\alpha = 0,1$ ) - (CINCO ENSAYOS)

SITIOS	VARIABLES "X"			SITIOS	VARIABLES "Y"						
	ks (VASCOZNEZ) [kg/cm <sup>3</sup> ]				Ks (Gato Plano) [kg/cm <sup>3</sup> ]						
	Placa 60 cm	Placa 30cm	Base 150 cm		Dirección Z		Dirección Y				
					1:1'	2:2'	1	2	1'	2'	
Escuela Politécnica Nacional	17,4	24	4,8	EPN	10,36	14,71	51,58	63,62	34,05	38,49	
Parque Julio Andrade	4,8	4,8	1,0	KRUMLOV	54,64	133,89	78,52	111,36	39,46	51,63	
Hospital Vozandes	10,8	9,6	1,9	FIRENZE	116,23	140,66	52,17	144,26	47,43	145,81	
Sector de Monteserrín	20,4	40	8,0	SANTA LUCIA	75,75	110,09	86,29	121,69	51,86	88,86	
Hotel Marriot	11,2	22	4,4	FREIBURG	14,85	19,34	28,07	22,69	26,70	27,65	
n	5	5	5	n	5	5	5	5	5	5	
Media ( $\bar{x}$ )	12,92	20,08	4,02	Media ( $\bar{x}$ )	54,37	83,74	59,32	92,72	39,90	70,49	
Desviación Estandar(S)	6,11	13,78	2,76	Desviación Estandar(S)	44,11	61,97	23,36	48,98	10,10	48,02	
Desviación Estandar Relativa	47%	69%	69%	Desviación Estandar Relativa	81%	74%	39%	53%	25%	68%	
Varianza ( $S^2$ )	37,35	189,79	7,59	Varianza ( $S^2$ )	1945,68	3840,23	545,89	2398,69	102,06	2306,21	
Alpha ( $\alpha$ )	0,1			Alpha ( $\alpha$ )	0,1						
Intervalo de Confianza. T STUDENT	VALOR	5,83	13,13	2,63	VALOR	42,05	59,08	22,28	46,69	9,63	45,78
	MAX	18,75	33,21	6,64	MAX	96,42	142,82	81,60	139,42	49,53	116,27
	MIN	7,09	6,95	1,39	MIN	12,31	24,66	37,05	46,03	30,27	24,70

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.55 EJEMPO DEL RANGO DE CONFIANZA ( $\alpha = 0,1$ )**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

Las tablas 4.17, 4.18 y el Gráfico 4.55, muestran los valores que están dentro y fuera de un rango de confianza  $\alpha=0.1$ , mostrando que los sitios que están fuera del rango impuesto no coinciden para las variables "x" y "y".

TABLA 4.19 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ( $\alpha = 0,05$ ) - (NUEVE ENSAYOS)

SITIOS	VARIABLES "X"					VARIABLES "Y"						
	Es (Triaxial) [kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks (Triaxial) [kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks (VESIC) [kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks (BOWLES) [kg/cm <sup>2</sup> ]	qa [kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks (Gato Plano) [kg/cm <sup>2</sup> ]						
						Dirección Z		Dirección Y				
						1:1'	2:2'	1	2	1'	2'	
DIVINO NIÑO	203,94	26,11	0,90	1,08	5,80	81,63	120,56	137,32	161,19	88,88	240,70	
FIRENZE	71,31	10,08	0,29	0,38	1,23	116,23	140,66	52,17	144,26	47,43	145,81	
FREIBURG	143,76	17,71	0,61	0,76	2,25	14,85	19,34	28,07	22,69	26,70	27,65	
KIEL	194,82	25,25	0,85	1,03	4,73	18,17	28,28	83,55	193,48	37,39	90,24	
KRUMLOV	265,89	35,03	1,20	1,41	7,39	54,64	133,89	78,52	111,36	39,46	51,63	
LA VICTORIA	186,95	24,38	0,82	0,99	5,98	94,65	129,90	132,94	181,68	115,88	119,69	
PEGASSO	131,18	17,39	0,56	0,69	4,06	24,97	39,25	44,24	64,02	33,24	49,52	
SANTA LUCIA	397,82	56,24	1,85	2,10	12,13	75,75	110,09	86,29	121,69	51,86	88,86	
VIDAL	185,67	19,64	0,81	0,98	4,03	22,27	38,08	27,48	51,47	14,65	29,56	
n	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Media (x̄)	197,93	25,76	0,88	1,05	5,29	55,91	84,45	74,51	116,87	50,61	93,74	
Desviación Estandar(S)	92,41	13,39	0,44	0,49	3,18	37,74	51,50	40,90	59,98	32,02	68,22	
Desviación Estandar Relativa	47%	52%	51%	47%	60%	68%	61%	55%	51%	63%	73%	
Varianza (S <sup>2</sup> )	8539,06	179,39	0,20	0,24	10,14	1424,30	2652,33	1672,46	3597,34	1025,25	4654,03	
Alpha (α)	0,05					0,05						
Intervalo de Confianza. T STUDENT	VALOR	71,03	10,30	0,34	0,38	2,45	29,01	39,59	31,44	46,10	24,61	52,44
	MAX	268,96	36,05	1,22	1,42	7,74	84,92	124,04	105,94	162,97	75,22	146,18
	MIN	126,90	15,46	0,53	0,67	2,84	26,90	44,86	43,07	70,77	26,00	41,30

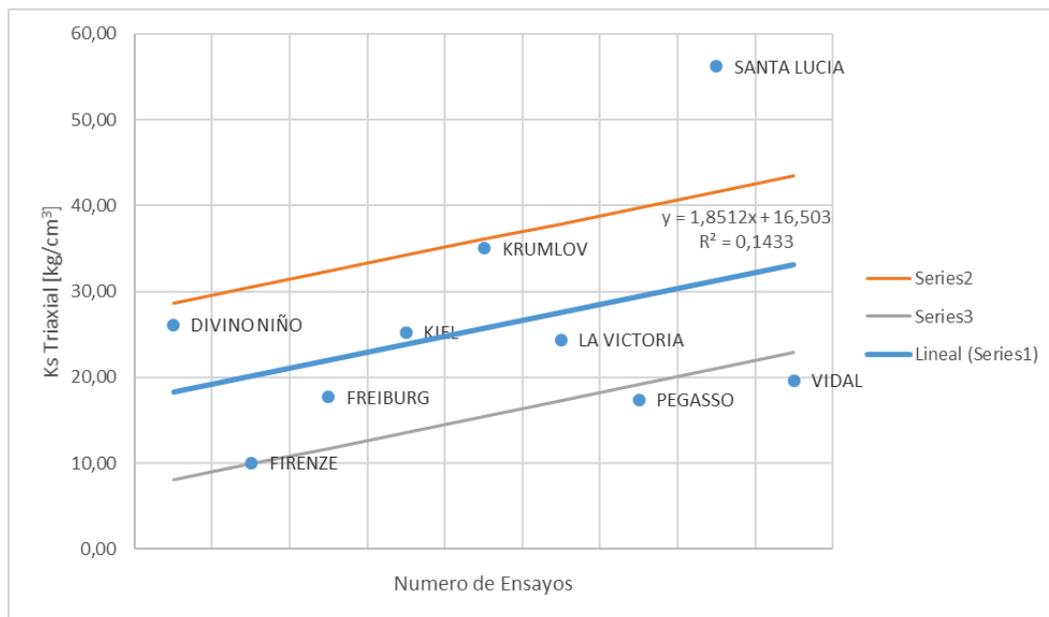
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

TABLA 4.20 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ( $\alpha = 0,05$ ) - (CINCO ENSAYOS)

SITIOS	VARIABLES "X"			VARIABLES "Y"							
	ks (VASCONEZ) [kg/cm <sup>2</sup> ]			SITIOS	Ks (Gato Plano) [kg/cm <sup>2</sup> ]						
	Placa 60 cm	Placa 30cm	Base 150 cm		Dirección Z		Dirección Y				
					1:1'	2:2'	1	2	1'	2'	
Escuela Politécnica Nacional	17,4	24	4,8	EPN	10,36	14,71	51,58	63,62	34,05	38,49	
Parque Julio Andrade	4,8	4,8	1,0	KRUMLOV	54,64	133,89	78,52	111,36	39,46	51,63	
Hospital Vozandes	10,8	9,6	1,9	FIRENZE	116,23	140,66	52,17	144,26	47,43	145,81	
Sector de Monteserrín	20,4	40	8,0	SANTA LUCIA	75,75	110,09	86,29	121,69	51,86	88,86	
Hotel Marriot	11,2	22	4,4	FREIBURG	14,85	19,34	28,07	22,69	26,70	27,65	
n	5	5	5	n	5	5	5	5	5	5	
Media (x̄)	12,92	20,08	4,02	Media (x̄)	54,37	83,74	59,32	92,72	39,90	70,49	
Desviación Estandar(S)	6,11	13,78	2,76	Desviación Estandar(S)	44,11	61,97	23,36	48,98	10,10	48,02	
Desviación Estandar Relativa	47%	69%	69%	Desviación Estandar Relativa	81%	74%	39%	53%	25%	68%	
Varianza (S <sup>2</sup> )	37,35	189,79	7,59	Varianza (S <sup>2</sup> )	1945,68	3840,23	545,89	2398,69	102,06	2306,21	
Alpha (α)	0,05			Alpha (α)	0,05						
Intervalo de Confianza. T STUDENT	VALOR	7,59	17,11	3,42	VALOR	54,77	76,95	29,01	60,81	12,54	59,63
	MAX	20,51	37,19	7,44	MAX	109,14	160,68	88,33	153,53	52,44	130,12
	MIN	5,33	2,97	0,59	MIN	-0,40	6,79	30,31	31,91	27,36	10,86

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.56 EJEMPO DEL RANGO DE CONFIANZA ( $\alpha = 0,05$ )**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

De manera similar que en el anterior rango de confianza las tablas 4.19, 4.20 y el Gráfico 4.56, exponen que los valores dentro y fuera del rango de confianza  $\alpha=0.05$ , no coinciden para las variables “x” y “y”.

TABLA 4.21 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ( $\alpha = 0,01$ ) - (NUEVE ENSAYOS)

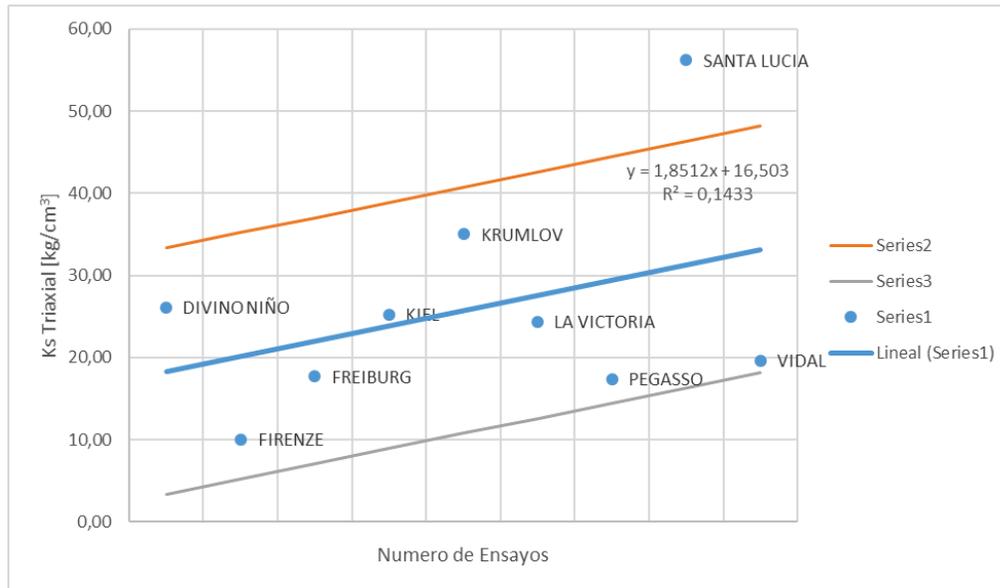
SITIOS	VARIABLES "X"					VARIABLES "Y"						
	Es (Triaxial) [kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks (Triaxial) [kg/cm <sup>3</sup> ]	Ks (VESIC) [kg/cm <sup>3</sup> ]	Ks (BOWLES) [kg/cm <sup>3</sup> ]	qa [kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks (Gato Plano) [kg/cm <sup>3</sup> ]						
						Dirección Z		Dirección Y				
						1:1'	2:2'	1	2	1'	2'	
DIVINO NIÑO	203,94	26,11	0,90	1,08	5,80	81,63	120,56	137,32	161,19	88,88	240,70	
FIRENZE	71,31	10,08	0,29	0,38	1,23	116,23	140,66	52,17	144,26	47,43	145,81	
FREIBURG	143,76	17,71	0,61	0,76	2,25	14,85	19,34	28,07	22,69	26,70	27,65	
KIEL	194,82	25,25	0,85	1,03	4,73	18,17	28,28	83,55	193,48	37,39	90,24	
KRUMLOV	265,89	35,03	1,20	1,41	7,39	54,64	133,89	78,52	111,36	39,46	51,63	
LA VICTORIA	186,95	24,38	0,82	0,99	5,98	94,65	129,90	132,94	181,68	115,88	119,69	
PEGASSO	131,18	17,39	0,56	0,69	4,06	24,97	39,25	44,24	64,02	33,24	49,52	
SANTA LUCIA	397,82	56,24	1,85	2,10	12,13	75,75	110,09	86,29	121,69	51,86	88,86	
VIDAL	185,67	19,64	0,81	0,98	4,03	22,27	38,08	27,48	51,47	14,65	29,56	
n	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Media (x)	197,93	25,76	0,88	1,05	5,29	55,91	84,45	74,51	116,87	50,61	93,74	
Desviación Estandar(S)	92,41	13,39	0,44	0,49	3,18	37,74	51,50	40,90	59,98	32,02	68,22	
Desviación Estandar Relativa	47%	52%	51%	47%	60%	68%	61%	55%	51%	63%	73%	
Varianza (S <sup>2</sup> )	8539,06	179,39	0,20	0,24	10,14	1424,30	2652,33	1672,46	3597,34	1025,25	4654,03	
Alpha ( $\alpha$ )	0,01					0,01						
Intervalo de Confianza. T STUDENT	VALOR	103,35	14,98	0,50	0,55	3,56	42,21	57,60	45,74	67,08	35,81	76,30
	MAX	301,28	40,74	1,37	1,59	8,85	98,12	142,05	120,25	183,95	86,42	170,04
	MIN	94,57	10,78	0,38	0,50	1,73	13,70	26,85	28,77	49,79	14,80	17,44

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

TABLA 4.22 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ( $\alpha = 0,01$ ) - (CINCO ENSAYOS)

SITIOS	VARIABLES "X"			SITIOS	VARIABLES "Y"						
	ks (VASCONEZ) [kg/cm <sup>3</sup> ]				Ks (Gato Plano) [kg/cm <sup>3</sup> ]						
	Placa 60 cm	Placa 30cm	Base 150 cm		Dirección Z		Dirección Y				
				1:1'	2:2'	1	2	1'	2'		
Escuela Politécnica Nacional	17,4	24	4,8	EPN	10,36	14,71	51,58	63,62	34,05	38,49	
Parque Julio Andrade	4,8	4,8	1,0	KRUMLOV	54,64	133,89	78,52	111,36	39,46	51,63	
Hospital Vozandes	10,8	9,6	1,9	FIRENZE	116,23	140,66	52,17	144,26	47,43	145,81	
Sector de Monteserrín	20,4	40	8,0	SANTA LUCIA	75,75	110,09	86,29	121,69	51,86	88,86	
Hotel Marriot	11,2	22	4,4	FREIBURG	14,85	19,34	28,07	22,69	26,70	27,65	
n	5	5	5	n	5	5	5	5	5	5	
Media (x)	12,92	20,08	4,02	Media (x)	54,37	83,74	59,32	92,72	39,90	70,49	
Desviación Estandar(S)	6,11	13,78	2,76	Desviación Estandar(S)	44,11	61,97	23,36	48,98	10,10	48,02	
Desviación Estandar Relativa	47%	69%	69%	Desviación Estandar Relativa	81%	74%	39%	53%	25%	68%	
Varianza (S <sup>2</sup> )	37,35	189,79	7,59	Varianza (S <sup>2</sup> )	1945,68	3840,23	545,89	2398,69	102,06	2306,21	
Alpha ( $\alpha$ )	0,01			Alpha ( $\alpha$ )	0,01						
Intervalo de Confianza. T STUDENT	VALOR	12,58	28,37	5,67	VALOR	90,82	127,60	48,11	100,84	20,80	98,88
	MAX	25,50	48,45	9,69	MAX	145,19	211,34	107,43	193,57	60,70	169,37
	MIN	0,34	-8,29	-1,66	MIN	-36,46	-43,86	11,22	-8,12	19,10	-28,39

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

**GRÁFICO 4.57 EJEMPLO DEL RANGO DE CONFIANZA ( $\alpha = 0,01$ )**

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

Semejante a lo expuesto en los rangos de confianza anteriores la Tabla 4.21, 4.22 y el Gráfico 4.57, exponen que los valores dentro y fuera del rango de confianza  $\alpha=0.01$ , no coinciden para las variables “x” y “y”. Por lo contrario, la Tabla 4.22 no presenta valores fuera del rango de confianza.

#### 4.4.RESULTADOS

Esta sección tiene como objetivo encontrar y proponer una correlación conveniente y útil para la ingeniería de suelos, en caso de haberla, entre el módulo de reacción  $K_s$  obtenido por medio del ensayo de Gato Plano en las direcciones Y y Z y los diferentes valores obtenidos por los métodos analizados, es decir:

- Capacidad de Carga admisible de Karl Terzaghi ( $q_a$ ).
- Módulo de Elasticidad del Suelo del Ensayo Triaxial
- Módulo de Reacción de la Subrasante del Ensayo Triaxial
- Módulo de Reacción de la Subrasante usando el método de Aleksander Vesic

- Módulo de Reacción de la Subrasante según Joseph Bowles
- Módulo de Reacción de la Subrasante a través de Placa de Carga

#### 4.4.1. VALORES DE CORRELACIÓN

Los valores presentados más adelante en la Tabla 4.15 son los valores de correlación compilados de las gráficas presentadas en la sección 4.3 que involucran al Módulo de Reacción de la Subrasante determinado en base al ensayo propuesto con diferentes fórmulas de Módulos de Reacción de Subrasante, Capacidad de Carga y Módulos de Elasticidad existentes en la bibliografía.

La Tabla 4.15 tiene como objetivo resumir el valor de  $R^2$ , de todas las gráficas de correlación, con el fin de discernir las mejores correspondencias, para que a partir de esos valores de  $R^2$ , se pueda determinar una posible ecuación en función de la pendiente de dichas gráficas.

**TABLA 4.23 VALORES DE CORRELACIÓN EN BASE AL MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE DEL ENSAYO DEL GATO PLANO EN LAS DIRECCIONES Y Y Z**

VALORES DE CORRELACIÓN - $R^2$									
DIRECCIÓN	PUNTOS	qa (Capacidad de Carga)	Es (Triaxial)	Ks (Triaxial)	Ks Vesic	Ks Bowles	Ks Placa de Carga		
							ks (30)	ks (60)	ks (B=1,5 m)
Z	1;1'	0,379	0,368	0,348	0,41	0,368	0,749	0,381	0,749
	2;2'	0,204	0,201	0,192	0,246	0,201	1,075	0,707	1,075
Y	1	0,085	0,103	0,14	0,172	0,103	1,747	0,935	1,747
	2	0,599	0,489	0,528	0,58	0,489	1,563	0,748	1,563
	1'	0,299	0,332	0,358	0,396	0,332	4,489	2,003	4,489
	2'	0,447	0,398	0,418	0,449	0,398	0,922	0,347	0,922

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

En general no se tiene buenas correlaciones en ninguno de los métodos, con los que se comparó al Ks Gato Plano, sin embargo, se observa valores aceptables de  $R^2$  de Ks (30 cm) al igual que de Ks (B=1,5 m), específicamente dentro de los Ks

(30 cm) se destacan valores de R2 de los dos puntos de control de la dirección Z (0.749, 1.075), y el punto de control 2' de la dirección Y con un valor de 0.922.

Consecuentemente se toma para la propuesta del cálculo las siguientes correlaciones:

- Ks (30 cm) - Dirección Z - Punto de Control 1:1'
- Ks (30 cm) - Dirección Z - Punto de Control 2:2'
- Ks (30 cm) - Dirección Y - Punto de Control 2'

#### 4.4.2. PROPUESTA PARA EL CÁLCULO DEL MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE

En la sección anterior se determinó los datos de correlación, con los cuales se plantearía la propuesta de cálculo del Módulo de Reacción de la Subrasante, consecuentemente se presenta la Tabla 4.24, que presenta los valores de las pendientes de las gráficas de dichas correlaciones.

**TABLA 4.24 VALORES DE PENDIENTE (m) Y (1/m)**

PROPUESTA			
Ks (30 cm)			
DIRECCIÓN	PUNTOS	m (pendiente)	1/m
Z	1;1'	1,7957	0,557
	2;2'	2,5855	0,387
Y	2'	2,4265	0,412

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

A partir de los valores expresados en la Tabla 4.24, la propuesta se puede expresar de dos posibles maneras.

$$\mathbf{a) Ks_{GP} = m * Ks_{30cm}} \quad \mathbf{(Ec. 4.3)}$$

$$\mathbf{b) Ks_{30cm} = 1/m * Ks_{GP}} \quad \mathbf{(Ec. 4.4)}$$

Donde al valor de [1/m] se lo denominará **Constante de Correlación GP**

#### 4.4.2.1.Dirección Y

La expresión matemática que se plantea como resultado de esta investigación en la dirección Y es la siguiente:

$$K_{S_{30\text{ cm}}} = 0.412 * K_{S_{GP}} \quad (\text{Ec. 4.5})$$

Donde:

$K_{S_{30\text{ cm}}}$  = Coeficiente de Balasto para un ancho de cimentación  $B=30$  cm en [Kg/cm<sup>3</sup>]

$K_{S_{GP}}$  = Coeficiente de Balasto calculado mediante el ensayo de Gato Plano en [Kg/cm<sup>3</sup>]

#### 4.4.2.2.Dirección Z

La expresión matemática que se plantea como resultado de esta investigación en la dirección Y es la siguiente:

- Para los puntos de control a 10 cm de la ranura

$$K_{S_{30\text{ cm}}} = 0.557 * K_{S_{GP}} \quad (\text{Ec. 4.6})$$

- Para los puntos de control a 20 cm de la ranura

$$K_{S_{30\text{ cm}}} = 0.387 * K_{S_{GP}} \quad (\text{Ec. 4.7})$$

Donde:

$K_{S_{30\text{ cm}}}$  = Coeficiente de Balasto para un ancho de cimentación  $B=30$  cm en [Kg/cm<sup>3</sup>]

$K_{S_{GP}}$  = Coeficiente de Balasto calculado mediante el ensayo de Gato Plano en [Kg/cm<sup>3</sup>]

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- En general la tentativa de una buena correlación entre el Ensayo de Gato Plano y las propuestas teóricas planteadas por Vesic, Bowles, Ensayo Triaxial y Capacidad de Carga no fue la esperada; debido a que los valores de  $R^2$  para las cuatro propuestas mencionadas no superaron un valor de 0.599, sin embargo, pese a los bajos valores de correlación se tiene valores aceptables de  $R^2$  al correlacionar el  $K_s$  Gato Plano con  $K_s$  Placa de Carga, resultando valores de  $R^2$  de 0,922 y 0,749, consecuentemente se concluye no descartar por completo el Ensayo de Gato Plano, para la correlación con Placa de Carga.
- Las ecuaciones 2.2, 2.3 y 2.9 correspondientes a Vesic, Bowles y capacidad de carga respectivamente, consideran dentro de sus fórmulas, parámetros de la cimentación y del suelo; la cimentación al ser tomada como una constante para los suelos analizados, deja a las variables de la subrasante ( $E_{s\text{suelo}}$ ,  $\phi$ , cohesión), como determinantes para los valores de correlaciones. Debido a que estas variables son determinadas por el ensayo triaxial, se concluye que la correcta ejecución del ensayo y consiguientemente la correlación de  $K_s$  Gato Plano con los resultados del Ensayo Triaxial serán determinantes para las correlaciones de Vesic, Bowles y Capacidad de Carga, conclusión que se ve enmarcada en la Tabla 4.15 en la cual se aprecia que los valores de  $R^2$  con  $E_s$  triaxial son muy similares a los valores de  $R^2$  correspondientes a Vesic, Bowles y Capacidad de Carga.

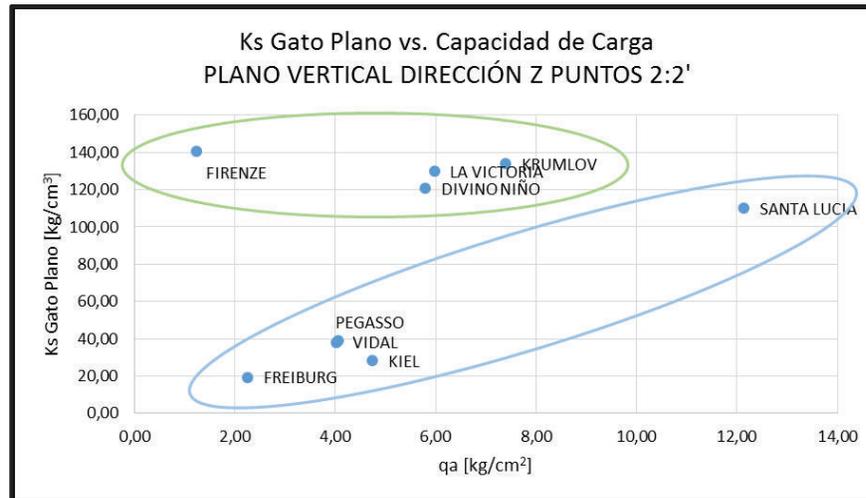
- En base a la Tabla 4.15, se determina que los mejores valores de correlación con respecto a  $K_s$  Gato Plano, son los determinados por  $K_s$  Placa de Carga 30 cm, y consiguientemente en base a la Tabla 4.16 se plantea la siguiente propuesta:

- $K_s = 0.557 K_{SGP} \text{ [kg/cm}^3\text{]}$  (Dirección Z, Punto de Control a 10 cm de la ranura)
- $K_s = 0.387 K_{SGP} \text{ [kg/cm}^3\text{]}$  (Dirección Z, Punto de Control a 20 cm de la ranura)
- $K_s = 0.412 K_{SGP} \text{ [kg/cm}^3\text{]}$  (Dirección Y, Punto de Control a 20 cm de la ranura)

Cabe recalcar que las fórmulas propuestas son para suelos limosos y arcillosos, y posterior a determinar el valor de  $K_s$  30cm se debe utilizar la ecuación 4.2 para transformar dicho valor a un Módulo de Reacción de la Subrasante deseado en función del ancho de cimentación requerido.

