



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO TÉCNICO:

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

“REACTIVACIÓN DEL EQUIPAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENSAYOS EN EL TRIAXIAL DEL LABORATORIO DE SUELOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI.”

TUTOR:

ING. DARÍO PÁEZ CORNEJO. MGS.

AUTORES:

PRUSS PIN WILLIAM ROBERTH

BAILON PIONCE KEVIN NAPOLEON

MANTA, SEPTIEMBRE 2019

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad Ingeniería de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de proyecto técnico, cuyo tema del proyecto es “REACTIVACIÓN DEL EQUIPAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENSAYOS EN EL TRIAXIAL DEL LABORATORIO DE SUELOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI.”el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado, corresponde al señor PRUSS PIN WILLIAM ROBERTH, estudiante de la carrera del período académico 2019-2020, quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, Septiembre del 2019.

Lo certifico,

Ing. DARÍO PÁEZ CORNEJO, Mgs.

TUTOR(A)

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad Ingeniería de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de proyecto técnico, cuyo tema del proyecto es “REACTIVACIÓN DEL EQUIPAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENSAYOS EN EL TRIAXIAL DEL LABORATORIO DE SUELOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI.”El mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado, corresponde al señor BAILON PIONCE KEVIN NAPOLEON, estudiante de la carrera del período académico 2019-2020, quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, Septiembre del 2019.

Lo certifico,

Ing. DARÍO PÁEZ CORNEJO, Mg.
TUTOR(A)
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Se declara que el siguiente trabajo de titulación de modalidad “Proyecto tecnico” se desarrolló con base a la “REACTIVACIÓN DEL EQUIPAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENSAYOS EN EL TRIAXIAL DEL LABORATORIO DE SUELOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI.”, siendo de nuestra autoría. Las definiciones y concepciones tomadas de los diferentes autores se encuentran correctamente citadas, respetando los derechos de propiedad intelectual con las respectivas citas que están incluidas en la bibliografía.

El análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones que se narran son responsabilidad de los autores.

Por consiguiente, los autores son responsables por el contenido, fiabilidad y alcance científico del proyecto de grado que se menciona.

F. _____

William Roberth Pruss Pin

C.I. 1315962231

F. _____

Kevin Napoleón Bailón Pionce

C.I.1314973205

Manta, Septiembre del 2019

APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO:

“REACTIVACIÓN DEL EQUIPAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENSAYOS EN EL TRIAXIAL DEL LABORATORIO DE SUELOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI.”

PROYECTO TECNICO

Sometida a consideración del tribunal de revisión y sustentación como requisito a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

Ing. Marcelo Oleas.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Javier Moreira Cevallos

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Darío Páez Cornejo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi madre por su amor, sacrificio y ser promotora de mis sueños junto a mi padre, a mi hermana por haberme dado apoyo a lo largo de esta carrera, ya que han sido mi apoyo y fuente de inspiración, ayudándome a ser constante y resistente en este proceso de mi vida, siendo el amor por ellos uno de los factores que me motivó a llegar al objetivo planteado.

A mis compañeros de trabajo por estar siempre presente acompañándome y darme su apoyo moral y técnico.

Finalmente dedicar esta tesis a todos mis amigos por apoyarme cuando más se necesitó de ellos, por extender su mano en momentos difíciles, de verdad mil gracias.

.William R. Pruss Pin.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, a mis hermanas, a mi esposa , que con esfuerzo dedicación y sacrificio he logrado culminar una etapa importante de mi vida, sin ellos no estaría aquí frente a ustedes.

Kevin Bailon Pionce.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su perseverancia y el amor brindado en todo este tiempo, a mi hermana por su apoyo incondicional en todo momento, a mis amigos de infancia los cuales creyeron en mí, a mi padre por sus sabios consejos en esta lucha diaria, a mi familia en general, a mis maestros de la ULEAM que compartieron sus conocimientos en las aulas, a mis amigos por formar parte de este proceso.

Al Ing. Darío Páez y a Ing. Michelle Posligua por ser pilares fundamentales en la obtención de este título, apoyándome en todo momento como tutores y amigos.

A mis compañeros las leyendas por la camaradería y amistad que nos llevó por el sendero correcto para la titulación.

William R Pruss.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a las personas que me acompañaron durante toda mi etapa como estudiante de Ingeniería Civil, mis compañeros, ya que mutuamente nos apoyamos desde un inicio cuando no sabíamos realmente lo que se venía por delante en nuestras vidas.