- Al observar los Gráficos presentados en el Capítulo 4, correspondientes al análisis de datos, se puede visualizar que en general, existen dos grupos de sitios que se comportan de manera distinta (Figura 5.1), el primer grupo formado por los sitios (La Victoria – Divino Niño - Firenze – Krumlov), y el segundo grupo conformado por los sitios (Freiburg – Pegasso – Vidal – Kiel – Santa Lucía)

**FIGURA 5.1. DISCRIMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA MUESTRA DE DATOS**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma.

- Desde la Tabla 4.17 a la Tabla 4.22, se revela que la desviación estándar y la desviación estándar relativa presentan valores muy elevados, por lo cual se concluye que las series de datos no tienen un comportamiento homogéneo, sino más bien son muestras heterogéneas, determinando así que en Quito los suelos no tienen un comportamiento estándar, sino más bien muestran características distintas entre un sitio y otro.
- A partir de la Tabla 4.17 a la Tabla 4.22, se exponen los valores que están dentro y fuera de cada rango de confianza, observándose así que los valores que se excluyen de la variable "x" no son los mismos que se excluyen de la variable "y"; por lo tanto se concluye que eliminar un valor de una variable u otra para obtener un valor de correlación ( $R^2$ ) mayor no es conveniente, ya que en la ejecución de los diferentes ensayos de campo y laboratorio intervinieron un sin número de parámetros (operador, condiciones ambientales, profundidad de ensayo, extracción de la muestra, equipo, etc) que deben ser calibrados y acondicionados para tener reproducibilidad y repetibilidad logrando confiabilidad de los resultados.

- La calibración y metodología del ensayo son aspectos de suma importancia, ya que permiten que el Ensayo del Gato Plano sea reproducible en el tiempo; con esta premisa se concluye que el equipo debe ser calibrado después de cada tres ensayos y metodológicamente en el caso del ensayo en la Dirección Z se debe usar solo un punto de control a cada lado de la ranura ubicado a 20 cm de la ranura y un punto fijo a 45 cm, esto debido que a 20 cm se tiene ya una completa influencia del Gato Plano; y en el caso de la Dirección Y, usar solo los puntos de control y fijos debajo de la ranura ya que los datos proporcionados por el bloque superior presentaron mucha incertidumbre, debido a la descompresión vertical y la presión del peso propio de suelo sobre la ranura.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda una mayor recopilación de datos, ejecutando ensayos de Placa de Carga conjuntamente con los Ensayos de Gato Plano, para obtener una mayor cantidad de muestra, para ratificar o descartar la propuesta.
- El sistema de medida para las deformaciones fue el micrómetro tubular, el cual está sujeto a la apreciación del operador, por lo cual se exhorta a buscar una diferente manera de medida como por ejemplo distanciómetros láser, o deformímetros. Asimismo, se podría utilizar otro tipo de pines, en el caso de continuar utilizando el micrómetro disponible, para que permitan una mejor colocación del instrumento de medida de deformaciones.
- Basándose en la norma ASTM C1196 – 14a donde menciona que la forma del Gato Plano podría cambiarse, se recomienda que la forma sea rectangular y no de forma de segmento circular para facilitar la realización de la ranura.

- Para complementar la investigación realizada, se propone ejecutar algunos ensayos para determinar la morfología y la caracterización mineralógica de los suelos en estudio mediante el empleo del microscopio electrónico de barrido y espectrómetro de infrarrojo, de manera que permita discriminar a los dos grupos de datos marcados, no solamente a partir de las propiedades índice ya conocidas sino también de otros parámetros no incluidos en este estudio; para lograr una mejor discriminación en los resultados.
- Para futuras investigaciones complementarias en el tema, se recomienda realizar la segunda fase del ensayo de Gato Plano planteada en la norma “ASTM C1197-14 a (2014): Standard Test Method for In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flatjack Method”, en la cual se emplean dos gatos planos con el objetivo de estimar las características de deformabilidad del material existente entre los dos gatos planos mencionados y, si la capacidad de éstos lo permite, su resistencia mecánica a compresión en condiciones naturales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arenas, L. (2007). *Sistema de Cimentación en Placa-Pilote. Análisis de Interacción Suelos Estructura para Suelos del Valle de Aburrá*. Medellín: Tesis Universidad Nacional de Colombia.
2. ASTM INTERNATIONAL . (2011). ASTM D 2487-11 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
3. ASTM INTERNATIONAL. (2011). ASTM D 1586 Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils.
4. ASTM INTERNATIONAL. (2014). ASTM C1196-14a Standard Test Method for In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements.
5. ASTM INTERNATIONAL. (2014). ASTM C1197-04: “Standard test method for in situ measurement of masonry deformability properties using the flatjack Method.
6. ASTM INTERNATIONAL. (2015). ASTM D1195 Standard Test Method for Repetitive Static Plate Load Tests of Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements.
7. ASTM INTERNATIONAL. (2015). ASTM D2850 Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.
8. Bowles, J. (1982). *Foundation Analysis and Design*. New York: McGraw-Hill Book Co.

9. Buitrón, E. (2017). *Estudio Experimental del Módulo de Reacción de la Subrasante mediante el Ensayo de Gato Plano en el Plano Horizontal*. Quito: Tesis EPN.
10. Canchanya, F., Vicente, C., Pancorbo, A., & Baldeón, I. (2012). *SLIDESHARE*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/IfrankllderllngCIVIL/monografia-de-geotecnia-y-cimientos>
11. Carmona, J. (2014). *Estudio de Resultados Ensayo de Penetración Estándar (SPT) para el Factor de Correlación (Cn) y el ángulo de Fricción (phi) del Suelo usando diferentes Tipos de Correlaciones*. Bogotá: Tesis Universidad Católica de Colombia.
12. Das, B. (1999). *Principio de Ingeniería de Cimentaciones* (Cuarta ed.). Sacramento: International Thomson Editores.
13. Das, B. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (Cuarta ed.). México: CENGAGE Learning.
14. Estrada, J. (2012). *Ensayo Triaxial*. Cagua: Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria.
15. Gaibor, A., & Guano, M. (2012). *Resistencia de la cangahua en función de su composición mineralógica y contenido de humedad en dos sectores de Quito: Sur y Norte*. Quito: Tesis UPS.
16. Guerrón, A., & Tacuri, L. (2012). *Análisis de la influencia del porcentaje de finos en la capacidad de carga admisible de la cangahua en la ciudad de Quito, Ecuador*. Quito: Tesis EPN.
17. León, J. (2011). *Interacción Estática Suelo-Estructura Análisis con el Método de Elementos Finitos*. Cuenca: Tesis Universidad Politécnica Salesiana.

18. Manual de Laboratorio. (s.f). En *Determinación del Módulo de Reacción (Placa de Carga)*. Universidad Católica de Valparaíso. Obtenido de [http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/placa\\_de\\_carga.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/placa_de_carga.pdf)
19. NEC. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción.
20. Ruiz, J. (2010). *Diseño, Construcción y Prueba de un Equipo para la Ejecución del Ensayo de Carga Estático Axial con Placa en Excavaciones para Cimentaciones Profundas*. Medellín: Tesis Universidad Nacional de Colombia.
21. Santamarina, C., & Narsilio, G. (2008). Clasificación de suelos: fundamento físico, prácticas actuales y recomendaciones. Obtenido de <http://pmrl.ce.gatech.edu/presentations/Paper%20-%20Venezuela%202008.pdf>
22. Santana, A. (2010). *Modelo Winkler para el Análisis de la Respuesta Dinámica de Estructuras Enterradas*. Las Palmas de Gran Canaria: Trabajo Fin de Máster.
23. Sauer, W. (1965). *Geología del Ecuador*. Quito: Ed. del Ministerio de Educación.
24. Schmertmann, J. (1970). *Static cone to compute static settlement over sand*. ASCE.
25. Soriano, C. (2009). Aspectos generales sobre el ensayo de penetración estándar SPT.
26. Terzaghi, K. (1955). *Evaluation of Coefficients of Subgrade Reaction*.
27. Terzaghi, K., & Peck, R. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York.

28. Torres, J. (1990). *Estudio de la respuesta dinámica de un perfil de subsuelo de la ciudad de Quito*. Quito: Tesis EPN.
29. Valverde, J., & Bonifaz, H. (1997). Propiedades Geotécnicas de las Cangahuas. *Memorias Técnicas-III Congreso Ecuatoriano de Mecánica de Suelos y Rocas*.
30. Valverde, J., Fernández, J., Jiménez, E., Vaca, T., & Alarcón, F. (1994). *Microzonificación Sísmica de los Suelos del Distrito Metropolitano de la Ciudad de Quito*. Quito.
31. Vásconez, R. (1997). *Determinación Cuantitativa del Módulo de Reacción de la Subrasante*. Quito: Tesis EPN.
32. Vera, R., & López, R. (1986). El Origen de la Cangahua. *Revista Paisajes Geográficos*(16).
33. Vesic, A. (1971). Beams on Elastic Subgrade and the Winkler's Hypothesis. *5th International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering*. París.
34. Villegas, L., Lombillo, I., Agudo, E., & GTED-UC. (2007). *Evaluación No Destructiva del Patrimonio Construido: Técnicas Basadas en Aspectos Tensionales*. Portugal.
35. Winkler, E. (1867). *Die Lehre von Elastizität und Festigkeit (Sobre Elasticidad y Resistencia)*. Praga.

## **ANEXOS**

**Anexo N° 1**

**Ensayos de Laboratorio**

# A.1. ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

## A.1.1 PEGASSO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF No. 17 - 0115 Quito, 7 de marzo de 2017

Hoja 01 de 08

**SOLICITA:** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención:** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección:** Pasaje N13A E7-33 E Iquique

**PROYECTO:** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"

**CONTRATISTA:** \*\*\*  
**FISCALIZADOR:** \*\*\*  
**MUESTRA:** 1  
**UBICACIÓN:** Pegasso-Dirección Y **PROFUNDIDAD:** \*\*\*  
**NORMA:** ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 150.00	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	8.01	6.3	6.3	93.7
No. 10	2.000	16.08	12.7	19.0	81.0
No. 20	0.850	11.96	9.4	28.4	71.6
No. 40	0.425	2.05	1.6	30.1	69.9
No. 200	0.075	54.00	42.6	72.7	27.3
PASA 200	-	34.66	27.3	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		126.76			

LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
U	34	19.79	16.77	5.41	26.58
Z	18	21.14	17.21	5.39	33.25
HE	24	18.19	15.20	5.30	30.20

LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	8	8.03	7.42	5.30	28.77
2	18	8.00	7.41	5.32	28.23

CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 699 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	24	70.78	61.30	9.77	18.40
2	LS1413	59.84	52.19	10.29	18.26

RESÚMEN DE RESULTADOS					
W =	18	%	LP =	29	%
LL =	30	%	IP =	1	%

<b>CLASIFICACIÓN SUCS:</b>	<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
----------------------------	-----------	------------------------------------------

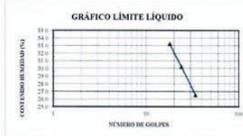
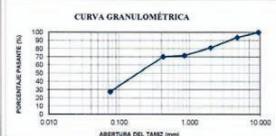


GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO



CURVA GRANULOMÉTRICA



Ing. Mercedes Villacis  
JEFE DE LABORATORIO



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CLA017-006-T

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine. Ofic. M15 email: lab@epn.edu.ec / lab@epn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

#### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF No. 17-0115

Quito, 7 de marzo de 2017

Hoja 02 de 08

SOLICITA: KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON

Atención: Karina Lizette Campiño Llerena

Dirección: Pasaje N13A E7-33 E Iquique

PROYECTO: "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"

CONTRATISTA: \*\*\*

FISCALIZADOR: \*\*\*

MUESTRA: 2

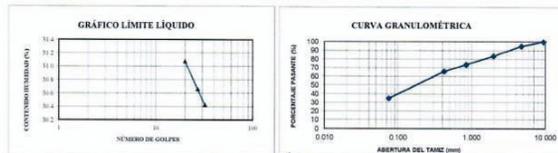
UBICACIÓN: Pegasus-Dirección Z

PROFUNDIDAD: \*\*\*

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421			ASTM D 422		PESO INICIAL: 150.00
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	6.24	5.1	5.1	94.9
No. 10	2.000	13.90	11.4	16.6	83.4
No. 20	0.850	12.08	9.9	26.5	73.5
No. 40	0.425	9.65	7.9	34.4	65.6
No. 200	0.075	37.40	30.7	65.2	34.8
PASA 200	-	42.36	34.8	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		121.63			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
AQ	32	19.25	15.95	5.11	30.43
AC	27	17.42	14.58	5.33	30.67
13	20	18.32	15.19	5.12	31.08
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	I	6.92	6.65	5.32	20.08
2	19	7.80	7.39	5.41	20.36
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	622	57.08	48.18	9.59	23.11
2	49	53.51	45.30	9.95	23.53
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	23	%	LP =	20	%
LL =	31	%	IP =	11	%

CLASIFICACIÓN SUCS:	<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
---------------------	-----------	-------------------------------------------



Ing. Mercedes Villacis  
JEFE DE LABORATORIO

CLA017-006-T



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratorio@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

#### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 17 - 0115

Quito, 7 de marzo de 2017

Hoja 03 de 08

SOLICITA: KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON

Atención: Karina Lizette Campiño Llerena

Dirección: Pasaje N13A E7-33 E Iquique

PROYECTO: "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"

CONTRATISTA: \*\*\*

FISCALIZADOR: \*\*\*

MUESTRA: 3

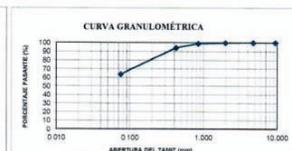
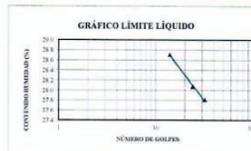
UBICACIÓN: Pegasso-Dirección X

PROFUNDIDAD: \*\*\*

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 150,00	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9,5	0,00	0,0	0,0	100,0
No. 4	4,750	0,00	0,0	0,0	100,0
No. 10	2,000	0,12	0,1	0,1	99,9
No. 20	0,850	1,27	1,0	1,1	98,9
No. 40	0,425	6,00	4,9	6,0	94,0
No. 200	0,075	37,39	30,3	36,3	63,7
PASA 200	—	78,75	63,7	100,0	0,0
<b>TOTAL</b>		123,63			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
3	32	20,77	17,41	5,32	27,81
15	14	19,36	16,27	5,51	28,71
K	24	19,89	16,71	5,38	28,08
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	11	8,95	8,25	5,47	25,09
2	BK	8,04	7,50	5,33	24,97
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	LS39	44,64	38,56	9,78	21,01
2	JBR	51,15	43,75	9,89	21,86
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	21	%	LP =	25	%
LL =	28	%	IP =	3	%

CLASIFICACIÓN SUCS:	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
---------------------	-----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Ing. Mercedes Villacis  
 JEFE DE LABORATORIO



CLA017-006-T

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofc. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

A.1.2 VIDAL

**ECUASUELOS21**  
HORMIGONES · SUELOS · ASFALTOS · INYECCIONES · ANCLAJES

<p><b>PROYECTO :</b> RESIDENCIA "VIDAL - AVILA"</p> <p><b>OBRA :</b> CIMENTACION</p> <p><b>UBICACION :</b> CALLE "B" - URBANIZACION DEL ARQUITECTO</p> <p><b>PERFOR. No. :</b> abr-15</p> <p><b>FECHA :</b> PB, MA, JS</p> <p><b>OPERADOR :</b></p>	<p><b>PROYECTO :</b> RESIDENCIA "VIDAL - AVILA"</p> <p><b>OBRA :</b> CIMENTACION</p> <p><b>UBICACION :</b> CALLE "B" - URBANIZACION DEL ARQUITECTO</p> <p><b>PERFOR. No. :</b> abr-15</p> <p><b>FECHA :</b> PB, MA, JS</p> <p><b>OPERADOR :</b></p>	<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <p>Wn = Contenido de humedad                  Wl = Límite líquido                  Ip = Índice plástico</p>																																																																																																																																																																								
<p><b>PROYECTO :</b> RESIDENCIA "VIDAL - AVILA"</p> <p><b>OBRA :</b> CIMENTACION</p> <p><b>UBICACION :</b> CALLE "B" - URBANIZACION DEL ARQUITECTO</p> <p><b>PERFOR. No. :</b> abr-15</p> <p><b>FECHA :</b> PB, MA, JS</p> <p><b>OPERADOR :</b></p>	<p><b>Tipo, Olor, Color, Consistencia</b></p> <p>Limo arenoso, inorgánico, humedad media, color café claro, plasticidad baja a media, consistencia baja a media recuperacion en el tubo partido 100 %</p> <p>No se detecta presencia de agua de escurrimiento</p>	<p><b>Resumen Grafico del Estudio</b> (No. De Golpes)</p>																																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Profundidad (cm)</th> <th colspan="3">ENSAYOS DE LABORATORIO</th> </tr> <tr> <th colspan="2">GRANULOMETRIA (%)</th> <th>LIMITES</th> </tr> <tr> <th></th> <th>4</th> <th>10</th> <th>Wl (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>100</td> <td>94</td> <td>59</td> </tr> <tr> <td>3.0</td> <td></td> <td></td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Profundidad (cm)	ENSAYOS DE LABORATORIO			GRANULOMETRIA (%)		LIMITES		4	10	Wl (%)	0.0				0.5				1.0				1.5				2.0				2.5	100	94	59	3.0			32	3.5				4.0				4.5				5.0				5.5				6.0				6.5				7.0				7.5				8.0				8.5				9.0				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Profundidad (cm)</th> <th colspan="2">LIMITES</th> <th rowspan="2">SUCS</th> </tr> <tr> <th>Wl (%)</th> <th>Ip (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td></td> <td></td> <td>27.8 ML</td> </tr> <tr> <td>3.0</td> <td></td> <td></td> <td>27.8 ML</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td></td> <td></td> <td>27.8 ML</td> </tr> <tr> <td>4.0</td> <td></td> <td></td> <td>27.8 ML</td> </tr> <tr> <td>4.5</td> <td></td> <td></td> <td>27.8 ML</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td></td> <td></td> <td>27.8 ML</td> </tr> <tr> <td>5.5</td> <td></td> <td></td> <td>27.8 ML</td> </tr> <tr> <td>6.0</td> <td></td> <td></td> <td>28.2 ML</td> </tr> <tr> <td>6.5</td> <td></td> <td></td> <td>28.2 ML</td> </tr> <tr> <td>7.0</td> <td></td> <td></td> <td>28.2 ML</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td></td> <td></td> <td>28.2 ML</td> </tr> <tr> <td>8.0</td> <td></td> <td></td> <td>28.2 ML</td> </tr> <tr> <td>8.5</td> <td></td> <td></td> <td>28.2 ML</td> </tr> <tr> <td>9.0</td> <td></td> <td></td> <td>28.2 ML</td> </tr> </tbody> </table>	Profundidad (cm)	LIMITES		SUCS	Wl (%)	Ip (%)	0.0				0.5				1.0				1.5				2.0				2.5			27.8 ML	3.0			27.8 ML	3.5			27.8 ML	4.0			27.8 ML	4.5			27.8 ML	5.0			27.8 ML	5.5			27.8 ML	6.0			28.2 ML	6.5			28.2 ML	7.0			28.2 ML	7.5			28.2 ML	8.0			28.2 ML	8.5			28.2 ML	9.0			28.2 ML
Profundidad (cm)		ENSAYOS DE LABORATORIO																																																																																																																																																																								
	GRANULOMETRIA (%)		LIMITES																																																																																																																																																																							
	4	10	Wl (%)																																																																																																																																																																							
0.0																																																																																																																																																																										
0.5																																																																																																																																																																										
1.0																																																																																																																																																																										
1.5																																																																																																																																																																										
2.0																																																																																																																																																																										
2.5	100	94	59																																																																																																																																																																							
3.0			32																																																																																																																																																																							
3.5																																																																																																																																																																										
4.0																																																																																																																																																																										
4.5																																																																																																																																																																										
5.0																																																																																																																																																																										
5.5																																																																																																																																																																										
6.0																																																																																																																																																																										
6.5																																																																																																																																																																										
7.0																																																																																																																																																																										
7.5																																																																																																																																																																										
8.0																																																																																																																																																																										
8.5																																																																																																																																																																										
9.0																																																																																																																																																																										
Profundidad (cm)	LIMITES		SUCS																																																																																																																																																																							
	Wl (%)	Ip (%)																																																																																																																																																																								
0.0																																																																																																																																																																										
0.5																																																																																																																																																																										
1.0																																																																																																																																																																										
1.5																																																																																																																																																																										
2.0																																																																																																																																																																										
2.5			27.8 ML																																																																																																																																																																							
3.0			27.8 ML																																																																																																																																																																							
3.5			27.8 ML																																																																																																																																																																							
4.0			27.8 ML																																																																																																																																																																							
4.5			27.8 ML																																																																																																																																																																							
5.0			27.8 ML																																																																																																																																																																							
5.5			27.8 ML																																																																																																																																																																							
6.0			28.2 ML																																																																																																																																																																							
6.5			28.2 ML																																																																																																																																																																							
7.0			28.2 ML																																																																																																																																																																							
7.5			28.2 ML																																																																																																																																																																							
8.0			28.2 ML																																																																																																																																																																							
8.5			28.2 ML																																																																																																																																																																							
9.0			28.2 ML																																																																																																																																																																							

**PROYECTO:** RESIDENCIA "VIDAL - AVILA"  
**OBRA :** CIMENTACION  
**LOCALIZ. :** CALLE "B" - URBANIZACION DEL ARQUITECTO  
**PERF. :** -2-  
**PROF. :** 6,00 m

**FECHA :** ABRIL - 2015  
**OPERADOR:** PB, MA, JS

### CONTENIDO DE AGUA

PROFUNDIDAD		RECIPIENTE			MASA DEL RECIPIENTE		CONTENIDO DE AGUA	
		N°	MASA	SUELO HUMEDO	SUELO SECO	PARCIAL	PROMEDIO	
DESDE	HASTA							
m	m		g	g	g	%	%	
0,00	0,50	9	8,33	63,49	51,54	27,66	27,82	
		10	8,18	63,74	51,59	27,99		
0,5	1,00	9	8,33	63,49	51,54	27,66	27,82	
		10	8,18	63,74	51,59	27,99		
1,00	1,50	9	8,33	63,49	51,54	27,66	27,82	
		10	8,18	63,74	51,59	27,99		
1,50	2,00	9	8,33	63,49	51,54	27,66	27,82	
		10	8,18	63,74	51,59	27,99		
2,00	2,50	9	8,33	63,49	51,54	27,66	27,82	
		10	8,18	63,74	51,59	27,99		
2,50	3,00	11	8,11	70,28	56,59	28,24	28,15	
		12	8,16	70,56	56,89	28,05		
3,00	3,50	11	8,11	70,28	56,59	28,24	28,15	
		12	8,16	70,56	56,89	28,05		
3,50	4,00	11	8,11	70,28	56,59	28,24	28,15	
		12	8,16	70,56	56,89	28,05		
4,00	4,50	11	8,11	70,28	56,59	28,24	28,15	
		12	8,16	70,56	56,89	28,05		
4,50	5,00	11	8,11	70,28	56,59	28,24	28,15	
		12	8,16	70,56	56,89	28,05		
5,00	5,50	11	8,11	70,28	56,59	28,24	28,15	
		12	8,16	70,56	56,89	28,05		
5,50	6,00	11	8,11	70,28	56,59	28,24	28,15	
		12	8,16	70,56	56,89	28,05		
6,00	6,50							
6,50	7,00							

IVAN RUBIO GALVEZ INGENIERO CIVIL N. 52	PROYECTO: OBRA: LOCALIZ. PERF. N° PROFUND. FECHA	RESIDENCIA VIDAL - AVILA CIMENTACION CALLE "B" - URBANIZACION DEL ARQUITECTO -2- 1.00-1.50 m ABRIL 2015	MUESTRA N°: -3- OPERADOR: M.R.				
ESTUDIO DE LOS SUELOS R.F. 17 - 01 - 5489 Telefono: 3386-800							
<b>ENSAYOS DE CLASIFICACION</b> ASTM D422, D423-D434							
	SOLO PESO	PESO CAPSULA (g)	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)	CONT. DE AGUA (%)	RESULTADO (%)	
1.- CONTENIDO DE AGUA		8.33	63.65	51.54	27.66	27.6	
		8.16	63.74	51.55	27.99		
2.- LIMITE LIQUIDO	39	8.19	27.73	23.01	31.85	32.2	
	28	8.23	27.35	22.72	31.95		
	21	8.09	27.34	22.67	33.03		
	14	8.42	27.88	23.09	33.33		
3.- LIMITE PLASTICO		8.25	12.64	11.75	30.00	29.6	
		8.16	12.24	11.33	28.89		
		8.07	12.72	11.65	29.99		
<b>4.- GRANULOMETRIA</b>				<b>5.- CLASIFICACION</b>			
Masa del recipiente = 31.62 (g)		RET. PARC (%)		RET. ACUM (%)		PASAJE (%)	
Masa recip. + suelo hum. = 331.30 (g)		RET. PARC (%)		RET. ACUM (%)		PASAJE (%)	
Masa de suelo humedo = 298.66 (g)		RET. PARC (%)		RET. ACUM (%)		PASAJE (%)	
Masa de sobre seco = 234.45 (g)		RET. PARC (%)		RET. ACUM (%)		PASAJE (%)	
TAMIZ N°	PESO RETENIDO (g)	RET. PARC (%)	RET. ACUM (%)	PASAJE (%)			
3"	0	0.00	0.00	100	GRAVA =	0	%
1 1/2"	0	0.00	0.00	100	ARENA =	41	%
1"	0	0.00	0.00	100	FINDS =	59	%
3/4"	0	0.00	0.00	100	W <sub>L</sub> =	32.2	%
1/2"	0	0.00	0.00	100	W <sub>p</sub> =	29.6	%
3/8"	0.00	0.00	0.00	100	I <sub>p</sub> =	2.6	%
4	0.00	0.00	0.00	100	<b>CLASIFICACION</b>		
10	0.41	0.17	0.17	100	USCS =	ML	
40	13.01	5.55	5.72	94	AASHTO =	---	
200	82.14	35.04	40.76	59	IG (85) =	---	
					IG (40) =	---	

CONTENIDO DE AGUA (%)

GOLPES (LOG.)

## A.1.3 FREIBURG



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

#### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 17 - 0115

Quito, 7 de marzo de 2017

Hoja 04 de 08

SOLICITA: KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON

Atención: Karina Lizette Campiño Llerena

Dirección: Pasaje N13A E7-33 E Iquique

PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL

CONTRATISTA: \*\*\*

FISCALIZADOR: \*\*\*

MUESTRA: 1

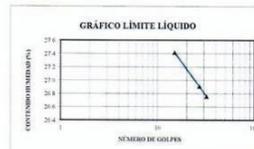
UBICACIÓN: Freiburg

PROFUNDIDAD: \*\*\*

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRIA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 150.00	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 10	2.000	0.20	0.2	0.2	99.8
No. 20	0.850	1.30	1.1	1.3	98.7
No. 40	0.425	2.50	2.1	3.3	96.7
No. 200	0.075	40.90	34.1	37.5	62.5
PASA 200	-	74.95	62.5	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>119.85</b>			
LIMITE LIQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
H	32	17.19	14.72	5.49	26.76
AJ	15	16.43	14.05	5.37	27.42
BF	27	19.88	16.82	5.45	26.91
LIMITE PLASTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LIMITE PLÁSTICO (%)
1	BH	8.17	7.63	5.29	23.08
2	AY	7.58	7.14	5.30	23.91
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	7	49.95	41.97	10.20	25.12
2	LP211	59.65	49.54	9.40	25.19
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	25	%	LP =	23	%
LL =	27	%	IP =	3	%

<b>CLASIFICACIÓN SUCS:</b>	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
----------------------------	-----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Ing. Mercedes Villacis  
JEFE DE LABORATORIO

CLA017-006-T



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratorioceipn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

A.1.4 SANTA LUCÍA

PROFUND. (m)	MUESTREO		DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO	TAMANO PARTICULAS #4 #40 #200	LÍMITES ATTERBERG		Y (mm <sup>3</sup> )	C (g/cm <sup>3</sup> )	SUCS	N de golpes
	ID.	TIPO			N	W %				
0.0										
1.0		R	15				1.8			
2.0	P6-2	R	15	100	96	70	23	18	5	1.8
3.0		R					1.8			
4.0	P6-4	R	13	100	85	54	29	21	9	1.8
5.0		R					1.8			
6.0	P6-6	R	14	100	84	58	21	18	3	1.8
7.0										
8.0										
9.0										
10.0										
11.0										
12.0										

LOG DE PERFORACION		PP-6	
OBRA:	CONJUNTO SANTA LUCÍA	MUESTREO:	2922.53 msnm
UBICACION:	SANTA LUCÍA	ALTERADO:	30/05/2016
PROF. SONDEO:	6.45 m	SHELBY:	31/05/2016
NIVEL FREÁTICO:	NO	BLOQUE:	
SIMBOLOGIA: Relleno: Grava, Arena, Arcilla, Limo, Turba		COTA DE LA BOCA: FECHA INICIO: FECHA TERMINO:	



**PROYECTO: CONJUNTO SANTA LUCÍA**UBICACION: CALLE DE LOS HELECHOS  
Y JOSÉ AMESABA

PERFORACION: PP - 6

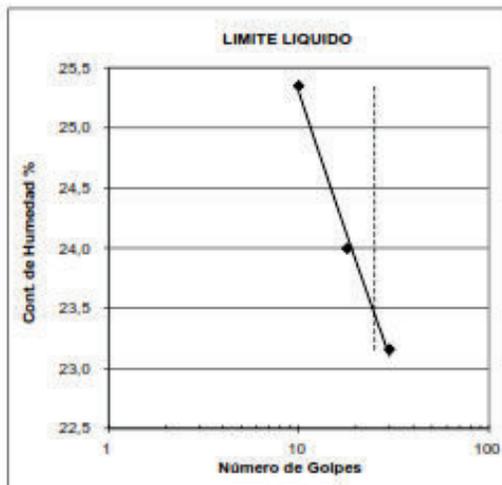
MUESTRA No: P6 - 2

PROF.(m): 2.00 - 2.45

FECHA: MAYO- 2016

**CLASIFICACION  
DE SUELOS**

	GOLPES	PESO HUMEDOC (gr)	PESO SECO (gr)	PESO TARA (gr)	CONT. DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO O VALOR
1. CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL		29,12	26,22	7,02	15,10	15,20
		24,95	22,53	6,70	15,29	
2. LIMITE LIQUIDO	30	23,89	21,19	9,53	23,16	23,46
	18	25,13	22,38	10,92	24,00	
	10	26,25	23,17	11,02	25,35	
3. LIMITE PLASTICO		12,82	12,05	7,85	18,33	18,02
		12,88	12,17	8,16	17,71	

**4. DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**

PESO INICIAL: (gr) 61,9

PESO PARA CALCULO: (gr) 53,73

TAMIZ No.	PESO RET ACUM (gr)	% RETENIDO	% PASA
1"	0,00	0	100
3/4"	0,00	0	100
1/2"	0,00	0	100
3/8"	0,00	0	100
No. 4	0,00	0	100
No. 10	0,00	0	100
No. 40	2,41	4	96
No. 200	16,00	30	70

**RESUMEN****5. TIPOS DE SUELO**

GRAVA	0
ARENA	30
FINOS	70

LL:	23,46
LP:	18,02
IP:	5,44

SUCS:	ML-CL
AASHTO:	
IG:	

A.1.5 FIRENZE

PROFUND. (m)	MUESTREO		SIMB.	DESCRIPCION DEL ESTRATO	TAMANO PARTICULAS		LIMITES ATTERBERG		γ (t/m³)	C (kN/cm²)	φ (°)	SUCS
	ID.	TIPO			N	W %	#4	#200				
0.0												
1.0	P1-1	☒	16	15	ARENA LIMOSA DE GRANO MEDIO FINO; COLOR CAFE OSCURO; HUMEDA; CON ESTRUCTURA MEDIA.	100	71	22	-	1.7		SM
2.0		☒	16						1.7			
3.0	P1-3	☒	16	23	ARENA LIMOSA DE GRANO MEDIO GRUESO; CON POCAS GRAVAS Y POMEZ; COLOR CAFE OSCURO; CON ESTRUCTURA MEDIA.	96	55	36	-	1.7		SM
4.0		☒	R		IDEM; SIN POMEZ; CON ESTRUCTURA DENSA.					1.8		
5.0	P1-5	☒	R	25	LIMO ARCILLO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD; COLOR CAFE OSCURO; HUMEDO; CON ESTRUCTURA DURA.	100	96	71	33	22	11	ML-CL
6.0		☒	R		IDEM; COLOR NEGRO.					1.8		
7.0	P1-7	☒	R	27	LIMO ARCILLO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD; COLOR CAFE OSCURO; HUMEDO; CON ESTRUCTURA MUY DURA.	100	96	70	34	23	11	ML-CL
8.0		☒	R		IDEM; COLOR CAFE; CON ESTRUCTURA DURA.					1.8		
9.0	P1-9	☒	R	29	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD; COLOR CAFE; HUMEDO; CON ESTRUCTURA MUY DURA.	100	89	62	28	24	4	ML
10.0		☒	R		IDEM; COLOR CAFE CLARO; CON POMEZ Y ESTRUCTURA MUY DURA.					1.8		
11.0	P1-11	☒	R	15	ARENA LIMOSA DE GRANO MEDIO GRUESO; CON GRAVAS Y POMEZ; COLOR CAFE CLARO; HUMEDA; CON ESTRUCTURA DENSA.	94	55	17	-	1.8		SM
12.0		☒	R		IDEM; CON ESTRUCTURA MUY DENSA.					1.8		

**LOG DE PERFORACION**

OBRA: EDIFICIO FIRENZE

UBICACION: GRANDA CENTENO Y FCO. CRUZ

PROF. SONDEO: 15.45 m

NIVEL FREATICO: NO

**PP-1**

MUESTREO:  ALTERADO  SHELBY  BLOQUE

COTA DE LA BOCA: 2893.5 msnm

FECHA INICIO: 12/05/2016

FECHA TERMINO: 12/05/2016

## A.1.6 DIVINO NIÑO



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

#### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 17 - 0115

Quito, 7 de marzo de 2017

Hoja 06 de 08

SOLICITA: KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON

Atención: Karina Lizette Campiño Llerena

Dirección: Pasaje N13A E7-33 E Iquique

PROYECTO: "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"

CONTRATISTA: \*\*\*

FISCALIZADOR: \*\*\*

MUESTRA: 1

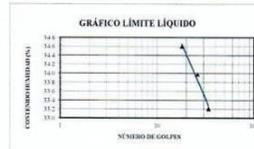
UBICACIÓN: Divino Niño

PROFUNDIDAD: \*\*\*

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 150.00	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 10	2.000	1.50	1.3	1.3	98.7
No. 20	0.850	1.90	1.6	2.9	97.1
No. 40	0.425	2.10	1.8	4.6	95.4
No. 200	0.075	48.20	40.4	45.1	54.9
PASA 200	-	65.50	54.9	100.0	0.0
TOTAL		119.20			
LIMITE LIQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
Bl	34	16.06	13.36	5.23	33.21
13	26	19.63	15.95	5.12	33.98
18	18	18.77	15.31	5.31	34.60
LIMITE PLASTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LIMITE PLÁSTICO (%)
1	AQ	7.08	6.64	5.11	28.76
2	HE	7.15	6.73	5.30	29.37
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	LS18	46.95	39.27	9.73	25.00
2	21	55.56	46.46	11.03	25.68
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	28	%	LP =	29	%
LL =	34	%	IP =	5	%

CLASIFICACIÓN SUCS:	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad.
---------------------	-----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Ing. Mercedes Villacis  
JEFE DE LABORATORIO



CLA017-006-T

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratoriocivilepn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

## A.1.7 KIEL



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

#### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 17-0115

Quito, 7 de marzo de 2017

Hoja 05 de 08

SOLICITA: KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON

Atención: Karina Lizette Campiño Llerena

Dirección: Pasaje N13A E7-33 E Iquique

PROYECTO: "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"

CONTRATISTA: \*\*\*

FISCALIZADOR: \*\*\*

MUESTRA: 1

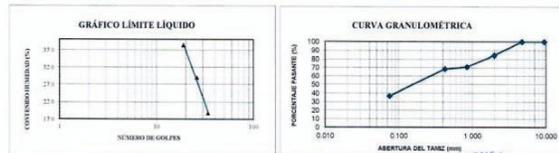
UBICACIÓN: Kiel

PROFUNDIDAD: \*\*\*

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRIA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 150.00	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 10	2.000	20.50	15.6	15.6	84.4
No. 20	0.850	17.70	13.5	29.2	70.8
No. 40	0.425	3.30	2.5	31.7	68.3
No. 200	0.075	41.60	31.8	63.4	36.6
PASA 200	-	47.91	36.6	100.0	0.0
TOTAL		131.01			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
18	34	23.70	20.79	5.32	18.81
55	26	23.00	19.21	6.18	29.07
54	19	24.90	19.72	6.23	38.40
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	111	13.10	12.43	9.44	22.41
2	HE	9.50	8.72	5.30	22.77
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	1	70.20	62.44	8.92	14.50
2	5	56.20	50.36	10.04	14.48
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	14	%	LP =	23	%
LL =	30	%	IP =	7	%

CLASIFICACIÓN SUCS:	SM-SC	Arenas limo-arcillosas; mezclas de arena, arcilla y limo
---------------------	-------	----------------------------------------------------------



Ing. Mercedes Villacis  
JEFE DE LABORATORIO



CLA017-006-T

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanina, Ofic. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

## A.1.8 KRUMLOV



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

#### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 17 - 0115

Quito, 7 de marzo de 2017

Hoja 08 de 08

SOLICITA: KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON

Atención: Karina Lizette Campiño Llerena

Dirección: Pasaje N13A E7-33 E Iquique

PROYECTO: "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"

CONTRATISTA: \*\*\*

FISCALIZADOR: \*\*\*

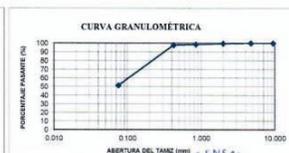
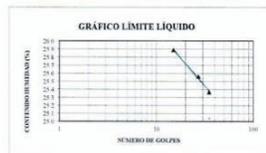
MUESTRA: 1

UBICACIÓN: Krumlov

PROFUNDIDAD: \*\*\*

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRIA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 150.00	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 10	2.000	0.40	0.3	0.3	99.7
No. 20	0.850	1.30	1.0	1.4	98.6
No. 40	0.425	0.90	0.7	2.1	97.9
No. 200	0.075	58.20	46.6	48.7	51.3
PASA 200	-	64.03	51.3	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>124.83</b>			
LIMITE LIQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CAPSULA No.	GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
61	35	20.53	17.63	6.20	25.37
3	15	18.72	15.96	5.30	25.89
15	27	18.81	16.10	5.50	25.57
LIMITE PLASTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LIMITE PLÁSTICO (%)
1	K	9.65	8.82	5.30	23.58
2	BF	9.98	9.10	5.40	23.76
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	31LS	67.88	60.51	24.63	19.98
2	J9R	63.11	54.13	9.97	20.34
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	20	%	LP =	24	%
LL =	26	%	IP =	2	%
<b>CLASIFICACIÓN SUCS:</b>	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.			



Ing. Mercedes Villacis  
 JEFE DE LABORATORIO



CL017-006-T

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratorioivlepn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

## A.1.9 LA VICTORIA



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

#### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 17-0115

Quito, 7 de marzo de 2017

Hoja 07 de 08

SOLICITA: KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON

Atención: Karina Lizette Campiño Llerena

Dirección: Pasaje N13A E7-33 E Iquique

PROYECTO: "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"

CONTRATISTA: \*\*\*

FISCALIZADOR: \*\*\*

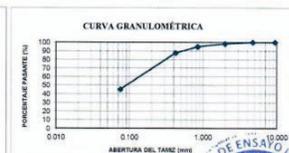
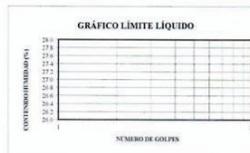
MUESTRA: 1

UBICACIÓN: La Victoria

PROFUNDIDAD: \*\*\*

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRIA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 150.00	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 10	2.000	1.98	1.6	1.6	98.4
No. 20	0.850	4.32	3.5	5.2	94.8
No. 40	0.425	8.78	7.2	12.4	87.6
No. 200	0.075	51.65	42.4	54.8	45.2
PASA 200	-	55.11	45.2	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>121.84</b>			
LIMITE LIQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
***	***	***	***	***	***
***	***	***	***	***	***
***	***	***	***	***	***
LIMITE PLASTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LIMITE PLÁSTICO (%)
1	***	***	***	***	***
2	***	***	***	***	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	28	48.18	40.96	9.78	23.09
2	LP212	42.15	36.06	9.74	23.14
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	23	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
<b>CLASIFICACIÓN SUCS:</b>		<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		



Ing. Mercedes Villacis  
 JEFE DE LABORATORIO



CLA017-006-T

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanina, Ofic. M15 email: laboratorioivlepn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext: 1609

## A.2. ENSAYOS TRIAXIALES

### A.2.1 PEGASSO



#### ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

##### ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT

INF.No. 17-116  
HOJA 01 DE 06

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
Ds (cm) :	3.58	Wo (gr) :	122.00	Vo (cm <sup>3</sup> ) :	77.78
Dm (cm) :	3.60	Hm (cm) :	7.67	W % :	20.67
Di (cm) :	3.58	Ao (cm <sup>2</sup> ) :	10.14	& (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.568
UBICACIÓN :	Pegasso	SONDEO :	***	σ <sub>l</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) :	0.50
PROFUNDIDAD :	***	ENSAYO # :	UU-1 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	10.14	0.00
0.010	1.02	10	0.13	10.15	0.10
0.024	2.42	20	0.26	10.17	0.24
0.040	4.09	30	0.39	10.18	0.40
0.050	5.12	40	0.52	10.19	0.50
0.064	6.51	50	0.65	10.21	0.64
0.096	9.76	75	0.98	10.24	0.95
0.140	14.31	100	1.30	10.28	1.39
0.185	18.87	125	1.63	10.31	1.83
0.208	21.19	150	1.96	10.34	2.05
0.208	21.19	175	2.28	10.38	2.04
0.186	18.94	200	2.61	10.41	1.82
0.140	14.27	250	3.26	10.48	1.36
0.113	11.56	300	3.91	10.55	1.10
0.107	10.90	350	4.56	10.63	1.03
0.099	10.05	400	5.22	10.70	0.94
0.096	9.76	450	5.87	10.77	0.91
0.091	9.26	500	6.52	10.85	0.85
0.084	8.59	600	7.82	11.00	0.78
0.081	8.25	700	9.13	11.16	0.74
0.082	8.35	800	10.43	11.32	0.74
0.083	8.49	900	11.73	11.49	0.74
0.079	8.09	1000	13.04	11.66	0.69

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-116  
HOJA 2 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	10.36	0.00
0.019	1.94	10	0.13	10.37	0.19
0.038	3.85	20	0.27	10.39	0.37
0.054	5.46	30	0.40	10.40	0.52
0.069	7.06	40	0.53	10.41	0.68
0.088	8.95	50	0.67	10.43	0.86
0.127	12.93	75	1.00	10.46	1.24
0.183	18.62	100	1.33	10.50	1.77
0.226	23.08	125	1.67	10.53	2.19
0.264	26.90	150	2.00	10.57	2.55
0.292	29.78	175	2.33	10.61	2.81
0.308	31.37	200	2.67	10.64	2.95
0.307	31.31	250	3.33	10.72	2.92
0.288	29.38	300	4.00	10.79	2.72
0.272	27.77	350	4.67	10.87	2.56
0.255	25.98	400	5.33	10.94	2.37
0.244	24.91	450	6.00	11.02	2.26
0.236	24.10	500	6.67	11.10	2.17
0.223	22.72	600	8.00	11.26	2.02
0.215	21.93	700	9.33	11.43	1.92
0.219	22.29	800	10.67	11.60	1.92
0.216	21.98	900	12.00	11.77	1.87
0.198	20.17	1000	13.33	11.95	1.69

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-004-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-116  
HOJA 3 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

LECT. DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0	0	0.00	11.06	0.00
0.027	2.75	10	0.13	11.08	0.25
0.051	5.20	20	0.27	11.09	0.47
0.074	7.53	30	0.40	11.11	0.68
0.098	10.00	40	0.53	11.12	0.90
0.127	13.00	50	0.67	11.14	1.17
0.183	18.69	75	1.00	11.18	1.67
0.245	24.95	100	1.33	11.21	2.22
0.309	31.56	125	1.67	11.25	2.80
0.374	38.17	150	2.00	11.29	3.38
0.442	45.12	175	2.33	11.33	3.98
0.481	49.01	200	2.67	11.37	4.31
0.527	53.75	250	3.33	11.45	4.70
0.518	52.81	300	4.00	11.53	4.58
0.502	51.22	350	4.67	11.61	4.41
0.478	48.73	400	5.33	11.69	4.17
0.433	44.17	450	6.00	11.77	3.75
0.404	41.17	500	6.67	11.86	3.47
0.375	38.23	600	8.00	12.03	3.18
0.351	35.76	700	9.33	12.20	2.93
0.350	35.67	800	10.67	12.39	2.88
0.345	35.16	900	12.00	12.57	2.80
0.338	34.43	1000	13.33	12.77	2.70

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext: 1609

Archivo: UU-S-S-17-004-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-116  
HOJA 4 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

PROYECTO : "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"	RESUMEN DE RESULTADOS
SOLICITA : KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON CONTRATISTA : *** PROFUNDIDAD : *** UBICACIÓN : Pegasso	HUMEDAD : 20.76 (%) DENSIDAD : 1.61 (gr/cm <sup>3</sup> ) COHESIÓN : 0.37 (kg/cm <sup>2</sup> ) ÁNGULO DE FRICCIÓN : 28.00 (°)

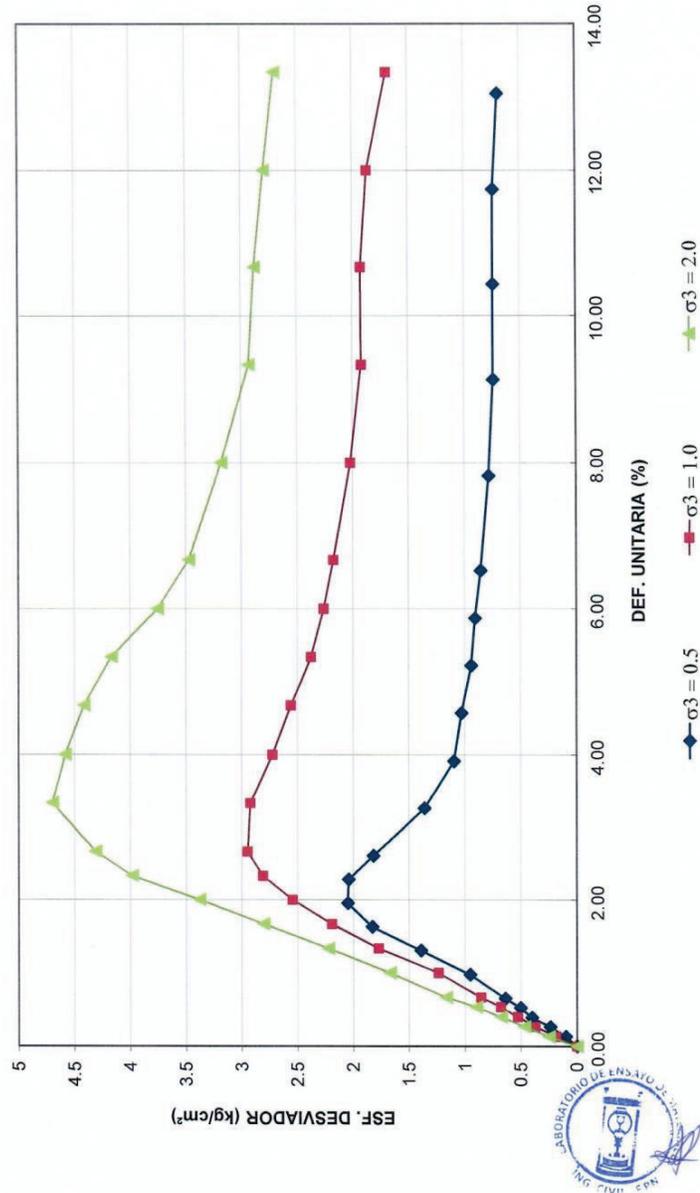
  
**ING. MERCEDES VILLACIS**  
 JEFE DEL LABORATORIO





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-116  
05 DE 06  
**ESF. DESVIADOR - DEF. UNITARIA**  
PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO  
PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
PROFUNDIDAD: \*\*\*  
UBICACIÓN: Pegasusso



UU-S-S-17-004-T

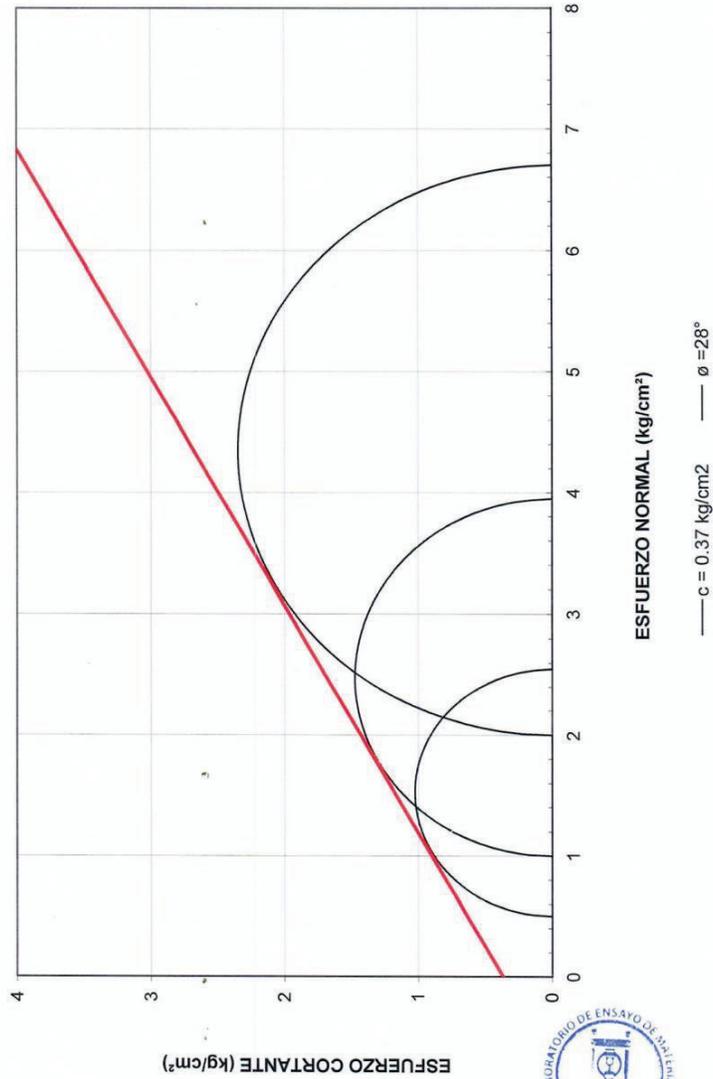


**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-116  
 06 DE 06

**CIRCULOS DE MOHR**

PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
 PROFUNDIDAD: \*\*\*  
 UBICACIÓN: Pegasus



## A.2.2 VIDAL



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-117  
HOJA 01 DE 06

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

Ds (cm) :	3.66	Wo (gr) :	126.33	Vo (cm <sup>3</sup> ) :	81.27
Dm (cm) :	3.65	Hm (cm) :	7.76	W % :	23.49
Di (cm) :	3.65	Ao (cm <sup>2</sup> ) :	10.47	& (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.554
UBICACIÓN :	Vidal	SONDEO:	***	σ1 (kg/cm <sup>2</sup> ) :	0.50
PROFUNDIDAD :	***	ENSAYO #:	UU-1 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	10.47	0.00
0.014	1.46	10	0.13	10.49	0.14
0.021	2.19	20	0.26	10.50	0.21
0.033	3.38	30	0.39	10.51	0.32
0.050	5.06	40	0.52	10.53	0.48
0.062	6.36	50	0.64	10.54	0.60
0.094	9.63	75	0.97	10.58	0.91
0.137	13.98	100	1.29	10.61	1.32
0.170	17.31	125	1.61	10.64	1.63
0.200	20.37	150	1.93	10.68	1.91
0.220	22.41	175	2.26	10.71	2.09
0.229	23.33	200	2.58	10.75	2.17
0.197	20.06	250	3.22	10.82	1.85
0.149	15.15	300	3.87	10.89	1.39
0.139	14.19	350	4.51	10.97	1.29
0.133	13.55	400	5.15	11.04	1.23
0.126	12.84	450	5.80	11.12	1.15
0.127	12.91	500	6.44	11.19	1.15
0.125	12.73	600	7.73	11.35	1.12
0.119	12.17	700	9.02	11.51	1.06
0.124	12.60	800	10.31	11.68	1.08
0.129	13.12	900	11.60	11.85	1.11
0.121	12.39	1000	12.89	12.02	1.03