A mis padres que siempre me apoyaron de todas las formas posibles para que nunca pierda de vista mi objetivo dentro de la carrera, a mi esposa que siempre me apoyo en todo momento, gracias por la paciencia y comprensión.

A la Facultad de Ingeniería que gracias a ella he ampliado mis conocimientos en cuanto a la rama de la ingeniería, a todos los docentes que me impartieron sus conocimientos, sus experiencias dentro y fuera de la profesión con el fin de formar profesionales de primera.

A mi tutor Ing. Dario Páez por darnos todo su tiempo, discernimiento dentro del tema, más que docentes y futuros colegas los considero amigos y ejemplos a seguir en todo momento.

Kevin Bailon Pionce.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	19
CAPÍTULO I.....	20
1. EL PROBLEMA.....	20
1.1 TEMA.....	20
1.2 ANTECEDENTES.....	20
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	21
1.5 DELIMITACIÓN.....	22
1.5.1 TEMÁTICA.....	22
1.5.2 ESPACIAL.....	22
1.5.3 TEMPORAL.....	22
2. OBJETIVOS.....	23
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
CAPÍTULO II.....	24
3. MARCO TEÓRICO.....	24
3.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	24
3.1.2 Resistencia al corte.....	25
3.1.3 Prueba lenta consolidado-drenado CD.....	25
3.1.4 Sin consolidación sin drenaje (UU) unconsolidated- undrained.....	26
3.1.5 Consolidado-no drenado (CU).....	27
3.1.6 Límites de Atterberg.....	27
3.1.7 Proctor estándar.....	28
CAPÍTULO III.....	30
4. DISEÑO DEL PROYECTO.....	30
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	30
4.2 MODELO OPERATIVO Y PLANOS.....	30
4.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	31
4.3.1 Triaxial (Tri-Flex2/DataSystem).....	31
4.3.1.1 APLICACIONES.....	31
• Canales debureta.....	32

4.3.1.2	ESPECIFICACIONES	32
4.3.1.3	Celda de ensayo triaxial	34
4.3.1.4	Aplicación de presión lateral o de celda.....	34
4.3.1.5	Medidor de volumen para ensayo triaxial	35
4.3.1.5.1	Instalación	35
4.3.1.5.2	Montaje.	36
4.3.1.5.3	Llenado con agua	36
4.3.1.6	Purgado	37
4.3.1.6.1	Conexión con ADU Y Encerado.....	38
4.3.1.7	Operación.....	38
4.3.1.7.1	Movimiento manual del pistón.....	38
4.3.2	Operación inicial.	38
4.3.2.1	Procedimiento de prueba que requieren cambios de volumen unidireccionales superiores a 80 cm ³	39
4.3.2.2	Limpieza del medidor de volumen.....	39
4.3.2.3	DATOS TÉCNICOS	41
4.3.2.3.1	Máquinas, equipos y accesorios.....	41
4.3.2.3.2	Muestra para el ensayo Triaxial.	43
4.3.2.3.3	Procedimiento.	45
4.3.2.4	MÓDULO DE PANTALLA (corregir)	47
4.3.2.5	DIMENSIONES CAMARA TRIAXIAL	47
4.3.2.6	ACCESORIOS.....	48
4.3.2.7	MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN	48
4.3.2.8	ACTUALIZACIÓN DE SOFTWARE	50
4.3.2.9	Esquema de conexión para el sistema automático.	50
4.3.2.10	Procedimiento de ensayo de permeabilidad	52
4.3.2.11	INSTALACIÓN Y CONEXIÓN ELÉCTRICA	53
4.3.2.11.1	Caja de control en tiempo real y caja registró de datos automáticos. (RCT) (ATD)	53
4.3.2.11.2	VALVULA SELENOIDE	54
4.3.2.12	SENSORES LOCALES.....	54
4.3.3	BOMBA DE VACIO STAGE VACUUM PUMP.....	57
4.3.3.1	APLICACIONES.....	57