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofc. M15 email: laboratorioivlepn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-005-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-117  
HOJA 2 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON

**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena

**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique

**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"

**CONTRATISTA :** \*\*\*

**FISCALIZADOR :** \*\*\*

**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	11.03	0.00
0.021	2.09	10	0.13	11.04	0.19
0.042	4.27	20	0.26	11.05	0.39
0.062	6.35	30	0.38	11.07	0.57
0.080	8.20	40	0.51	11.08	0.74
0.099	10.09	50	0.64	11.10	0.91
0.139	14.21	75	0.96	11.13	1.28
0.190	19.36	100	1.28	11.17	1.73
0.249	25.38	125	1.60	11.20	2.26
0.309	31.52	150	1.92	11.24	2.80
0.349	35.60	175	2.23	11.28	3.16
0.374	38.20	200	2.55	11.31	3.38
0.362	36.91	250	3.19	11.39	3.24
0.342	34.93	300	3.83	11.46	3.05
0.319	32.56	350	4.47	11.54	2.82
0.315	32.16	400	5.11	11.62	2.77
0.309	31.56	450	5.75	11.70	2.70
0.294	30.00	500	6.39	11.78	2.55
0.279	28.49	600	7.66	11.94	2.39
0.261	26.58	700	8.94	12.11	2.20
0.248	25.33	800	10.22	12.28	2.06
0.246	25.12	900	11.49	12.46	2.02
0.249	25.44	1000	12.77	12.64	2.01

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-005-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-117  
HOJA 3 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm²)	ESFUERZO (kg/cm²)
0.000	0	0	0.00	10.35	0.00
0.030	3.01	10	0.13	10.36	0.29
0.062	6.35	20	0.26	10.38	0.61
0.091	9.25	30	0.39	10.39	0.89
0.118	12.05	40	0.52	10.40	1.16
0.142	14.48	50	0.65	10.42	1.39
0.191	19.52	75	0.97	10.45	1.87
0.248	25.27	100	1.30	10.49	2.41
0.314	32.01	125	1.62	10.52	3.04
0.391	39.84	150	1.95	10.55	3.77
0.464	47.37	175	2.27	10.59	4.47
0.524	53.49	200	2.59	10.63	5.03
0.584	59.61	250	3.24	10.70	5.57
0.594	60.63	300	3.89	10.77	5.63
0.548	55.85	350	4.54	10.84	5.15
0.489	49.93	400	5.19	10.92	4.57
0.477	48.70	450	5.84	10.99	4.43
0.460	46.88	500	6.49	11.07	4.24
0.451	45.96	600	7.78	11.22	4.10
0.447	45.58	700	9.08	11.38	4.00
0.438	44.71	800	10.38	11.55	3.87
0.435	44.40	900	11.67	11.72	3.79
0.424	43.20	1000	12.97	11.89	3.63

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofc. M15 email: laboratoriochilepn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-005-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-117  
HOJA 4 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

PROYECTO : "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"	RESUMEN DE RESULTADOS
SOLICITA : KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON CONTRATISTA : *** PROFUNDIDAD : *** UBICACIÓN : Vidal	HUMEDAD : 23.46 (%) DENSIDAD : 1.55 (gr/cm <sup>3</sup> ) COHESIÓN : 0.30 (kg/cm <sup>2</sup> ) ÁNGULO DE FRICCIÓN : 32.42 (°)

  
**ING. MERCEDES VILLACIS**  
**JEFE DEL LABORATORIO**

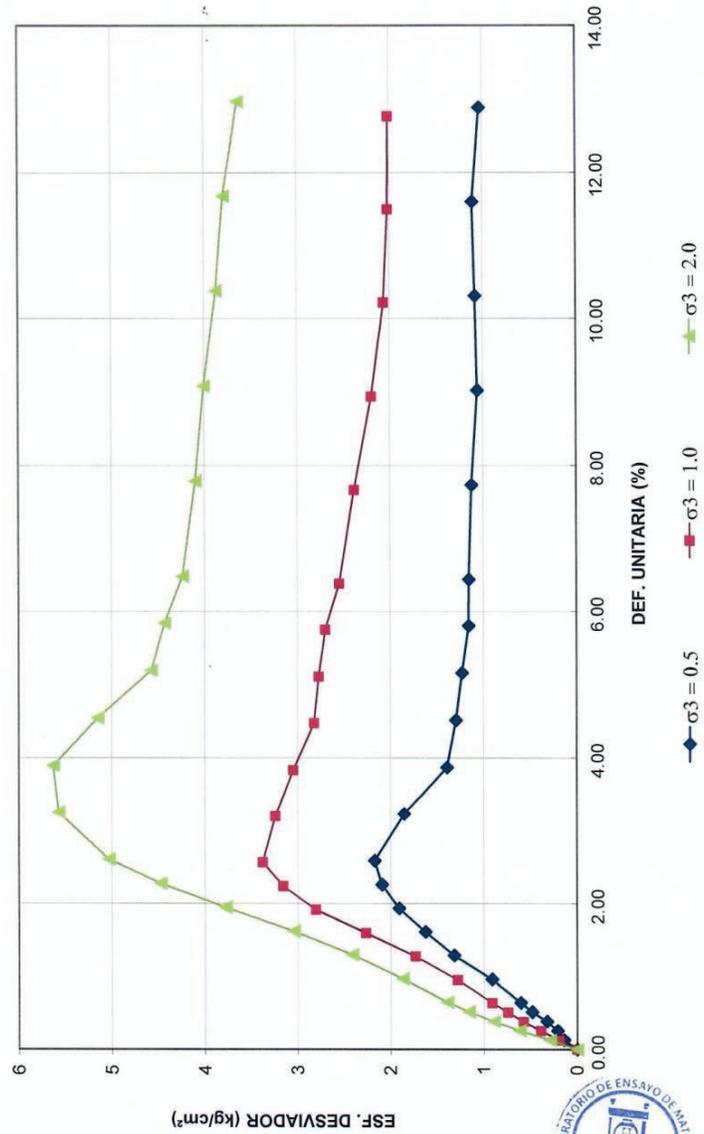




ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-117  
05 DE 06

**ESF. DESVIADOR - DEF. UNITARIA**  
PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO  
PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
PROFUNDIDAD: \*\*\*  
UBICACIÓN: Vidial

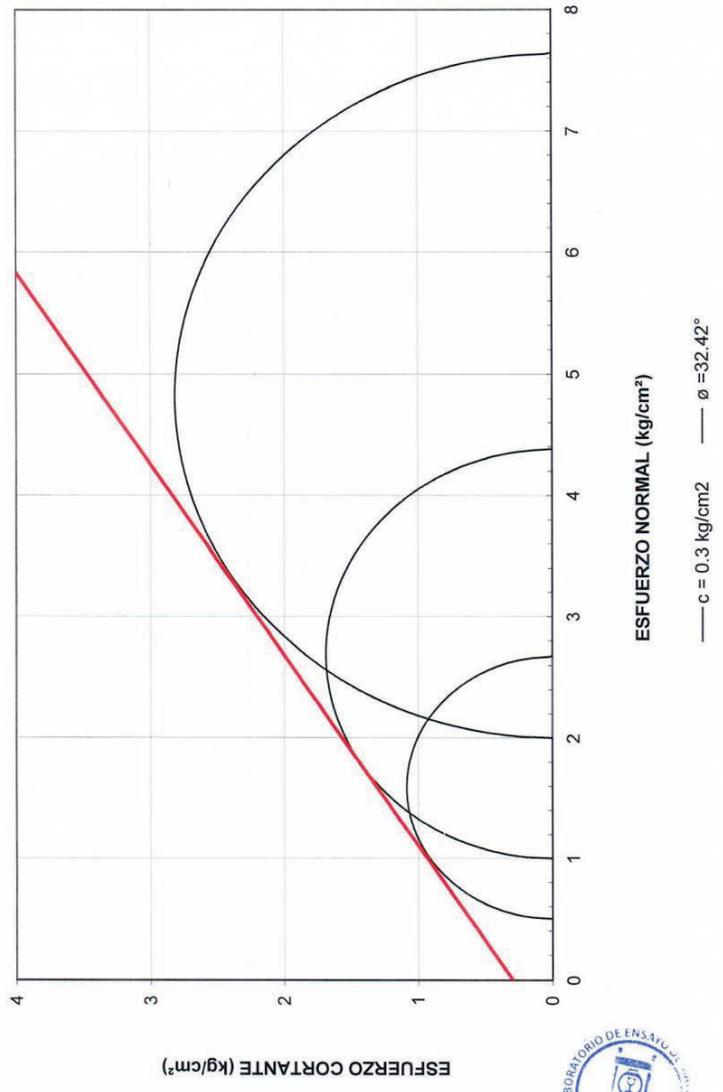




ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-117  
06 DE 06

**CIRCULOS DE MOHR**  
PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
PROFUNDIDAD: \*\*\*  
UBICACIÓN: Vidal



## A.2.3 FREIBURG



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-118  
HOJA 01 DE 06

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

<b>Ds (cm) :</b>	3.60	<b>Wo (gr) :</b>	136.34	<b>Vo (cm<sup>3</sup>) :</b>	79.47
<b>Dm (cm) :</b>	3.66	<b>Hm (cm) :</b>	7.65	<b>W % :</b>	23.34
<b>Di (cm) :</b>	3.58	<b>Ao (cm<sup>2</sup>) :</b>	10.39	<b>&amp; (gr/cm<sup>3</sup>) :</b>	1.716
<b>UBICACIÓN :</b>	Freiburg	<b>SONDEO:</b>	***	<b>σ<sub>1</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) :</b>	0.50
<b>PROFUNDIDAD :</b>	***	<b>ENSAYO #:</b>	UU-1 (s/sat)		
<b>LECT.DIAL</b>	<b>CARGA</b>	<b>DEFORMAC.</b>	<b>DEF. UNITARIA</b>	<b>AREA.CORR.</b>	<b>ESFUERZO</b>
<b>(KN)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(mmx10-2)</b>	<b>(%)</b>	<b>(cm<sup>2</sup>)</b>	<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>
0.000	0.00	0	0.00	10.39	0.00
0.010	1.02	10	0.13	10.40	0.10
0.020	2.04	20	0.26	10.42	0.20
0.031	3.16	30	0.39	10.43	0.30
0.039	3.98	40	0.52	10.44	0.38
0.045	4.59	50	0.65	10.46	0.44
0.059	6.02	75	0.98	10.49	0.57
0.075	7.65	100	1.31	10.53	0.73
0.091	9.28	125	1.63	10.56	0.88
0.102	10.40	150	1.96	10.60	0.98
0.115	11.73	175	2.29	10.63	1.10
0.118	12.04	200	2.61	10.67	1.13
0.116	11.83	250	3.27	10.74	1.10
0.115	11.73	300	3.92	10.81	1.08
0.114	11.63	350	4.58	10.89	1.07
0.114	11.63	400	5.23	10.96	1.06
0.114	11.63	450	5.88	11.04	1.05
0.113	11.53	500	6.54	11.11	1.04
0.112	11.42	600	7.84	11.27	1.01
0.108	11.02	700	9.15	11.43	0.96
0.103	10.51	800	10.46	11.60	0.91
0.100	10.20	900	11.76	11.77	0.87
0.101	10.30	1000	13.07	11.95	0.86

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofc. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-006-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-118  
HOJA 2 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

LECT. DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA. CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	9.75	0.00
0.021	2.14	10	0.13	9.76	0.22
0.039	3.98	20	0.26	9.78	0.41
0.051	5.20	30	0.39	9.79	0.53
0.063	6.43	40	0.52	9.80	0.66
0.071	7.24	50	0.65	9.81	0.74
0.089	9.08	75	0.98	9.85	0.92
0.109	11.12	100	1.31	9.88	1.13
0.133	13.57	125	1.63	9.91	1.37
0.154	15.71	150	1.96	9.94	1.58
0.174	17.75	175	2.29	9.98	1.78
0.184	18.77	200	2.61	10.01	1.87
0.190	19.38	250	3.27	10.08	1.92
0.193	19.69	300	3.92	10.15	1.94
0.195	19.89	350	4.58	10.22	1.95
0.195	19.89	400	5.23	10.29	1.93
0.195	19.89	450	5.88	10.36	1.92
0.196	19.99	500	6.54	10.43	1.92
0.198	20.20	600	7.84	10.58	1.91
0.198	20.20	700	9.15	10.73	1.88
0.200	20.40	800	10.46	10.89	1.87
0.200	20.40	900	11.76	11.05	1.85
0.200	20.40	1000	13.07	11.22	1.82

**ING. MERCEDES VILLACIS**  
JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanina, Ofic. M15 email: laboratoriochilegn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-006-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-118  
HOJA 3 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

<b>Ds (cm) :</b>	3.62	<b>Wo (gr) :</b>	135.53	<b>Vo (cm<sup>3</sup>) :</b>	75.41
<b>Dm (cm) :</b>	3.50	<b>Hm (cm) :</b>	7.66	<b>W % :</b>	24.65
<b>Di (cm) :</b>	3.62	<b>Ao (cm<sup>2</sup>) :</b>	9.84	<b>&amp; (gr/cm<sup>3</sup>) :</b>	1.797
<b>UBICACIÓN :</b>	Freiburg	<b>SONDEO :</b>	***	<b>σ<sub>3</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) :</b>	2.00
<b>PROFUNDIDAD :</b>	***	<b>ENSAYO #:</b>	UU-3 (s/sat)		
<b>LECT.DIAL (KN)</b>	<b>CARGA (kg)</b>	<b>DEFORMAC. (mmx10-2)</b>	<b>DEF. UNITARIA (%)</b>	<b>AREA.CORR. (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
0.000	0	0	0.00	9.84	0.00
0.030	3.06	10	0.13	9.86	0.31
0.063	6.43	20	0.26	9.87	0.65
0.087	8.87	30	0.39	9.88	0.90
0.111	11.32	40	0.52	9.90	1.14
0.131	13.36	50	0.65	9.91	1.35
0.160	16.32	75	0.98	9.94	1.64
0.196	19.99	100	1.31	9.98	2.00
0.224	22.85	125	1.63	10.01	2.28
0.248	25.30	150	1.96	10.04	2.52
0.269	27.44	175	2.28	10.07	2.72
0.281	28.66	200	2.61	10.11	2.84
0.301	30.70	250	3.26	10.18	3.02
0.311	31.72	300	3.92	10.25	3.10
0.320	32.64	350	4.57	10.32	3.16
0.327	33.35	400	5.22	10.39	3.21
0.333	33.97	450	5.87	10.46	3.25
0.338	34.48	500	6.53	10.53	3.27
0.348	35.50	600	7.83	10.68	3.32
0.345	35.19	700	9.14	10.83	3.25
0.347	35.39	800	10.44	10.99	3.22
0.349	35.60	900	11.75	11.16	3.19
0.348	35.50	1000	13.05	11.32	3.13

  
**ING. MERCEDES VILLACIS**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanina, Ofic. M15 email: laboratoriocivilepn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-006-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES**

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-118  
 HOJA 4 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

<b>PROYECTO :</b> "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"	<b>RESUMEN DE RESULTADOS</b>
<b>SOLICITA :</b> KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON <b>CONTRATISTA :</b> *** <b>PROFUNDIDAD :</b> *** <b>UBICACIÓN :</b> Freiburg	<b>HUMEDAD :</b> 23.59 (%) <b>DENSIDAD :</b> 1.75 (gr/cm <sup>3</sup> ) <b>COHESIÓN :</b> 0.14 (kg/cm <sup>2</sup> ) <b>ÁNGULO DE FRICCIÓN :</b> 25.03 (°)

  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DEL LABORATORIO

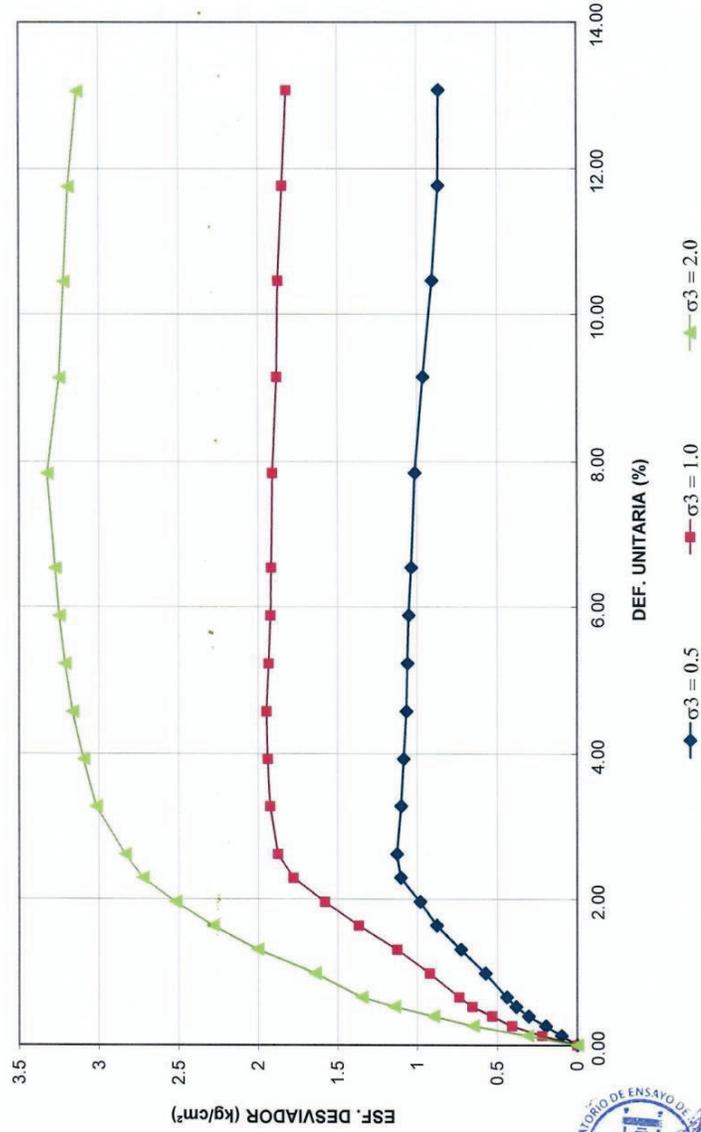




ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-118  
05 DE 06

**ESF. DESVIADOR - DEF. UNITARIA**  
PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO  
PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
PROFUNDIDAD: \*\*\*  
UBICACIÓN: Freiburg

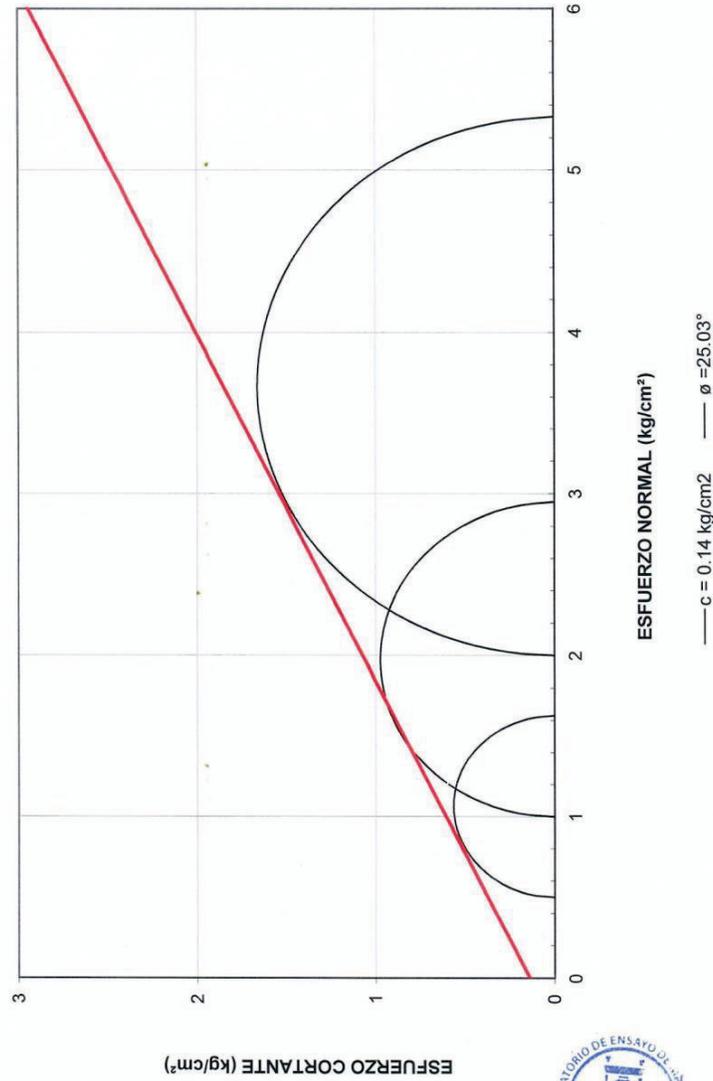




ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**CIRCULOS DE MOHR**  
PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
PROFUNDIDAD: \*\*\*  
UBICACIÓN: Freiburg

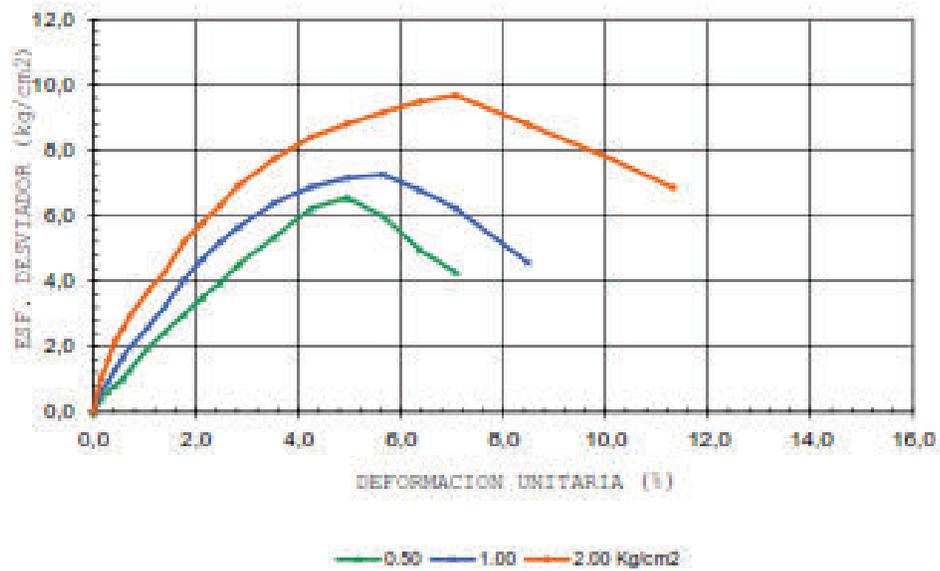
INF. 17-118  
06 DE 06



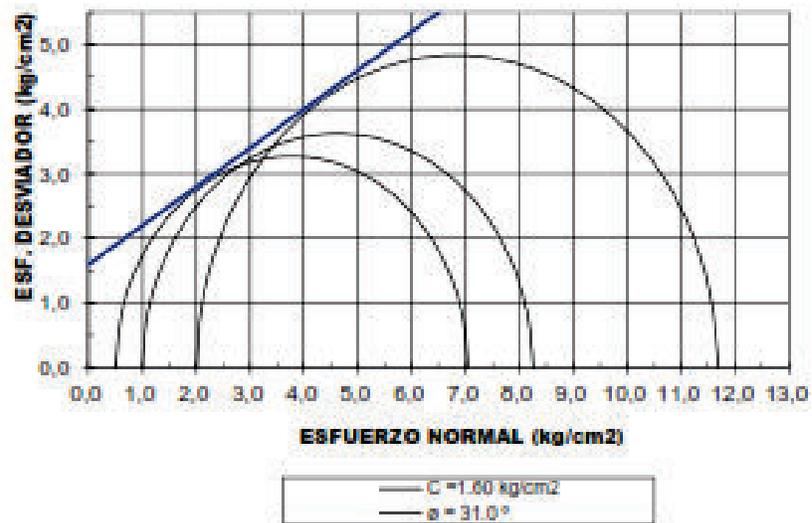
## A.2.4 SANTA LUCÍA

PROYECTO: CONJUNTO SANTA LUCÍA											
SANTA LUCÍA Y CALLE DE LOS HELECHOS						COMPRESION					
LOCALIZACION:						HELECHOS					
SONDEO No.:						PCA-1					
MUESTRA No.:						1					
PROFUNDIDAD (m):						1,00					
						FECHA MAYO 2016					
ESPECIMEN No.:											
1											
2											
3											
DIAMETRO	cm	3,51	3,50	3,40	3,50	3,52	3,51	3,51	3,52	3,52	
ALTURA	cm	7,08			7,06			7,08			
AREA	cm <sup>2</sup>	9,46			9,68			9,71			
VOLUMEN	cm <sup>3</sup>	66,95			68,31			68,77			
PESO INICIAL	gr	119,94			120,48			121,56			
PESO HUMEDO	gr	119,94			120,48			121,56			
PESO SECO	gr	97,63			99,34			100,15			
HUMEDAD INIC.	%	22,85			21,28			21,38			
P. UNIT.	gr/cm <sup>3</sup>	1,79			1,76			1,77			
P. U. SECO	gr/cm <sup>3</sup>	1,46			1,45			1,46			
Constante de Anillo											
0,406											
Pres. Celda (Kg/cm <sup>2</sup> )											
0,50											
1,00											
2,00											
L.Dial	Deform.	Area	L.Dial	Carga	Esf.	L.Dial	Carga	Esf.	L.Dial	Carga	Esf.
Deform	Unitaria	Corregid	Esf.		Desv.	Esf.		Desv.	Esf.		Desv.
0.01 mm	%	cm <sup>2</sup>	DIV.	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	DIV.	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	DIV.	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>
0	0,00	9,46	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
10	0,14	9,46	10	4,06	0,43	16	6,50	0,67	25	10,15	1,05
20	0,28	9,47	15	6,09	0,64	22	8,93	0,92	38	15,43	1,59
30	0,42	9,47	19	7,71	0,81	31	12,59	1,30	52	21,11	2,18
40	0,57	9,47	24	9,74	1,03	40	16,24	1,68	61	24,77	2,55
50	0,71	9,48	30	12,18	1,28	47	19,08	1,97	70	28,42	2,93
75	1,06	9,49	46	18,68	1,97	62	25,17	2,59	88	35,73	3,69
100	1,41	9,50	58	23,55	2,48	78	31,67	3,26	103	41,82	4,33
125	1,77	9,51	70	28,42	2,99	97	39,38	4,05	124	50,34	5,21
150	2,12	9,52	82	33,29	3,50	112	45,47	4,67	137	55,62	5,77
175	2,47	9,54	93	37,76	3,96	125	50,75	5,20	150	60,90	6,32
200	2,83	9,55	106	43,04	4,51	136	55,22	5,65	164	66,58	6,92
250	3,53	9,57	126	51,16	5,35	154	62,52	6,39	183	74,30	7,74
300	4,24	9,59	147	59,68	6,22	166	67,40	6,87	198	80,39	8,40
350	4,95	9,62	155	62,93	6,54	173	70,24	7,14	207	84,04	8,80
400	5,66	9,64	142	57,65	5,98	176	71,46	7,25	215	87,29	9,16
450	6,36	9,66	118	47,91	4,96	165	66,99	6,78	222	90,13	9,48
500	7,07	9,69	102	41,41	4,28	152	61,71	6,23	226	91,76	9,67
600	8,48	9,73				112	45,47	4,57	204	82,82	8,78
700	9,90	9,78							182	73,89	7,87
800	11,31	9,83							158	64,15	6,86
900	12,72	9,88									
1000	14,14	9,92									
1200	16,97	10,02									
ESF. DESVIADOR: Kg/cm <sup>2</sup>											
8,54											
7,25											
9,67											
ESF. PRINCIPAL: Kg/cm <sup>2</sup>											
7,04											
8,25											
11,87											

### ESF. DEF. - CONJ. SANTA LUCIA - M1

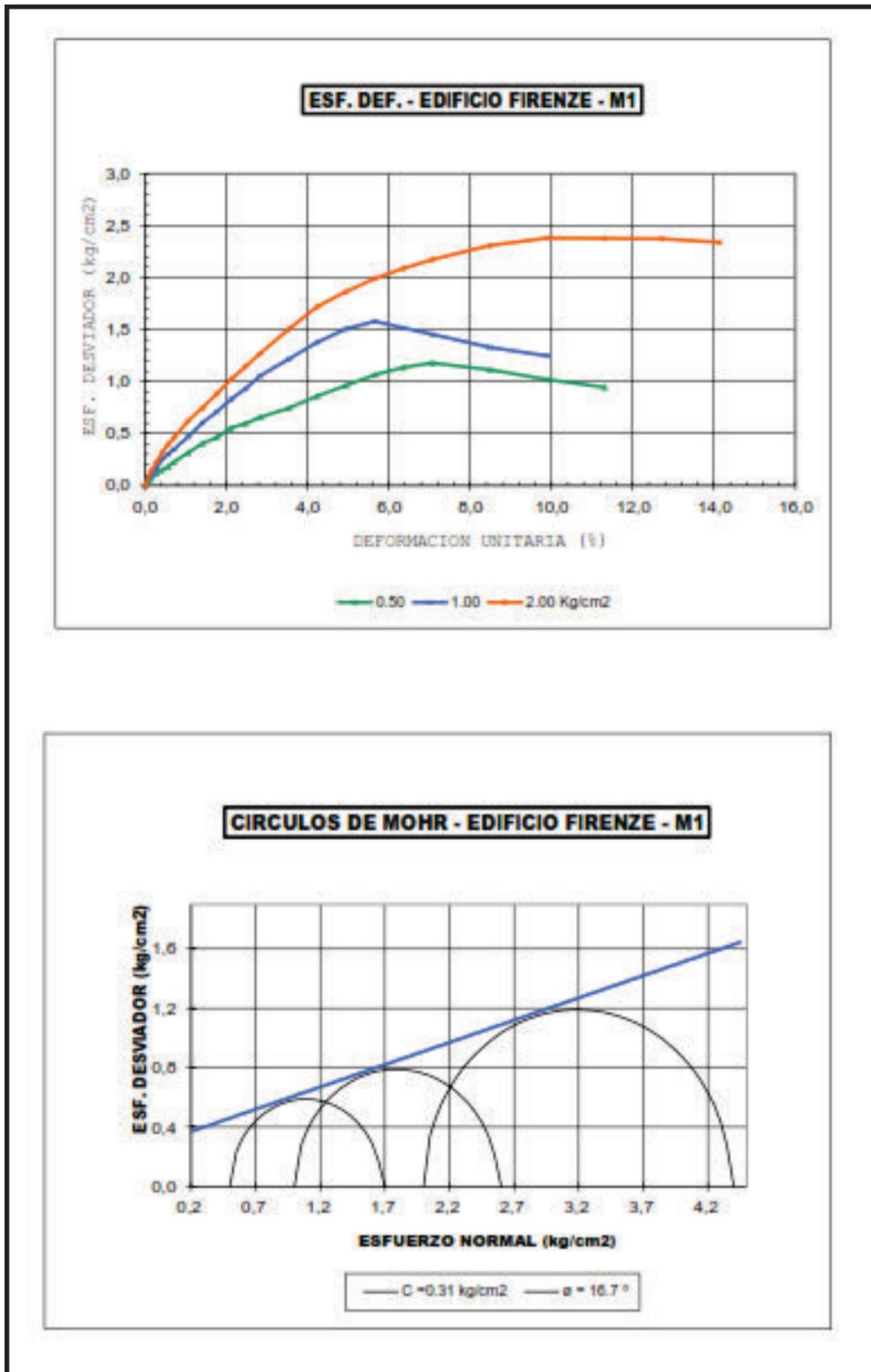


### CIRCULOS DE MOHR - CONJ. SANTA LUCIA - M1



## A.2.5 FIRENZE

PROYECTO: EDIFICIO FIRENZE												
LOCALIZACION: GRANDA CENTENO Y FCO. CRUZ						COMPRESION TRIAXIAL UU						
SONDEO No.: FCA-1												
MUESTRA No.: 1												
PROFUNDIDAD (m): 0,90 m						FECHA MAYO 2016						
ESPECIMEN No.:												
1												
2												
3												
DIAMETRO	cm	3,52	3,55	3,54	3,53	3,53	3,51	3,52	3,52	3,54		
ALTURA	cm	7,08			7,06			7,08				
AREA	cm <sup>2</sup>	9,82			9,75			9,77				
VOLUMEN	cm <sup>3</sup>	69,55			68,83			69,16				
PESO INICIAL	gr	131,20			129,12			129,85				
PESO HUMEDO	gr	131,20			129,12			129,85				
PESO SECO	gr	111,03			108,84			109,34				
HUMEDAD INIC.	%	18,16			18,64			18,76				
P. UNIT.	gr/cm <sup>3</sup>	1,89			1,88			1,88				
P. U. SECO	gr/cm <sup>3</sup>	1,60			1,58			1,58				
Constante de Anillo												
0,148												
0,148												
0,148												
Pres. Celda (Kg/cm <sup>2</sup> )												
0,50												
1,00												
2,00												
L.Dial	Deform.	Area	L.Dial	Carga	Esf.	L.Dial	Carga	Esf.	L.Dial	Carga	Esf.	
Deform	Unitaria	Corregid	Esf.		Desv.	Esf.		Desv.	Esf.		Desv.	
0.01 mm	%	cm <sup>2</sup>	DIV.	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	DIV.	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	DIV.	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	
0	0,00	9,82	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	
10	0,14	9,83	4	0,59	0,06	7	1,04	0,11	9	1,33	0,14	
20	0,28	9,83	8	1,18	0,12	11	1,63	0,17	15	2,22	0,23	
30	0,42	9,84	10	1,48	0,15	17	2,52	0,26	21	3,11	0,32	
40	0,57	9,84	12	1,78	0,18	20	2,96	0,30	26	3,85	0,39	
50	0,71	9,85	15	2,22	0,23	23	3,40	0,35	30	4,44	0,46	
75	1,06	9,86	21	3,11	0,32	31	4,59	0,47	41	6,07	0,62	
100	1,41	9,87	27	4,00	0,40	40	5,92	0,60	49	7,25	0,75	
125	1,77	9,88	31	4,59	0,46	47	6,96	0,71	58	8,58	0,88	
150	2,12	9,89	37	5,48	0,55	55	8,14	0,83	67	9,92	1,02	
175	2,47	9,91	40	5,92	0,60	62	9,18	0,93	75	11,10	1,15	
200	2,83	9,92	44	6,51	0,66	70	10,36	1,05	83	12,28	1,27	
250	3,53	9,94	50	7,40	0,74	81	11,99	1,22	98	14,50	1,50	
300	4,24	9,96	58	8,58	0,86	92	13,62	1,38	112	16,58	1,72	
350	4,95	9,99	65	9,62	0,96	101	14,95	1,51	121	17,91	1,86	
400	5,66	10,01	72	10,66	1,06	106	15,69	1,58	129	19,09	1,99	
450	6,36	10,04	77	11,40	1,14	102	15,10	1,52	135	19,98	2,09	
500	7,07	10,06	80	11,84	1,18	98	14,50	1,45	140	20,72	2,17	
600	8,48	10,11	76	11,25	1,11	90	13,32	1,33	148	21,90	2,31	
700	9,90	10,16	70	10,36	1,02	85	12,58	1,25	152	22,50	2,38	
800	11,31	10,21	65	9,62	0,94				151	22,35	2,38	
900	12,72	10,26							150	22,20	2,37	
1000	14,14	10,31							147	21,76	2,34	
1200	16,97	10,41										
ESF. DESVIADOR: Kg/cm <sup>2</sup>				1,18			1,58			2,38		
ESF. PRINCIPAL: Kg/cm <sup>2</sup>				1,88			2,58			4,38		



## A.2.6 DIVINO NIÑO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-119  
HOJA 01 DE 06

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
Ds (cm) :	3.10	Wo (gr) :	117.02	Vo (cm <sup>3</sup> ) :	66.78
Dm (cm) :	3.28	Hm (cm) :	7.98	W % :	23.46
Di (cm) :	3.36	Ao (cm <sup>2</sup> ) :	8.37	& (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.752
UBICACIÓN :	Divino Niño	SONDEO :	***	σ <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) :	0.50
PROFUNDIDAD :	***	ENSAYO #:	UU-1 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	8.37	0.00
0.017	1.71	10	0.13	8.38	0.20
0.039	3.99	20	0.25	8.39	0.48
0.053	5.42	30	0.38	8.40	0.65
0.067	6.80	40	0.50	8.41	0.81
0.076	7.79	50	0.63	8.42	0.92
0.097	9.89	75	0.94	8.45	1.17
0.119	12.18	100	1.25	8.48	1.44
0.139	14.22	125	1.57	8.50	1.67
0.159	16.26	150	1.88	8.53	1.91
0.179	18.30	175	2.19	8.56	2.14
0.209	21.36	200	2.51	8.58	2.49
0.239	24.42	250	3.13	8.64	2.83
0.226	23.10	300	3.76	8.70	2.66
0.216	22.08	350	4.39	8.75	2.52
0.199	20.25	400	5.01	8.81	2.30
0.191	19.49	450	5.64	8.87	2.20
0.189	19.25	500	6.27	8.93	2.16
0.187	19.05	600	7.52	9.05	2.11
0.185	18.90	700	8.77	9.17	2.06
0.185	18.86	800	10.03	9.30	2.03
0.183	18.70	900	11.28	9.43	1.98
0.181	18.50	1000	12.53	9.57	1.93



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-007-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-119  
HOJA 2 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

Ds (cm) :	3.63	Wo (gr) :	130.97	Vo (cm <sup>3</sup> ) :	79.95
Dm (cm) :	3.61	Hm (cm) :	7.84	W % :	23.67
Di (cm) :	3.55	Ao (cm <sup>2</sup> ) :	10.20	& (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.638
UBICACIÓN :	Dívino Niño	SONDEO :	***	σ <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) :	1.00
PROFUNDIDAD :	***	ENSAYO #:	UU-2 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	10.20	0.00
0.032	3.27	10	0.13	10.21	0.32
0.062	6.27	20	0.26	10.22	0.61
0.087	8.83	30	0.38	10.24	0.86
0.106	10.79	40	0.51	10.25	1.05
0.126	12.81	50	0.64	10.26	1.25
0.164	16.73	75	0.96	10.30	1.62
0.199	20.32	100	1.28	10.33	1.97
0.229	23.38	125	1.59	10.36	2.26
0.269	27.46	150	1.91	10.40	2.64
0.309	31.54	175	2.23	10.43	3.02
0.339	34.60	200	2.55	10.47	3.31
0.379	38.68	250	3.19	10.53	3.67
0.393	40.08	300	3.83	10.60	3.78
0.397	40.50	350	4.46	10.67	3.79
0.380	38.80	400	5.10	10.75	3.61
0.360	36.69	450	5.74	10.82	3.39
0.334	34.07	500	6.38	10.89	3.13
0.317	32.36	600	7.65	11.04	2.93
0.308	31.40	700	8.93	11.20	2.80
0.301	30.68	800	10.20	11.36	2.70
0.289	29.52	900	11.48	11.52	2.56
0.283	28.85	1000	12.76	11.69	2.47

  
**ING. MERCEDES VILLACIS**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1809

Archivo: UU-S-S-17-007-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU/S/SAT**

INF.No. 17-119  
HOJA 3 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
Ds (cm) :	3.52	Wo (gr) :	129.77	Vo (cm <sup>3</sup> ) :	77.70
Dm (cm) :	3.60	Hm (cm) :	7.69	W % :	24.61
Di (cm) :	3.60	Ao (cm <sup>2</sup> ) :	10.10	& (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.670
UBICACIÓN :	Divino Niño	SONDEO:	***	σ <sub>3</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) :	2.00
PROFUNDIDAD :	***	ENSAYO #:	UU-3 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0	0	0.00	10.10	0.00
0.043	4.39	10	0.13	10.12	0.43
0.083	8.47	20	0.26	10.13	0.84
0.116	11.83	30	0.39	10.14	1.17
0.145	14.79	40	0.52	10.16	1.46
0.172	17.54	50	0.65	10.17	1.73
0.243	24.79	75	0.98	10.20	2.43
0.317	32.33	100	1.30	10.24	3.16
0.407	41.51	125	1.63	10.27	4.04
0.477	48.65	150	1.95	10.31	4.72
0.522	53.24	175	2.28	10.34	5.15
0.556	56.71	200	2.60	10.37	5.47
0.569	58.04	250	3.25	10.44	5.56
0.575	58.60	300	3.90	10.51	5.57
0.545	55.57	350	4.55	10.59	5.25
0.510	52.05	400	5.20	10.66	4.88
0.485	49.51	450	5.85	10.73	4.61
0.469	47.86	500	6.50	10.81	4.43
0.453	46.24	600	7.80	10.96	4.22
0.435	44.34	700	9.10	11.12	3.99
0.417	42.53	800	10.40	11.28	3.77
0.407	41.55	900	11.70	11.44	3.63
0.402	41.00	1000	13.00	11.61	3.53

**ING. MERCEDES VILLACIS**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofc. M15 email: laboratoriocivilepn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-007-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-119  
HOJA 4 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

PROYECTO : "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"	RESUMEN DE RESULTADOS
SOLICITA : KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON CONTRATISTA : *** PROFUNDIDAD : *** UBICACIÓN : Divino Niño	HUMEDAD : 23.92 (%) DENSIDAD : 1.69 (gr/cm <sup>3</sup> ) COHESIÓN : 0.59 (kg/cm <sup>2</sup> ) ÁNGULO DE FRICCIÓN : 28.60 (°)

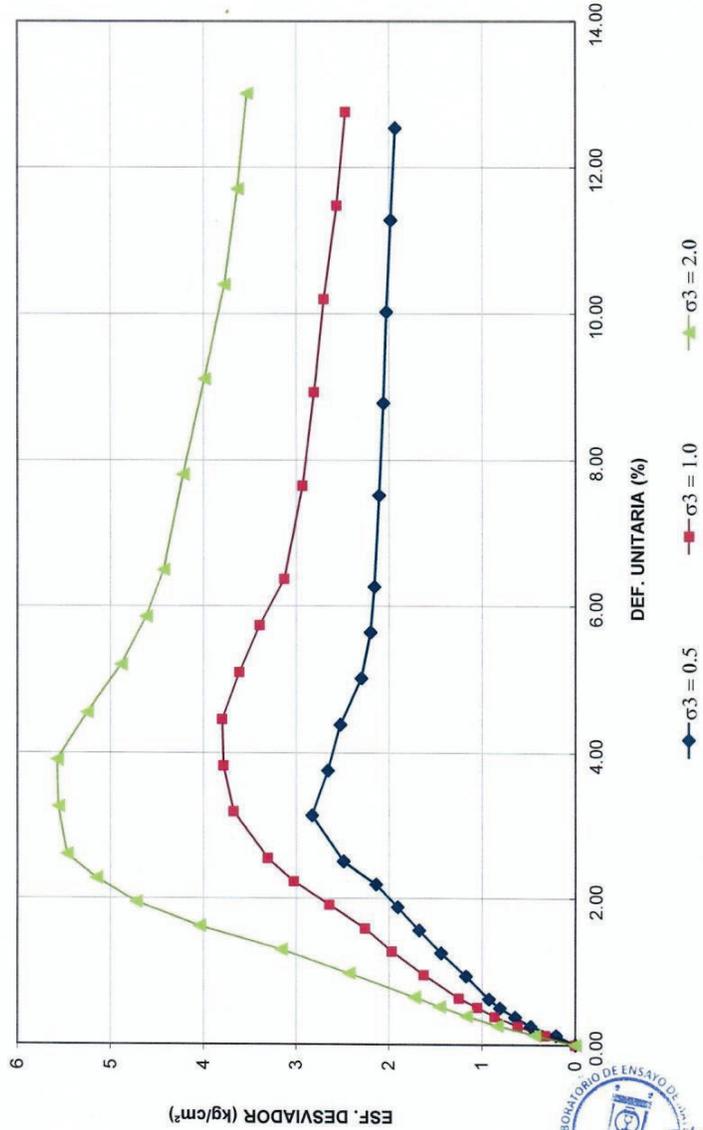
  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DEL LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-119  
 05 DE 06  
**ESF. DESVIADOR - DEF. UNITARIA**  
 PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO  
 PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
 PROFUNDIDAD: \*\*\*  
 UBICACIÓN: Divino Niño



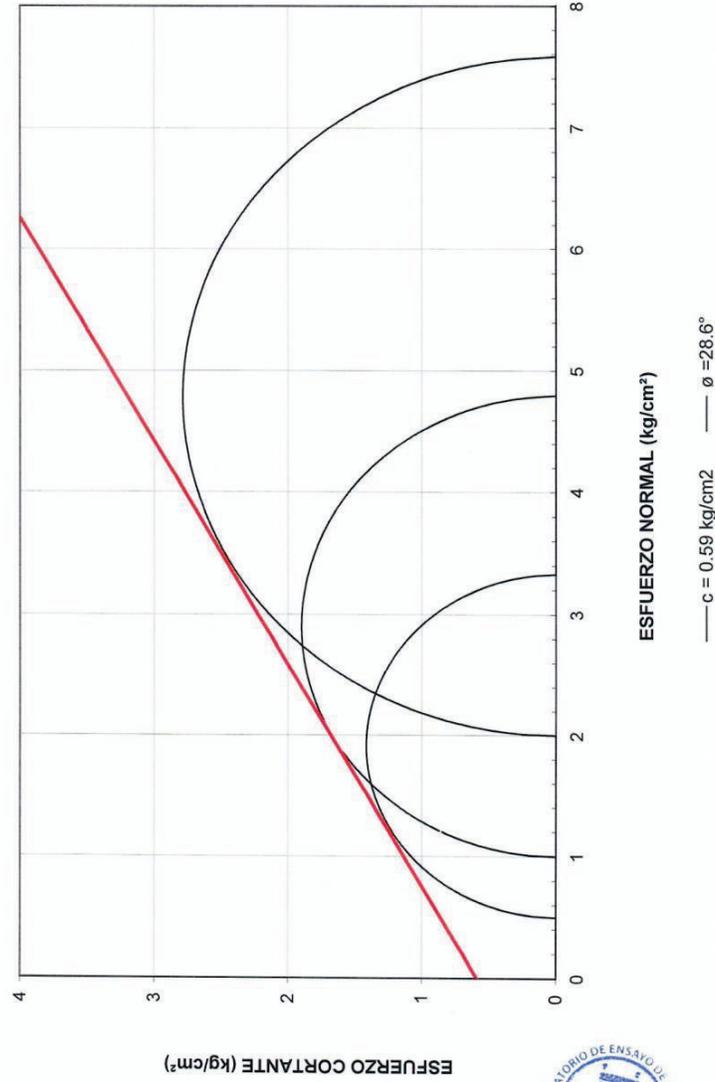


ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-119  
06 DE 06

**CIRCULOS DE MOHR**

PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
PROFUNDIDAD: \*\*\*  
UBICACIÓN: Divino Niño



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanina, Ofic. M15 email: laboratoriocivilpepn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo:UU-S-S-17-007-T.xls

## A.2.7 KIEL



INF.No. 17-120  
HOJA 01 DE 06

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
Ds (cm) :	3.62	Wo (gr) :	125.97	Vo (cm <sup>3</sup> ) :	80.71
Dm (cm) :	3.67	Hm (cm) :	7.72	W % :	14.21
Di (cm) :	3.59	Ao (cm <sup>2</sup> ) :	10.45	& (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.561
UBICACIÓN :	Kiel	SONDEO:	***	σ1 (kg/cm <sup>2</sup> ) :	0.50
PROFUNDIDAD :	***	ENSAYO #:	UU-1 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	10.45	0.00
0.010	1.02	10	0.13	10.47	0.10
0.021	2.14	20	0.26	10.48	0.20
0.036	3.67	30	0.39	10.50	0.35
0.048	4.93	40	0.52	10.51	0.47
0.064	6.54	50	0.65	10.52	0.62
0.097	9.89	75	0.97	10.56	0.94
0.135	13.77	100	1.30	10.59	1.30
0.193	19.69	125	1.62	10.63	1.85
0.240	24.48	150	1.94	10.66	2.30
0.322	32.81	175	2.27	10.70	3.07
0.289	29.52	200	2.59	10.73	2.75
0.263	26.85	250	3.24	10.80	2.48
0.239	24.42	300	3.89	10.88	2.24
0.234	23.85	350	4.53	10.95	2.18
0.212	21.60	400	5.18	11.03	1.96
0.190	19.39	450	5.83	11.10	1.75
0.174	17.74	500	6.48	11.18	1.59
0.168	17.14	600	7.77	11.34	1.51
0.169	17.24	700	9.07	11.50	1.50
0.169	17.21	800	10.36	11.66	1.48
0.170	17.39	900	11.66	11.83	1.47
0.163	16.64	1000	12.95	12.01	1.39

ING. MERCEDES VILLACIS

JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-008-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-120  
HOJA 2 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
Ds (cm) :	3.66	Wo (gr) :	129.84	Vo (cm <sup>3</sup> ) :	80.92
Dm (cm) :	3.67	Hm (cm) :	7.67	W % :	14.53
Di (cm) :	3.65	Ao (cm <sup>2</sup> ) :	10.55	& (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.605
UBICACIÓN :	Kiel	SONDEO:	***	σ <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) :	1.00
PROFUNDIDAD :	***	ENSAYO #:	UU-2 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	10.55	0.00
0.033	3.37	10	0.13	10.56	0.32
0.059	6.02	20	0.26	10.58	0.57
0.081	8.26	30	0.39	10.59	0.78
0.101	10.30	40	0.52	10.60	0.97
0.122	12.44	50	0.65	10.62	1.17
0.171	17.44	75	0.98	10.65	1.64
0.250	25.50	100	1.30	10.69	2.39
0.313	31.93	125	1.63	10.72	2.98
0.379	38.66	150	1.96	10.76	3.59
0.447	45.61	175	2.28	10.80	4.22
0.416	42.45	200	2.61	10.83	3.92
0.378	38.57	250	3.26	10.91	3.54
0.352	35.88	300	3.91	10.98	3.27
0.334	34.10	350	4.56	11.05	3.08
0.328	33.49	400	5.22	11.13	3.01
0.312	31.78	450	5.87	11.21	2.84
0.290	29.59	500	6.52	11.29	2.62
0.274	27.90	600	7.82	11.44	2.44
0.260	26.56	700	9.13	11.61	2.29
0.260	26.49	800	10.43	11.78	2.25
0.255	26.05	900	11.73	11.95	2.18
0.251	25.65	1000	13.04	12.13	2.11

  
**ING. MERCEDES VILLACIS**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976.300 ext: 1609

Archivo: UU-S-S-17-008-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-120  
HOJA 3 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
Ds (cm) :	3.62	Wo (gr) :	134.03	Vo (cm <sup>3</sup> ) :	81.29
Dm (cm) :	3.68	Hm (cm) :	7.74	W % :	14.11
Di (cm) :	3.60	Ao (cm <sup>2</sup> ) :	10.50	& (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.649
UBICACIÓN :	Kiel	SONDEO:	***	σ <sub>3</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) :	2.00
PROFUNDIDAD :	***	ENSAYO #:	UU-3 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0	0	0.00	10.50	0.00
0.060	6.12	10	0.13	10.52	0.58
0.103	10.46	20	0.26	10.53	0.99
0.141	14.38	30	0.39	10.54	1.36
0.179	18.26	40	0.52	10.56	1.73
0.213	21.73	50	0.65	10.57	2.06
0.297	30.29	75	0.97	10.61	2.86
0.381	38.86	100	1.29	10.64	3.65
0.474	48.35	125	1.61	10.68	4.53
0.568	57.94	150	1.94	10.71	5.41
0.653	66.62	175	2.26	10.75	6.20
0.558	56.91	200	2.58	10.78	5.28
0.514	52.44	250	3.23	10.85	4.83
0.481	49.11	300	3.88	10.93	4.49
0.444	45.26	350	4.52	11.00	4.11
0.392	40.02	400	5.17	11.07	3.61
0.371	37.80	450	5.81	11.15	3.39
0.356	36.34	500	6.46	11.23	3.24
0.352	35.86	600	7.75	11.39	3.15
0.348	35.48	700	9.04	11.55	3.07
0.347	35.41	800	10.34	11.71	3.02
0.343	34.99	900	11.63	11.88	2.94
0.341	34.82	1000	12.92	12.06	2.89

  
**ING. MERCEDES VILLACIS**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratoriocivilepn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext: 1608

Archivo: UU-S-S-17-008-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

*ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT*

INF.No. 17-120  
HOJA 4 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

PROYECTO : "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"	RESUMEN DE RESULTADOS
SOLICITA : KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON CONTRATISTA : *** PROFUNDIDAD : *** UBICACIÓN : Kiel	HUMEDAD : 14.28 (%) DENSIDAD : 1.60 (gr/cm <sup>3</sup> ) COHESIÓN : 0.60 (kg/cm <sup>2</sup> ) ÁNGULO DE FRICCIÓN : 30.71 (°)

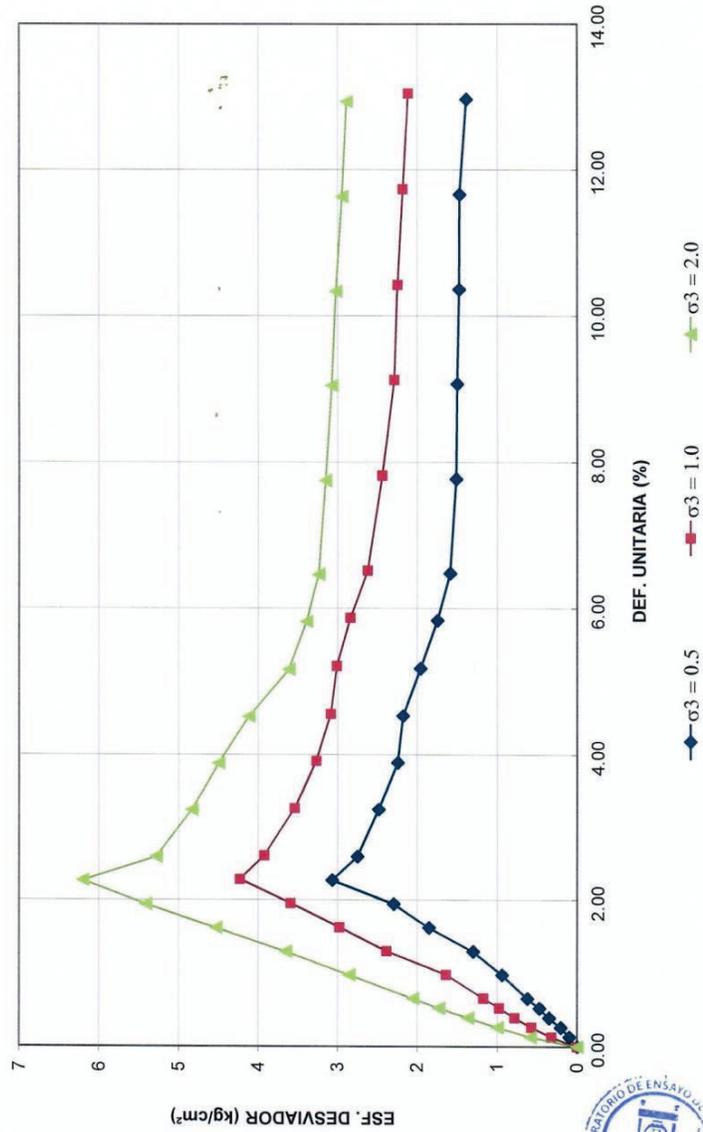
  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DEL LABORATORIO





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-120  
05 DE 06  
**ESF. DESVIADOR - DEF. UNITARIA**  
PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO  
PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
PROFUNDIDAD: \*\*\*  
UBICACIÓN: Kiel



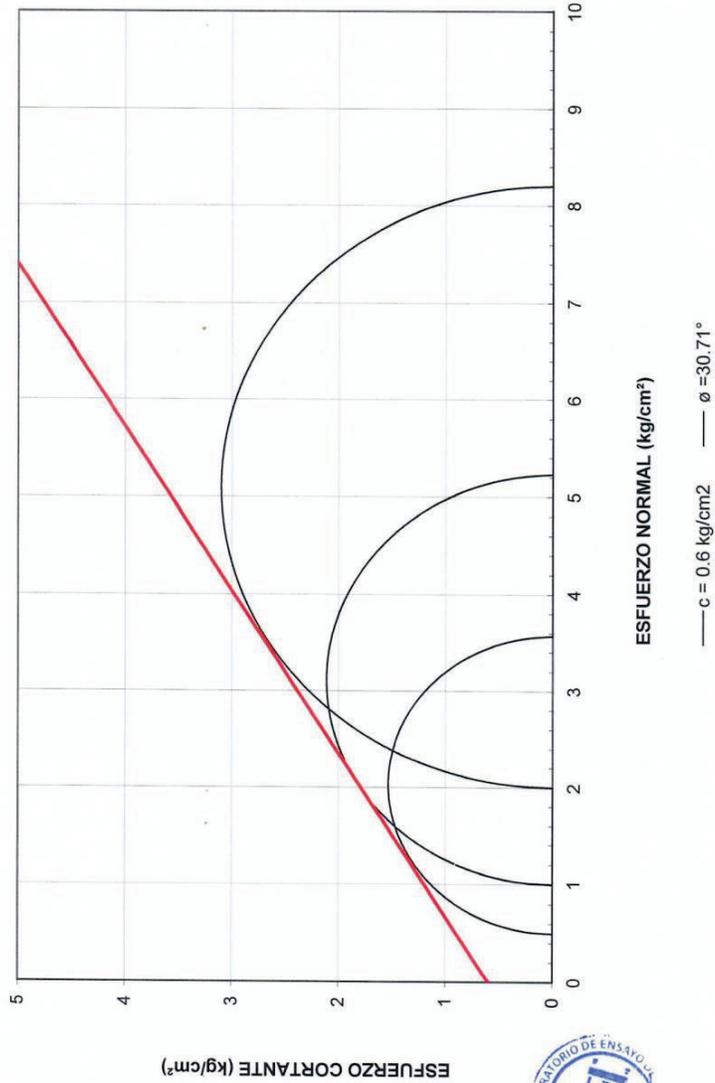


ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-120  
06 DE 06

**CIRCULOS DE MOHR**

PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
 PROFUNDIDAD: ...  
 UBICACIÓN: Kiel



## A.2.8 KRUMLOV



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-121  
HOJA 01 DE 06

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
Ds (cm) :	3.66	Wo (gr) :	131.51	Vo (cm <sup>3</sup> ) :	81.26
Dm (cm) :	3.66	Hm (cm) :	7.78	W % :	19.33
Di (cm) :	3.58	Ao (cm <sup>2</sup> ) :	10.45	& (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.618
UBICACIÓN :	Krumlov	SONDEO :	***	σ <sub>I</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) :	0.50
PROFUNDIDAD :	***	ENSAYO #:	UU-1 (s/sat)		
LECT. DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	10.45	0.00
0.019	1.94	10	0.13	10.46	0.19
0.034	3.47	20	0.26	10.47	0.33
0.056	5.71	30	0.39	10.49	0.54
0.073	7.45	40	0.51	10.50	0.71
0.084	8.57	50	0.64	10.51	0.82
0.120	12.24	75	0.96	10.55	1.16
0.150	15.30	100	1.29	10.58	1.45
0.164	16.73	125	1.61	10.62	1.58
0.165	16.83	150	1.93	10.65	1.58
0.170	17.34	175	2.25	10.69	1.62
0.176	17.95	200	2.57	10.72	1.67
0.178	18.16	250	3.21	10.79	1.68
0.184	18.77	300	3.86	10.86	1.73
0.187	19.07	350	4.50	10.94	1.74
0.189	19.28	400	5.14	11.01	1.75
0.195	19.89	450	5.78	11.09	1.79
0.199	20.30	500	6.43	11.16	1.82
0.205	20.91	600	7.71	11.32	1.85
0.211	21.52	700	9.00	11.48	1.88
0.213	21.73	800	10.28	11.64	1.87
0.213	21.73	900	11.57	11.81	1.84
0.197	20.09	1000	12.85	11.99	1.68

  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanina, Ofic. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-009-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-121  
HOJA 2 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

Ds (cm) :	3.59	Wo (gr) :	127.30	Vo (cm <sup>3</sup> ) :	76.54
Dm (cm) :	3.60	Hm (cm) :	7.54	W % :	20.10
Di (cm) :	3.58	Ao (cm <sup>2</sup> ) :	10.15	& (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.663
UBICACIÓN :	Krumlov	SONDEO:	***	σ <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) :	1.00
PROFUNDIDAD :	***	ENSAYO #:	UU-2 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	10.15	0.00
0.033	3.37	10	0.13	10.16	0.33
0.069	7.04	20	0.27	10.18	0.69
0.108	11.02	30	0.40	10.19	1.08
0.135	13.78	40	0.53	10.20	1.35
0.161	16.42	50	0.66	10.22	1.61
0.213	21.73	75	0.99	10.25	2.12
0.269	27.44	100	1.33	10.29	2.67
0.311	31.72	125	1.66	10.32	3.07
0.335	34.17	150	1.99	10.36	3.30
0.350	35.70	175	2.32	10.39	3.44
0.357	36.41	200	2.65	10.43	3.49
0.367	37.43	250	3.32	10.50	3.57
0.370	37.74	300	3.98	10.57	3.57
0.373	38.05	350	4.64	10.64	3.57
0.377	38.45	400	5.31	10.72	3.59
0.379	38.66	450	5.97	10.79	3.58
0.380	38.76	500	6.63	10.87	3.57
0.381	38.86	600	7.96	11.03	3.52
0.380	38.76	700	9.28	11.19	3.46
0.379	38.66	800	10.61	11.36	3.40
0.379	38.66	900	11.94	11.53	3.35
0.378	38.56	1000	13.26	11.70	3.29

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext: 1609

Archivo: UU-S-S-17-009-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-121  
HOJA 3 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

<b>Ds (cm) :</b>	3.62	<b>Wo (gr) :</b>	138.23	<b>Vo (cm<sup>3</sup>) :</b>	78.74
<b>Dm (cm) :</b>	3.65	<b>Hm (cm) :</b>	7.56	<b>W % :</b>	19.68
<b>Di (cm) :</b>	3.63	<b>Ao (cm<sup>2</sup>) :</b>	10.42	<b>&amp; (gr/cm<sup>3</sup>) :</b>	1.755
<b>UBICACIÓN :</b>	Krumlov	<b>SONDEO:</b>	***	<b>σ<sub>3</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) :</b>	2.00
<b>PROFUNDIDAD :</b>	***	<b>ENSAYO #:</b>	UU-3 (s/sat)		
<b>LECT.DIAL (KN)</b>	<b>CARGA (kg)</b>	<b>DEFORMAC. (mmx10-2)</b>	<b>DEF. UNITARIA (%)</b>	<b>AREA.CORR. (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
0.000	0	0	0.00	10.42	0.00
0.063	6.43	10	0.13	10.43	0.62
0.111	11.32	20	0.26	10.44	1.08
0.165	16.83	30	0.40	10.46	1.61
0.222	22.64	40	0.53	10.47	2.16
0.276	28.15	50	0.66	10.49	2.68
0.428	43.66	75	0.99	10.52	4.15
0.543	55.39	100	1.32	10.56	5.25
0.577	58.85	125	1.65	10.59	5.56
0.597	60.89	150	1.98	10.63	5.73
0.611	62.32	175	2.31	10.66	5.84
0.624	63.65	200	2.65	10.70	5.95
0.650	66.30	250	3.31	10.77	6.15
0.672	68.54	300	3.97	10.85	6.32
0.691	70.48	350	4.63	10.92	6.45
0.699	71.30	400	5.29	11.00	6.48
0.704	71.81	450	5.95	11.08	6.48
0.699	71.30	500	6.61	11.15	6.39
0.694	70.79	600	7.94	11.31	6.26
0.687	70.07	700	9.26	11.48	6.10
0.687	70.07	800	10.58	11.65	6.02
0.680	69.36	900	11.90	11.82	5.87
0.680	69.36	1000	13.23	12.00	5.78

**ING. MERCEDES VILLACIS**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofc. M15 email: laboratoriocivil@epn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-009-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

*ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT*

INF.No. 17-121  
HOJA 4 DE 6

Quito, 7 de marzo de 2017

PROYECTO : "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"	RESUMEN DE RESULTADOS
SOLICITA : KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON CONTRATISTA : *** PROFUNDIDAD : *** UBICACIÓN : Krumlov	HUMEDAD : 19.70 (%) DENSIDAD : 1.68 (gr/cm <sup>3</sup> ) COHESIÓN : 0.11 (kg/cm <sup>2</sup> ) ÁNGULO DE FRICCIÓN : 37.31 (°)

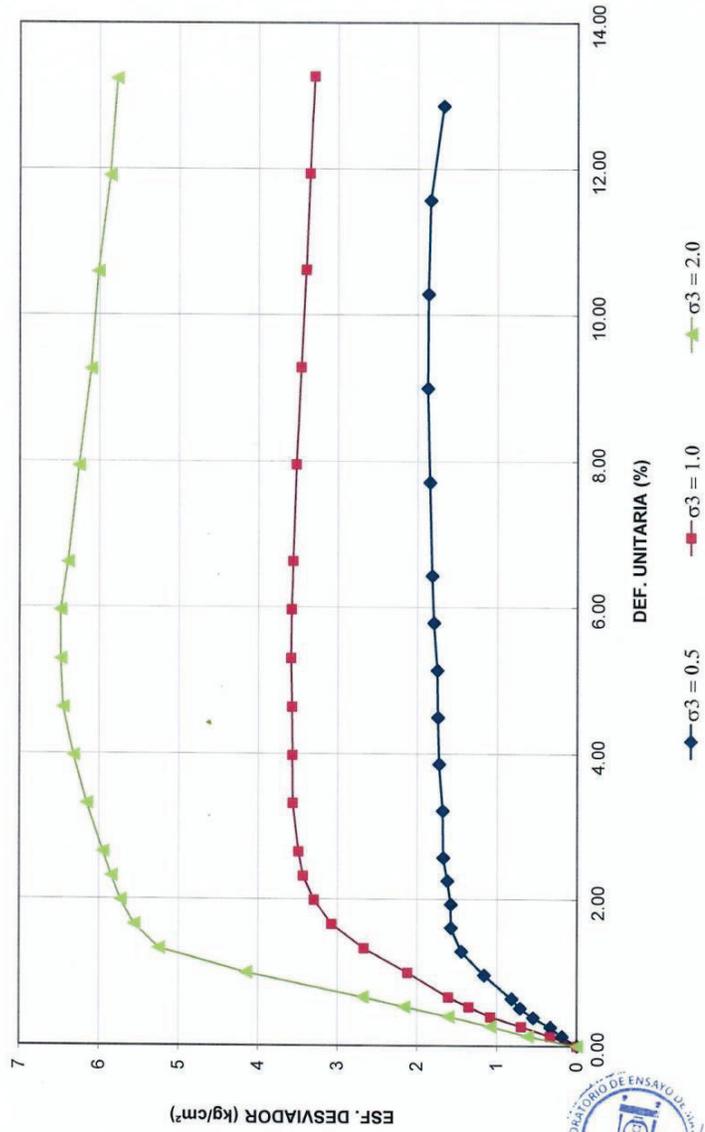
  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DEL LABORATORIO





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-121  
05 DE 06  
**ESF. DESVIADOR - DEF. UNITARIA**  
PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO  
PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
PROFUNDIDAD: \*\*\*  
UBICACIÓN: Krumlov

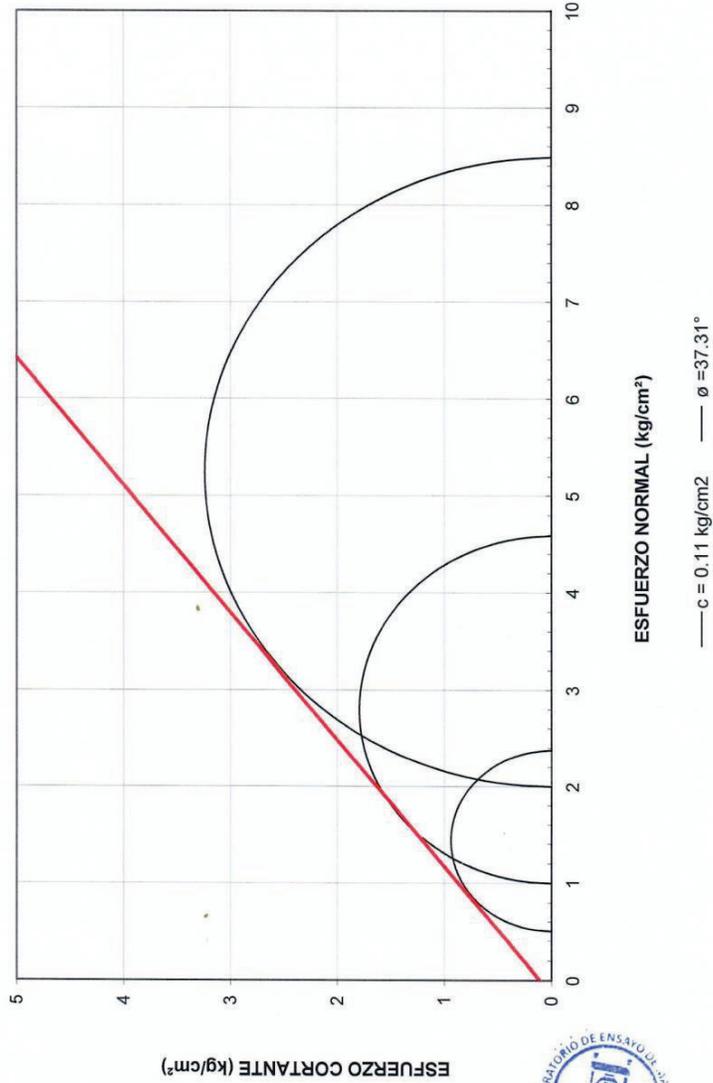




ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-121  
06 DE 06

**CIRCULOS DE MOHR**  
PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
PROFUNDIDAD: \*\*\*  
UBICACIÓN: Krumblov



## A.2.9 LA VICTORIA



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-122  
HOJA 01 DE 06

Quito, 7 de enero de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

<b>Ds (cm) :</b>	3.71	<b>Wo (gr) :</b>	142.05	<b>Vo (cm<sup>3</sup>) :</b>	81.81
<b>Dm (cm) :</b>	3.64	<b>Hm (cm) :</b>	7.74	<b>W % :</b>	23.09
<b>Di (cm) :</b>	3.74	<b>Ao (cm<sup>2</sup>) :</b>	10.57	<b>&amp; (gr/cm<sup>3</sup>) :</b>	1.736
<b>UBICACIÓN :</b>	La Victoria	<b>SONDEO:</b>	***	<b>σ<sub>l</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) :</b>	0.50
<b>PROFUNDIDAD :</b>	***	<b>ENSAYO #:</b>	UU-1 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	10.57	0.00
0.022	2.19	10	0.13	10.58	0.21
0.041	4.18	20	0.26	10.60	0.39
0.059	6.02	30	0.39	10.61	0.57
0.077	7.80	40	0.52	10.63	0.73
0.094	9.54	50	0.65	10.64	0.90
0.129	13.16	75	0.97	10.67	1.23
0.166	16.88	100	1.29	10.71	1.58
0.206	20.96	125	1.61	10.74	1.95
0.246	25.04	150	1.94	10.78	2.32
0.296	30.14	175	2.26	10.81	2.79
0.336	34.22	200	2.58	10.85	3.15
0.386	39.32	250	3.23	10.92	3.60
0.416	42.38	300	3.88	11.00	3.85
0.420	42.84	350	4.52	11.07	3.87
0.412	41.97	400	5.17	11.15	3.77
0.396	40.34	450	5.81	11.22	3.59
0.356	36.31	500	6.46	11.30	3.21
0.280	28.56	600	7.75	11.46	2.49
0.251	25.55	700	9.04	11.62	2.20
0.241	24.53	800	10.34	11.79	2.08
0.240	24.43	900	11.63	11.96	2.04
0.239	24.33	1000	12.92	12.14	2.00

**ING. MERCEDES VILLACIS**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratoriocivilepn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609

Archivo: UU-S-S-17-010-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-122  
HOJA 2 DE 6

Quito, 7 de enero de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
Ds (cm) :	3.74	Wo (gr) :	143.65	Vo (cm <sup>3</sup> ) :	83.28
Dm (cm) :	3.71	Hm (cm) :	7.71	W % :	23.41
Di (cm) :	3.67	Ao (cm <sup>2</sup> ) :	10.80	& (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.725
UBICACIÓN :	La Victoria	SONDEO:	***	σ <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) :	1.00
PROFUNDIDAD :	***	ENSAYO #:	UU-2 (s/sat)		
LECT. DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0	0.00	10.80	0.00
0.030	3.06	10	0.13	10.81	0.28
0.055	5.59	20	0.26	10.83	0.52
0.077	7.89	30	0.39	10.84	0.73
0.100	10.18	40	0.52	10.86	0.94
0.121	12.32	50	0.65	10.87	1.13
0.172	17.50	75	0.97	10.91	1.60
0.226	23.01	100	1.30	10.94	2.10
0.276	28.11	125	1.62	10.98	2.56
0.336	34.23	150	1.95	11.02	3.11
0.386	39.33	175	2.27	11.05	3.56
0.426	43.41	200	2.59	11.09	3.91
0.486	49.53	250	3.24	11.16	4.44
0.516	52.59	300	3.89	11.24	4.68
0.526	53.61	350	4.54	11.31	4.74
0.519	52.92	400	5.19	11.39	4.65
0.497	50.71	450	5.84	11.47	4.42
0.465	47.41	500	6.49	11.55	4.10
0.416	42.43	600	7.78	11.71	3.62
0.382	38.96	700	9.08	11.88	3.28
0.375	38.27	800	10.38	12.05	3.18
0.363	37.01	900	11.67	12.23	3.03
0.354	36.07	1000	12.97	12.41	2.91

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. M15 email: laboratoriocivil@epn@yahoo.com / Telf.: (02) 2976 300 ext: 1609

Archivo: UU-S-S-17-010-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-122  
HOJA 3 DE 6

Quito, 7 de enero de 2017

**SOLICITA :** KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON  
**Atención :** Karina Lizette Campiño Llerena  
**Dirección :** Pasaje N13A e7-33 e Iquique  
**PROYECTO :** "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"  
**CONTRATISTA :** \*\*\*  
**FISCALIZADOR :** \*\*\*  
**NORMA :** ASTM D2850-15

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

LECT. DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm²)	ESFUERZO (kg/cm²)
0.000	0	0	0.00	10.43	0.00
0.042	4.28	10	0.13	10.44	0.41
0.079	8.06	20	0.26	10.45	0.77
0.111	11.32	30	0.39	10.47	1.08
0.144	14.66	40	0.53	10.48	1.40
0.174	17.74	50	0.66	10.49	1.69
0.246	25.08	75	0.99	10.53	2.38
0.333	33.94	100	1.32	10.56	3.21
0.427	43.57	125	1.64	10.60	4.11
0.503	51.28	150	1.97	10.64	4.82
0.563	57.40	175	2.30	10.67	5.38
0.623	63.52	200	2.63	10.71	5.93
0.669	68.26	250	3.29	10.78	6.33
0.699	71.31	300	3.95	10.85	6.57
0.710	72.39	350	4.61	10.93	6.62
0.704	71.76	400	5.26	11.01	6.52
0.680	69.34	450	5.92	11.08	6.26
0.632	64.51	500	6.58	11.16	5.78
0.594	60.54	600	7.89	11.32	5.35
0.573	58.43	700	9.21	11.48	5.09
0.561	57.22	800	10.53	11.65	4.91
0.550	56.06	900	11.84	11.83	4.74
0.537	54.75	1000	13.16	12.01	4.56

**ING. MERCEDES VILLACIS**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofc. M15 email: laboratoriocivil@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext: 1609

Archivo: UU-S-S-17-010-T.xls



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT**

INF.No. 17-122  
HOJA 4 DE 6

Quito, 7 de enero de 2017

PROYECTO : "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MODULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL"	RESUMEN DE RESULTADOS												
SOLICITA : KARINA CAMPIÑO, IVAN LITUMA, ELIANA BUITRON CONTRATISTA : *** PROFUNDIDAD : *** UBICACIÓN : La Victoria	<table> <tr> <td>HUMEDAD :</td> <td>23.14</td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD :</td> <td>1.74</td> <td>(gr/cm<sup>3</sup>)</td> </tr> <tr> <td>COHESIÓN :</td> <td>0.90</td> <td>(kg/cm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>ÁNGULO DE FRICCIÓN :</td> <td>28.59</td> <td>(°)</td> </tr> </table>	HUMEDAD :	23.14	(%)	DENSIDAD :	1.74	(gr/cm <sup>3</sup> )	COHESIÓN :	0.90	(kg/cm <sup>2</sup> )	ÁNGULO DE FRICCIÓN :	28.59	(°)
HUMEDAD :	23.14	(%)											
DENSIDAD :	1.74	(gr/cm <sup>3</sup> )											
COHESIÓN :	0.90	(kg/cm <sup>2</sup> )											
ÁNGULO DE FRICCIÓN :	28.59	(°)											

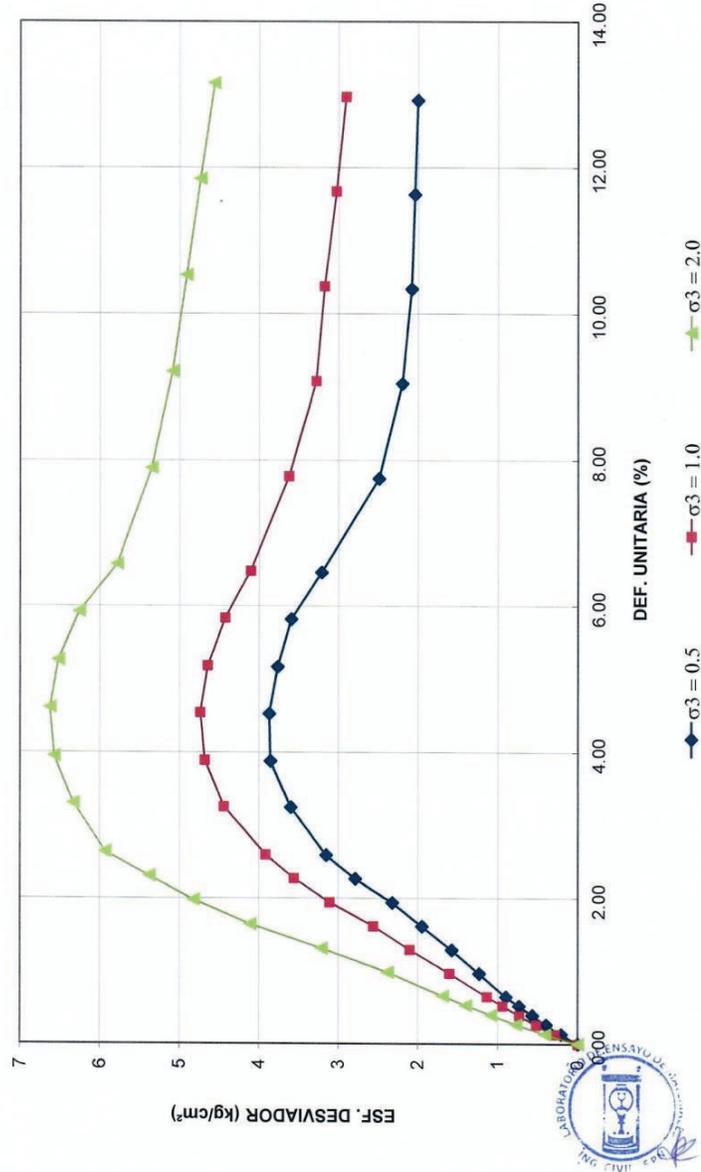
  
**ING. MERCEDES VILLACIS**  
**JEFE DEL LABORATORIO**





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-122  
05 DE 06  
**ESF. DESVIADOR - DEF. UNITARIA**  
PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO  
PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
PROFUNDIDAD: \*\*\*  
UBICACIÓN: La Victoria

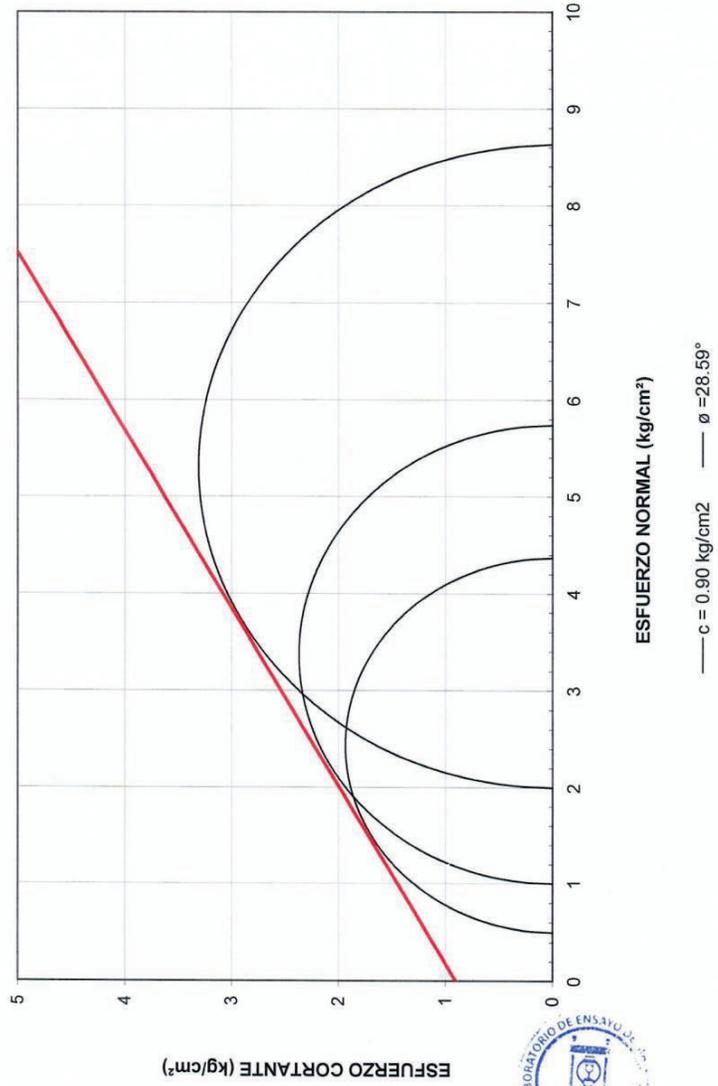




**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

INF. 17-122  
 06 DE 06

**CIRCULOS DE MOHR**  
 PROYECTO: ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL MÓDULO DE SUBRASANTE MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL  
 PROFUNDIDAD: \*\*\*  
 UBICACIÓN: La Victoria



## A.3. ENSAYOS TRIAXIALES AL 1% DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA

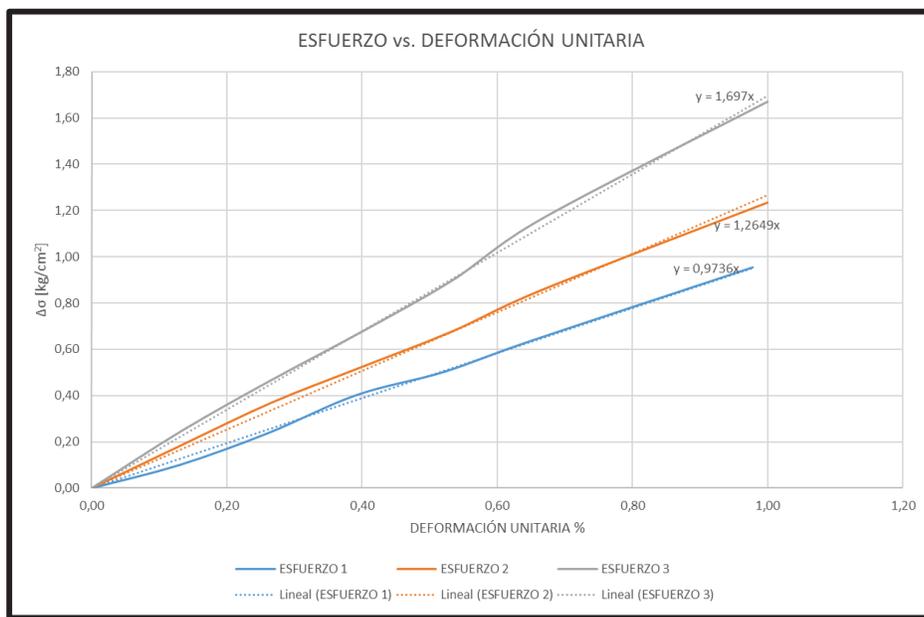
### A.3.1 PEGASSO

TABLA A.3.1 DATOS ENSAYO TRIAXIAL

LECTURA DIAL [KN]	CARGA [Kg]	DEFORMAC. [mmx10 <sup>-2</sup> ]	DEF. UNIT. [%]	DEF. TOTAL [cm]	AREA CORR. [cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO $\Delta\sigma$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]
0,000	0,00	0	0,00	0,00	10,14	0,00
0,010	1,02	10	0,13	0,01	10,15	0,10
0,024	2,41	20	0,26	0,02	10,17	0,24
0,040	4,08	30	0,39	0,03	10,18	0,40
0,050	5,12	40	0,52	0,04	10,19	0,50
0,064	6,51	50	0,65	0,05	10,21	0,64
0,096	9,76	75	0,98	0,08	10,24	0,95

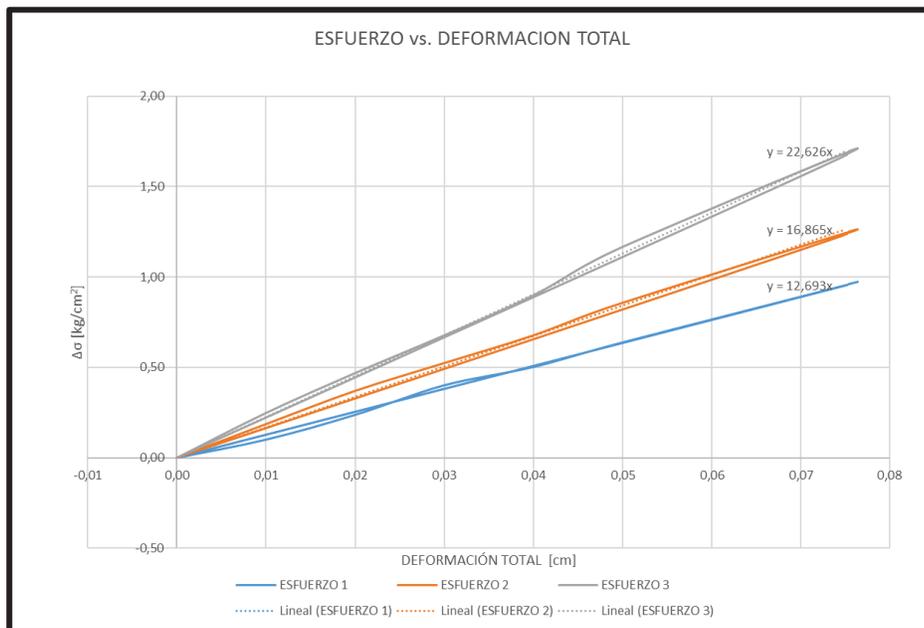
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

GRÁFICO A.3.1 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

### GRÁFICO A.3.2 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN TOTAL



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

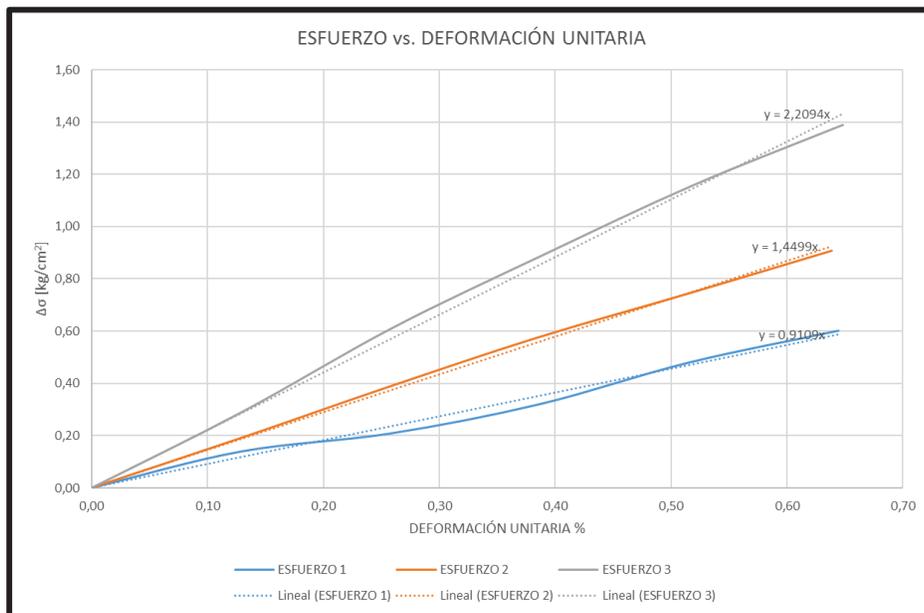
### A.3.2 VIDAL

TABLA A.3.2 DATOS ENSAYO TRIAXIAL

LECTURA DIAL	CARGA [Kg]	DEFORMAC. [mmx10 <sup>-2</sup> ]	DEF. UNIT. [%]	DEF. TOTAL [cm]	AREA CORR. [cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO Δσ [Kg/cm <sup>2</sup> ]
0,000	0,00	0	0,00	0,00	10,47	0,00
0,014	1,46	10	0,13	0,01	10,49	0,14
0,021	2,19	20	0,26	0,02	10,50	0,21
0,033	3,37	30	0,39	0,03	10,51	0,32
0,050	5,06	40	0,52	0,04	10,53	0,48
0,062	6,35	50	0,64	0,05	10,54	0,60
0,094	9,62	75	0,97	0,08	10,58	0,91

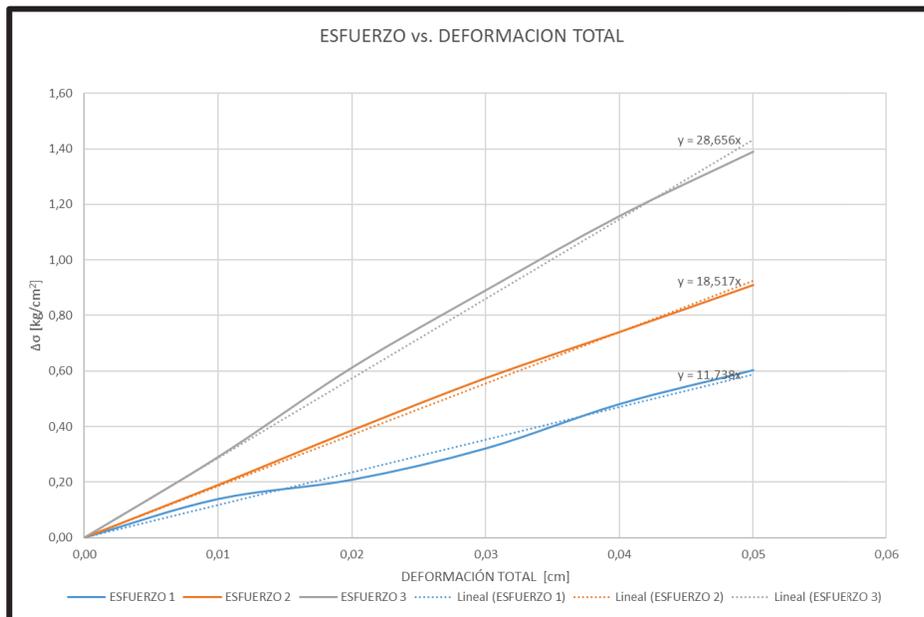
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

### GRÁFICO A.3.3 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

### GRAFICO A.3.4 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN TOTAL



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

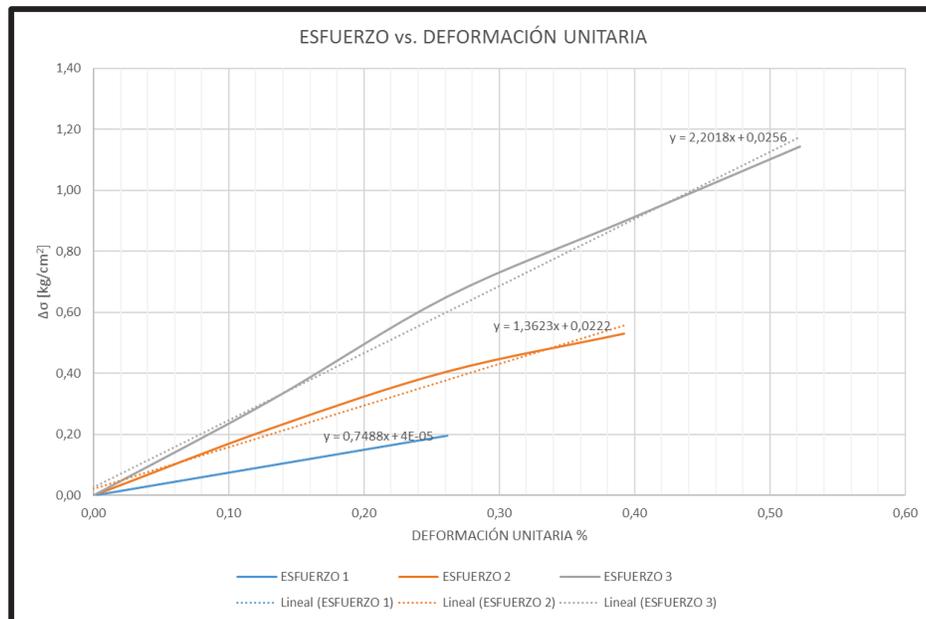
### A.3.3 FREIBURG

**TABLA A.3.3 DATOS ENSAYO TRIAXIAL**

LECTURA DIAL [KN]	CARGA [Kg]	DEFORMAC. [mmx10 <sup>-2</sup> ]	DEF. UNIT. [%]	DEF. TOTAL [cm]	AREA CORR. [cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO $\Delta\sigma$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]
0,000	0,00	0	0,00	0,00	10,39	0,00
0,010	1,02	10	0,13	0,01	10,40	0,10
0,020	2,04	20	0,26	0,02	10,41	0,20
0,031	3,16	30	0,39	0,03	10,43	0,30
0,039	3,98	40	0,52	0,04	10,44	0,38
0,045	4,59	50	0,65	0,05	10,46	0,44
0,059	6,01	75	0,98	0,08	10,49	0,57

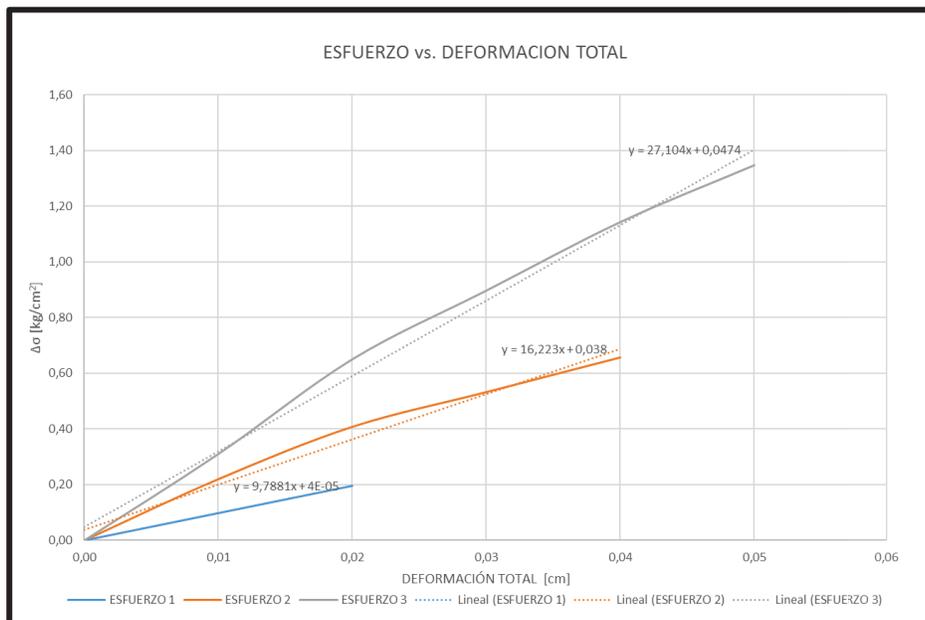
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

**GRÁFICO A.3.5 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

### GRÁFICO A.3.6 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN TOTAL



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

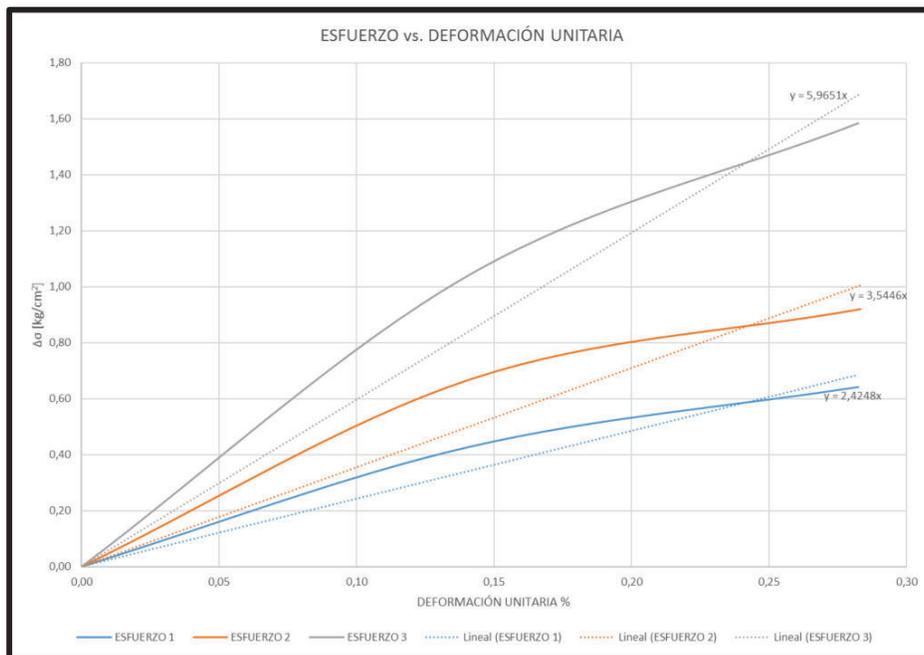
### A.3.4 SANTA LUCÍA

TABLA A.3.4 DATOS ENSAYO TRIAXIAL

LECTURA DIAL [div]	CARGA [Kg]	DEFORMAC. [mmx10 <sup>-2</sup> ]	DEF. UNIT. [%]	DEF. TOTAL [cm]	AREA CORR. [cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO $\Delta\sigma$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]
0,000	0,00	0	0,00	0,00	9,46	0,00
10,000	4,06	10	0,14	0,01	9,47	0,43
15,000	6,09	20	0,28	0,02	9,49	0,64
19,000	7,71	30	0,42	0,03	9,50	0,81
24,000	9,74	40	0,56	0,04	9,51	1,02
30,000	12,18	50	0,71	0,05	9,53	1,28
46,000	18,68	75	1,06	0,08	9,56	1,95

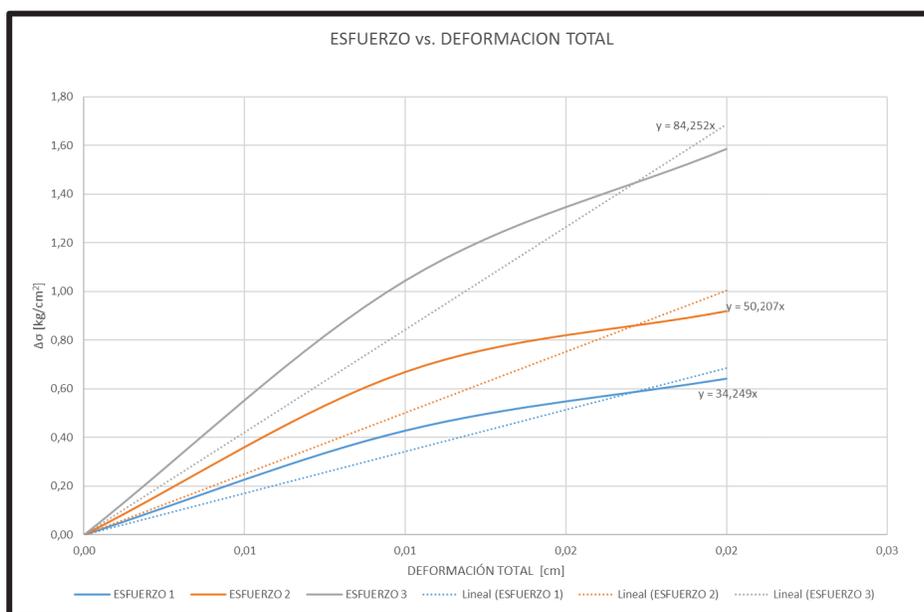
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

### GRÁFICO A.3.7 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

### GRÁFICO A.3.8 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN TOTAL



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

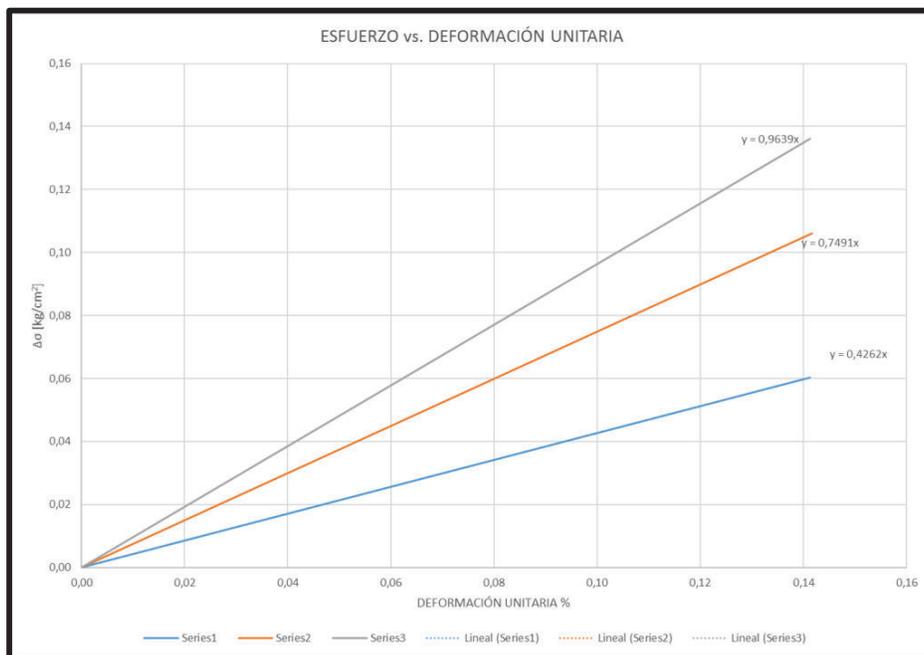
### A.3.5 FIRENZE

**TABLA A.3.5 DATOS ENSAYO TRIAXIAL**

LECTURA DIAL [div]	CARGA [Kg]	DEFORMAC. [mmx10 <sup>-2</sup> ]	DEF. UNIT. [%]	DEF. TOTAL [cm]	AREA CORR. [cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO $\Delta\sigma$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]
0,000	0,00	0	0,00	0,00	9,82	0,00
4,000	0,59	10	0,14	0,01	9,83	0,06
8,000	1,18	20	0,28	0,02	9,85	0,12
10,000	1,48	30	0,42	0,03	9,86	0,15
12,000	1,78	40	0,56	0,04	9,88	0,18
15,000	2,22	50	0,71	0,05	9,89	0,22
21,000	3,11	75	1,06	0,08	9,93	0,31

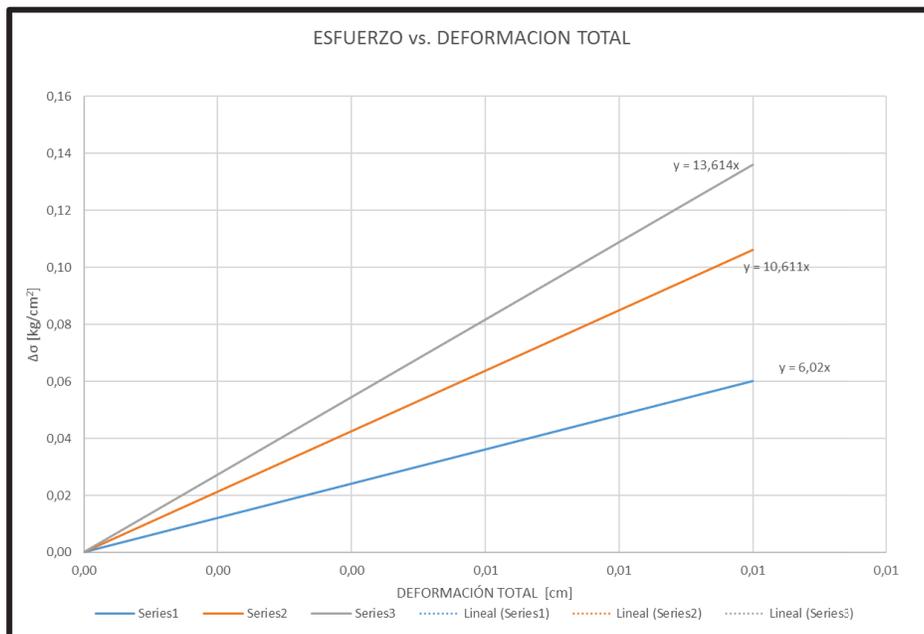
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

**GRÁFICO A.3.9 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

### GRÁFICO A.3.10 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN TOTAL



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

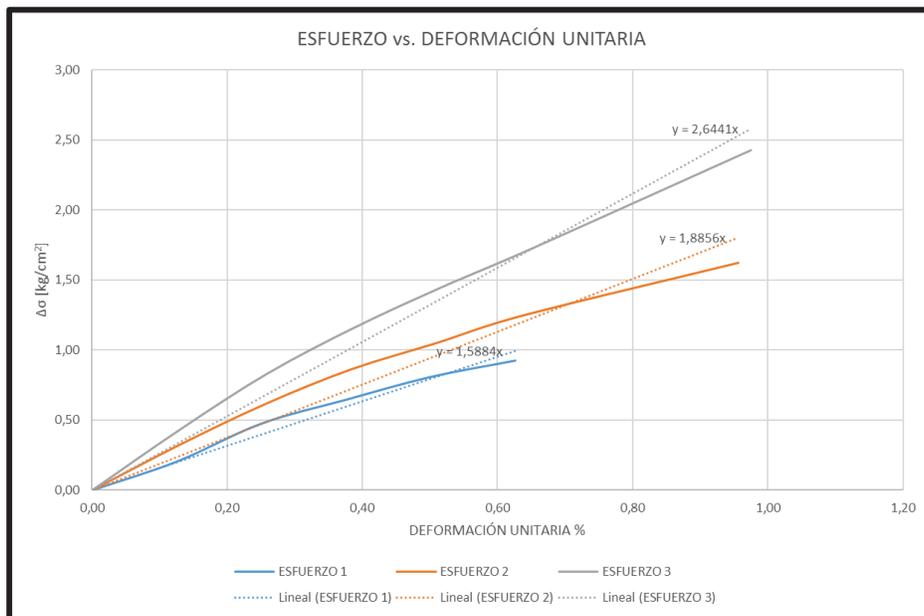
### A.3.6 DIVINO NIÑO

TABLA A.3.6 DATOS ENSAYO TRIAXIAL

LECTURA DIAL	CARGA [Kg]	DEFORMAC. [mmx10 <sup>-2</sup> ]	DEF. UNIT. [%]	DEF. TOTAL [cm]	AREA CORR. [cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO $\Delta\sigma$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]
0,000	0,00	0	0,00	0,00	8,36	0,00
0,017	1,71	10	0,13	0,01	8,37	0,20
0,039	3,99	20	0,25	0,02	8,38	0,48
0,053	5,42	30	0,38	0,03	8,40	0,65
0,067	6,79	40	0,50	0,04	8,41	0,81
0,076	7,78	50	0,63	0,05	8,42	0,92
0,097	9,89	75	0,94	0,08	8,44	1,17

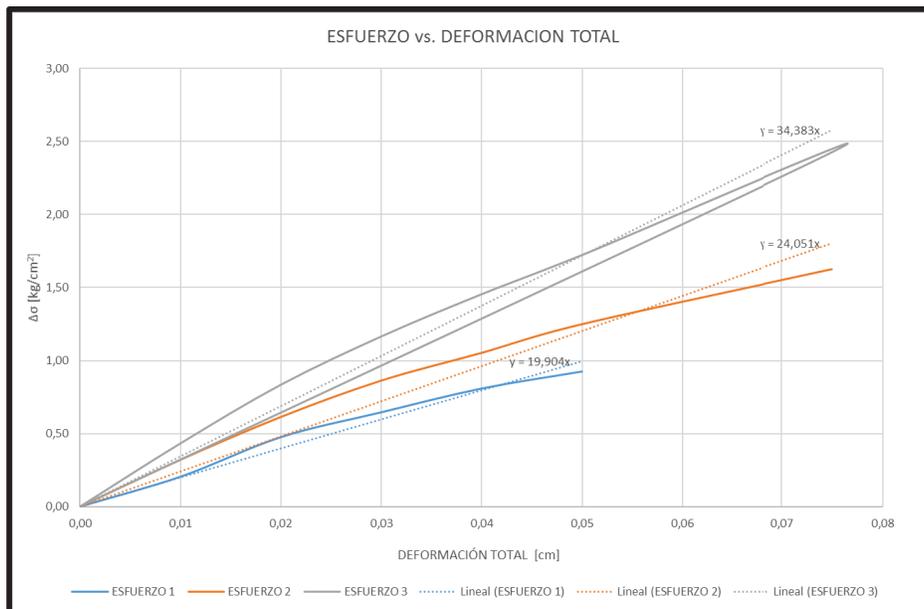
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

GRÁFICO A.3.11 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

GRAFICO A.3.12 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN TOTAL



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

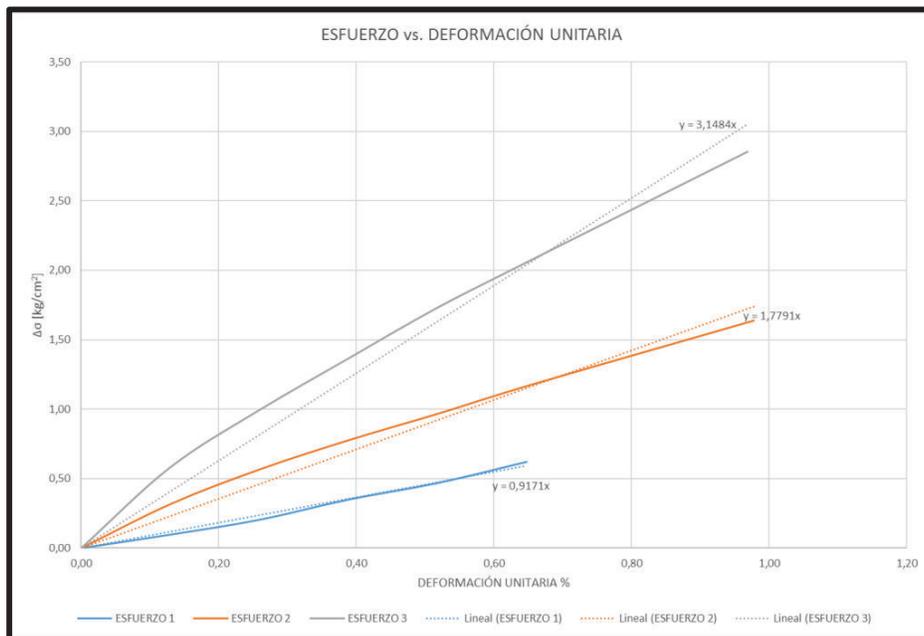
### A.3.7 KIEL

**TABLA A.3.7 DATOS ENSAYO TRIAXIAL**

LECTURA DIAL [KN]	CARGA [Kg]	DEFORMAC. [mmx10 <sup>2</sup> ]	DEF. UNIT. [%]	DEF. TOTAL [cm]	AREA CORR. [cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO $\Delta\sigma$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]
0,000	0,00	0	0,00	0,00	10,45	0,00
0,010	1,02	10	0,13	0,01	10,47	0,10
0,021	2,14	20	0,26	0,02	10,48	0,20
0,036	3,67	30	0,39	0,03	10,49	0,35
0,048	4,92	40	0,52	0,04	10,51	0,47
0,064	6,53	50	0,65	0,05	10,52	0,62
0,097	9,89	75	0,97	0,08	10,56	0,94

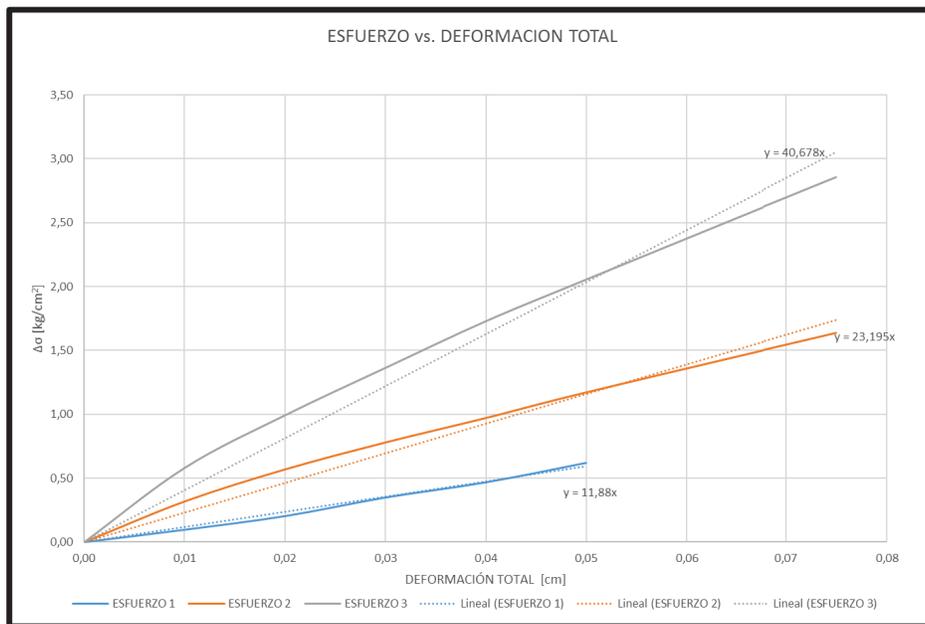
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

**GRÁFICO A.3.13 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

### GRÁFICO A.3.14 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN TOTAL



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

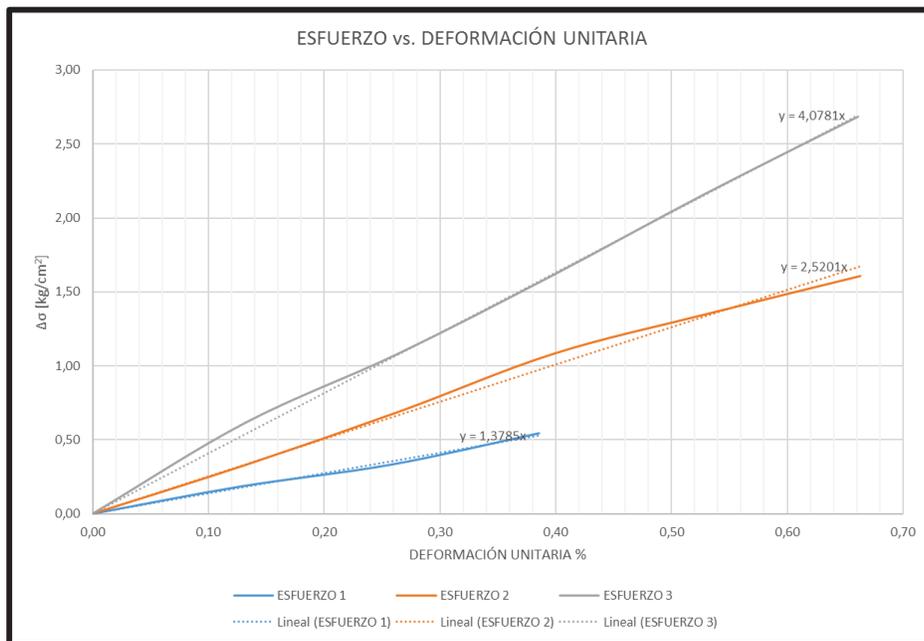
### A.3.8 KRUMLOV

TABLA A.3. 8 DATOS ENSAYO TRIAXIAL

LECTURA DIAL [KN]	CARGA [Kg]	DEFORMAC. [mmx10 <sup>-2</sup> ]	DEF. UNIT. [%]	DEF. TOTAL [cm]	AREA CORR. [cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO $\Delta\sigma$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]
0,000	0,00	0	0,00	0,00	10,44	0,00
0,019	1,94	10	0,13	0,01	10,46	0,19
0,034	3,47	20	0,26	0,02	10,47	0,33
0,056	5,71	30	0,39	0,03	10,48	0,54
0,073	7,44	40	0,51	0,04	10,50	0,71
0,084	8,56	50	0,64	0,05	10,51	0,81
0,120	12,23	75	0,96	0,08	10,55	1,16

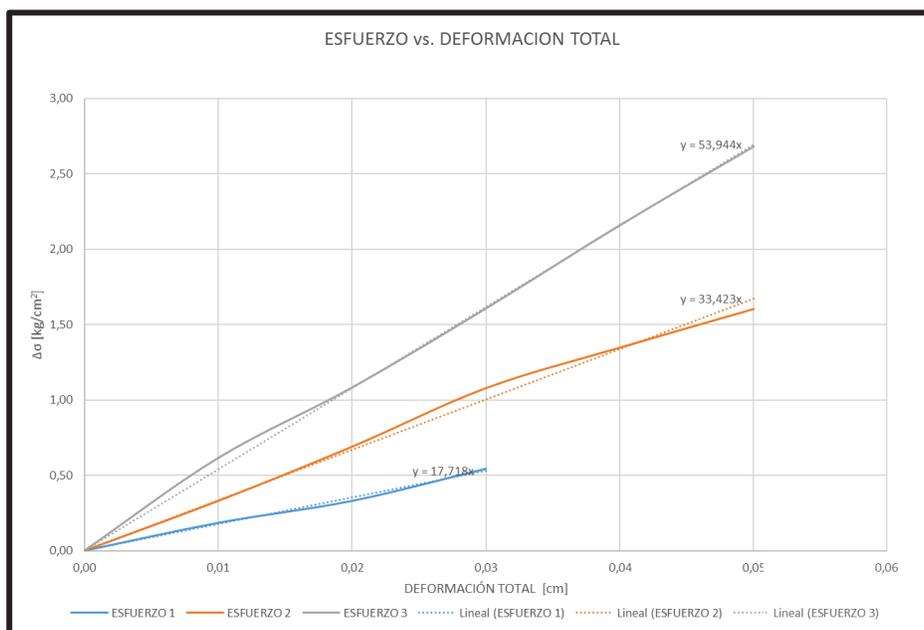
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

GRÁFICO A.3.15 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

GRÁFICO A.3.16 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN TOTAL



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

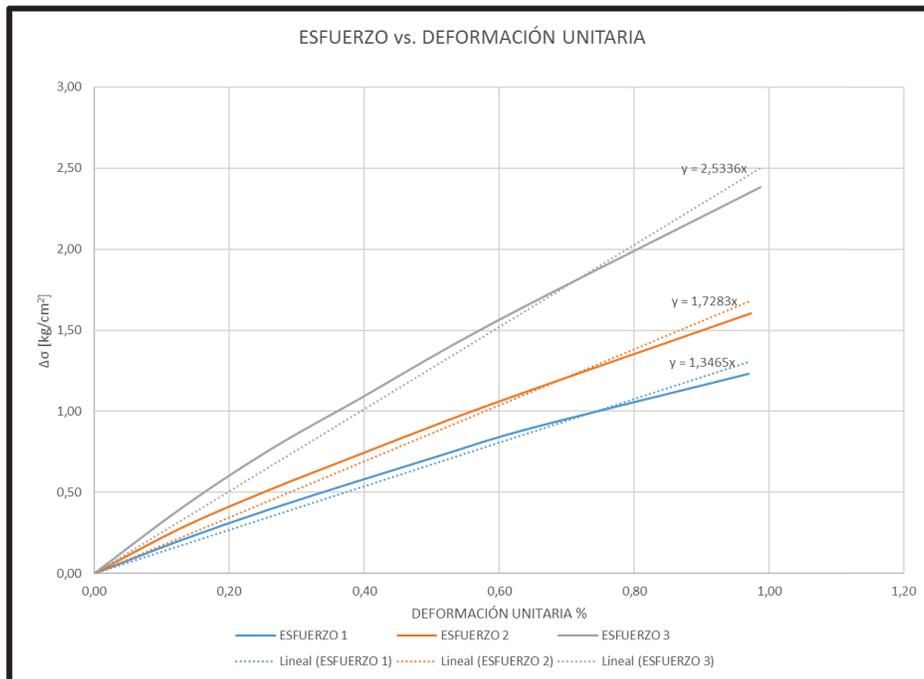
### A.3.9 LA VICTORIA

**TABLA A.3.9 DATOS ENSAYO TRIAXIAL**

LECTURA DIAL [KN]	CARGA [Kg]	DEFORMAC. [mmx10 <sup>2</sup> ]	DEF. UNIT. [%]	DEF. TOTAL [cm]	AREA CORR. [cm <sup>2</sup> ]	ESFUERZO $\Delta\sigma$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]
0,000	0,00	0	0,00	0,00	10,57	0,00
0,022	2,19	10	0,13	0,01	10,58	0,21
0,041	4,18	20	0,26	0,02	10,60	0,39
0,059	6,01	30	0,39	0,03	10,61	0,57
0,077	7,80	40	0,52	0,04	10,62	0,73
0,094	9,53	50	0,65	0,05	10,64	0,90
0,129	13,15	75	0,97	0,08	10,67	1,23

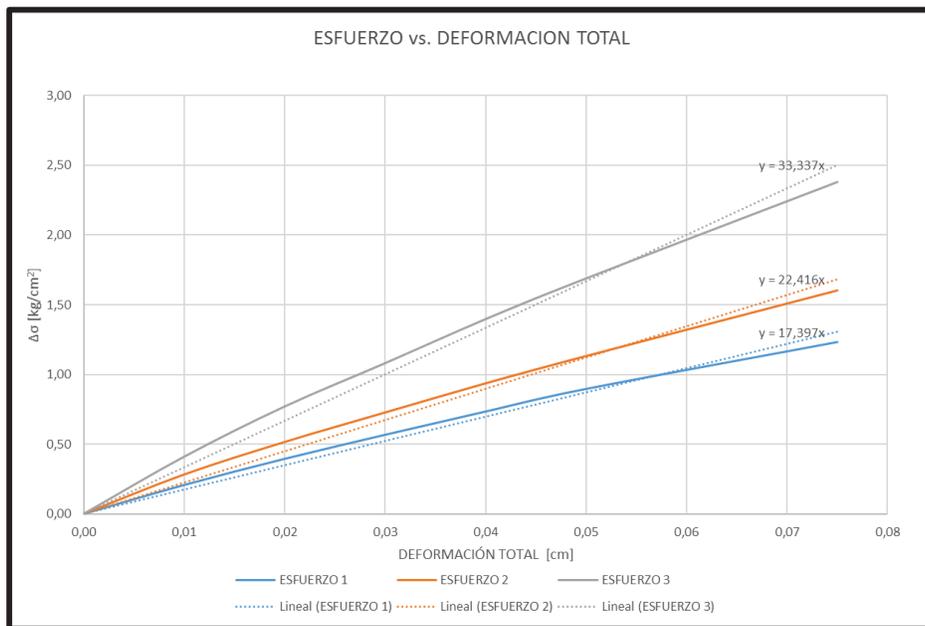
Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

**GRÁFICO A.3.17 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA**



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

GRÁFICO A.3.18 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN TOTAL



Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

**Anexo N° 2**

**Ensayos de Campo**

## A.4. ENSAYOS DE GATO PLANO

### A.4.1 CAMPUS ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**TABLA A.4.1 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Z**

DEFORMACIONES PARCIALES						
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-3 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)	$\Delta$ X-3' (cm)
0,703	0,047	0,027	0,001	0,034	0,030	0,000
0,703	0,038	0,032	0,015	0,041	0,029	0,017
0,703	0,053	0,037	0,016	0,052	0,032	0,019
0,703	0,031	0,022	0,014	0,043	0,029	0,012
$\Delta$ TOTAL	<b>0,169</b>	<b>0,118</b>	<b>0,046</b>	<b>0,171</b>	<b>0,121</b>	<b>0,048</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

**TABLA A.4.2 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Y**

DEFORMACIONES PARCIALES										
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-3 (cm)	$\Delta$ X-4 (cm)	$\Delta$ X-5 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)	$\Delta$ X-3' (cm)	$\Delta$ X-4' (cm)	$\Delta$ X-5' (cm)
0,703	0,013	0,005	0,003	0,006	0,000	0,026	0,008	0,006	0,009	0,000
0,703	0,008	0,007	0,008	0,007	0,000	0,009	0,013	0,012	0,010	0,000
0,703	0,008	0,005	0,006	0,006	0,000	0,010	0,007	0,009	0,011	0,000
0,703	0,005	0,012	0,009	0,002	0,000	0,006	0,019	0,015	0,004	0,000
$\Delta$ TOTAL	<b>0,034</b>	<b>0,029</b>	<b>0,026</b>	<b>0,021</b>	<b>0,000</b>	<b>0,051</b>	<b>0,047</b>	<b>0,043</b>	<b>0,034</b>	<b>0,000</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

### A.4.2 CONSTRUIBLEC

**TABLA A.4.3 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Z**

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,018	0,003	0,020	0,002
0,703	0,017	0,015	0,015	0,018
0,703	0,013	0,010	0,013	0,009
0,703	0,016	0,010	0,014	0,011
$\Delta$ TOTAL	<b>0,064</b>	<b>0,038</b>	<b>0,063</b>	<b>0,039</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

**TABLA A.4.4 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Y**

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,017	0,010	0,012	0,012
0,703	0,011	0,006	0,034	0,008
0,703	0,009	0,007	0,017	0,010
0,703	0,007	0,008	0,013	0,014
$\Delta$ TOTAL	<b>0,043</b>	<b>0,030</b>	<b>0,076</b>	<b>0,044</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

### A.4.3 PEGASSO

**TABLA A.4.5 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Z**

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,007	0,008	0,008	0,003
0,703	0,024	0,010	0,020	0,009
0,703	0,022	0,009	0,018	0,015
0,703	0,012	0,015	0,017	0,014
$\Delta$ TOTAL	<b>0,065</b>	<b>0,043</b>	<b>0,063</b>	<b>0,041</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

**TABLA A.4.6 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Y**

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,002	0,004	0,013	0,010
0,703	0,011	0,009	0,015	0,012
0,703	0,012	0,007	0,012	0,006
0,703	0,010	0,005	0,010	0,005
$\Delta$ TOTAL	<b>0,035</b>	<b>0,025</b>	<b>0,051</b>	<b>0,033</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

#### A.4.4 VIDAL

**TABLA A.4.7 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Z**

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,007	0,006	0,005	0,006
0,703	0,025	0,011	0,031	0,009
0,703	0,020	0,015	0,021	0,020
$\Delta$ TOTAL	<b>0,052</b>	<b>0,032</b>	<b>0,056</b>	<b>0,035</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

**TABLA A.4.8 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Y**

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,000	0,002	0,003	0,008
0,703	0,017	0,013	0,032	0,018
0,703	0,024	0,008	0,045	0,017
$\Delta$ TOTAL	<b>0,041</b>	<b>0,023</b>	<b>0,080</b>	<b>0,043</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

#### A.4.5 FREIBURG

**TABLA A.4.9 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Z**

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,018	0,006	0,016	0,004
0,703	0,030	0,018	0,023	0,018
0,703	0,041	0,021	0,037	0,026
0,703	0,139	0,041	0,133	0,039
$\Delta$ TOTAL	<b>0,228</b>	<b>0,087</b>	<b>0,208</b>	<b>0,086</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

TABLA A.4.10 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Y

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,008	0,020	0,007	0,012
0,703	0,016	0,013	0,014	0,020
0,703	0,022	0,019	0,034	0,016
0,703	0,115	0,044	0,292	0,157
$\Delta$ TOTAL	<b>0,161</b>	<b>0,096</b>	<b>0,347</b>	<b>0,204</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

#### A.4.6 SANTA LUCÍA

TABLA A.4.11 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Z

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,006	0,006	0,002	0,008
0,703	0,005	0,003	0,007	0,003
0,703	0,007	0,004	0,007	0,004
0,703	0,008	0,004	0,007	0,003
$\Delta$ TOTAL	<b>0,027</b>	<b>0,017</b>	<b>0,023</b>	<b>0,018</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

TABLA A.4.12 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Y

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,008	0,005	0,017	0,007
0,703	0,004	0,005	0,007	0,006
0,703	0,005	0,003	0,006	0,005
0,703	0,007	0,002	0,008	0,004
$\Delta$ TOTAL	<b>0,023</b>	<b>0,016</b>	<b>0,038</b>	<b>0,022</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

## A.4.7 FIRENZE

TABLA A.4.13 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Z

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,001	0,001	0,001	0,002
0,703	0,004	0,004	0,004	0,003
0,703	0,004	0,005	0,005	0,003
0,703	0,006	0,003	0,005	0,005
$\Delta$ TOTAL	0,015	0,012	0,015	0,012

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

TABLA A.4.14 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Y

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,006	0,001	0,007	0,002
0,703	0,012	0,003	0,007	0,003
0,703	0,008	0,004	0,014	0,004
0,703	0,009	0,004	0,010	0,003
$\Delta$ TOTAL	0,035	0,012	0,038	0,012

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

## A.4.8 DIVINO NIÑO

TABLA A.4.15 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Z

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,010	0,008	0,009	0,006
0,703	0,004	0,005	0,004	0,003
0,703	0,005	0,002	0,006	0,003
0,703	0,003	0,003	0,004	0,002
$\Delta$ TOTAL	0,023	0,017	0,022	0,014

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

TABLA A.4.16 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Y

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,004	0,002	0,008	0,002
0,703	0,002	0,001	0,004	0,002
0,703	0,004	0,002	0,005	0,003
0,703	0,002	0,002	0,005	0,004
$\Delta$ TOTAL	<b>0,013</b>	<b>0,008</b>	<b>0,021</b>	<b>0,011</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

#### A.4.9 KIEL

TABLA A.4.17 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Z

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,034	0,018	0,030	0,016
0,703	0,026	0,014	0,020	0,017
0,703	0,024	0,018	0,028	0,016
0,703	0,014	0,015	0,022	0,014
$\Delta$ TOTAL	<b>0,098</b>	<b>0,065</b>	<b>0,100</b>	<b>0,063</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

TABLA A.4.18 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Y

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,018	0,005	0,004	0,002
0,703	0,006	0,003	0,014	0,005
0,703	0,004	0,002	0,010	0,005
0,703	0,007	0,002	0,013	0,004
$\Delta$ TOTAL	<b>0,034</b>	<b>0,012</b>	<b>0,041</b>	<b>0,017</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

#### A.4.10 KRUMLOV

**TABLA A.4.19 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Z**

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,007	0,000	0,005	0,003
0,703	0,008	0,005	0,012	0,002
0,703	0,011	0,003	0,007	0,004
0,703	0,007	0,006	0,011	0,005
$\Delta$ TOTAL	<b>0,034</b>	<b>0,014</b>	<b>0,036</b>	<b>0,014</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

**TABLA A.4.20 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Y**

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,005	0,007	0,005	0,006
0,703	0,007	0,004	0,018	0,012
0,703	0,005	0,003	0,013	0,008
0,703	0,009	0,002	0,008	0,012
$\Delta$ TOTAL	<b>0,025</b>	<b>0,017</b>	<b>0,045</b>	<b>0,037</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

#### A.4.11 LA VICTORIA

**TABLA A.4.21 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Z**

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,005	0,004	0,006	0,005
0,703	0,003	0,002	0,004	0,004
0,703	0,006	0,004	0,006	0,004
0,703	0,005	0,005	0,004	0,003
$\Delta$ TOTAL	<b>0,019</b>	<b>0,013</b>	<b>0,020</b>	<b>0,016</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma

TABLA A.4.22 DEFORMACIONES PARCIALES-DIRECCIÓN Y

DEFORMACIONES PARCIALES				
$\Delta$ PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ X-1 (cm)	$\Delta$ X-2 (cm)	$\Delta$ X-1' (cm)	$\Delta$ X-2' (cm)
0,703	0,000	0,002	0,003	0,002
0,703	0,005	0,003	0,003	0,007
0,703	0,003	0,003	0,005	0,003
0,703	0,005	0,002	0,005	0,002
$\Delta$ TOTAL	<b>0,013</b>	<b>0,010</b>	<b>0,016</b>	<b>0,014</b>

Elaborado por: Karina Campiño, Edwin Lituma