4.3.3.2	ESPECIFICACIONES	57
4.3.3.2.1	BOMBA	57
4.3.3.2.2	Compresor de aire 2Hp	57
4.3.3.2.3	CALIBRACION DE SENSORES	58
4.1	PRESUPUESTO	60
4.2	GUIA DE PROCEDIMIENTO	61
4.2.1	OBJETIVO.....	61
4.2.2	ALCANCE.....	61
4.2.3	REFERENCIAS.....	61
4.2.4	POLITICAS	61
4.2.5	RESPONSABILIDADES	62
4.2.6	DEFINICIONES	63
4.2.7	METODO DE TRABAJO	64
4.2.7.1	DIAGRAMAS DE PROCEDIMIENTO.....	64
5	PRACTICA EN EL EQUIPO TRIAXIAL	65
5.1	PRÁCTICA #1	65
5.1.1	ENSAYO #1 ENSAYO NO CONSOLIDADO- NO DRENADO UU	65
	CLASIFICACIÓN DE SUELO.....	66
	TOMA DE MUESTRAS.....	66
	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	67
	RESISTENCIA AL CORTE.....	71
	ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO, NO DRENADO(UU).....	71
14	ANÁLISIS DE RESULTADOS	81
14.1	Resistencia al corte: Ensayo triaxial no consolidado no drenado (UU).....	81
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
6.1	CONCLUSIONES	84
6.2	RECOMENDACIONES.....	85
7	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	86
	Crespo, C. (2004). <i>Mecánica de Suelos y Cimentaciones</i> . México: Limusa.....	86
8	ANEXOS	89
8.1	<i>Anexo 1. Técnicos especializados revisando partes del triaxial.</i>	89
8.2	<i>Anexo 2. Partes del equipo triaxial, proceso minucioso de limpieza.</i>	90
8.3	<i>Anexo 3. Evaluación del equipo triaxial, técnicos savain.</i>	91

8.4	<i>Anexo 4. Armado del equipo triaxial.</i>	91
8.5	<i>Anexo 5. Instalación de mangueras y tuberías.</i>	92
8.6	<i>Anexo 6. Mantenimiento de válvulas de presión.</i>	93
8.7	<i>Anexo 7. Mantenimiento panel de control.</i>	94
8.8	<i>Anexo 8. Mantenimiento equipo triaxial.</i>	95
8.9	<i>Anexo 9. Mantenimiento cámara reservorio de vacíos.</i>	96
8.10	<i>Anexo 10. Bomba de vacíos.</i>	97
8.11	<i>Anexo 11. Mantenimiento en compresor.</i>	98
8.12	<i>Anexo 12. Capacitación triaxial. Dr. Juan Rojas</i>	98
8.13	<i>Anexo 13. Capacitación triaxial Dr. Juan Rojas.</i>	99
8.14	<i>Anexo 14. Extracción de muestra inalterada.</i>	100
8.15	<i>Anexo 15. Material para ensayo en laboratorio.</i>	101
8.16	<i>Anexo 16. Muestra para ensayo triaxial.</i>	102
8.17	<i>Anexo 17. Muestra extraída con tubo shelby.</i>	102
8.18	<i>Anexo 18. Tubo para molde de muestra triaxial.</i>	103
8.19	<i>Anexo 19. Tubo shelby.</i>	103
8.20	<i>Anexo 20. Ensayos de laboratorio.</i>	104
8.21	<i>Anexo 21. Charlas del manejo del equipo triaxial.</i>	104
8.22	<i>Anexo 22. Ensayo de granulometría.</i>	105
8.23	<i>Anexo 23. Ensayo de Atterberg.</i>	107
8.24	<i>Anexo 24 Enayo triaxial UU.</i>	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ensayo triaxial en accion	
Figura 2. Muestra de material en base camara.....	25
Figura 3. circulo de Mohr.	26
Figura 4. Dispositivo casa grande.....	
Figura 5. Curva de saturacion	30
Figura 6. Dibujo dimensional.	33
Figura 7. Panal de control.	
Figura 8. Esquema de instalacion.....	37
Figura 9. Esquema inferior de la camara.....	41
Figura 10. Esquema de un equipo triaxial.....	48
Figura 11. Esquema de conexión para sistema manual.....	50
Figura 12. Esquema de conexión para sistema automático.....	51
Figura 13. Esquema de celda triaxial.....	52
Figura 14. Caja de control en tiempo real.....	54
Figura 15. Válvula selenoide tomado automatico.....	55
Figura 16. Sensor local Axial.....	55
Figura 17. Sensor radial.....	56
Figura 18. Sensor desplazamiento Axial.....	56
Figura 19. Diagrama eléctrico del sensor.....	57
Figura 20. Bomba de vacíos.....	59
Figura 21. Sensor local 70mm.....	59
Figura 22. Sensor local 150mm.....	60
Figura 23. Ubicación San Juan.....	66
Figura 24. Toma de muestras.....	67
Figura 25. Limite Liquido.....	69
Figura 26. Curva de esfuerzo de deformacion.....	73

Figura 27. Purgado del pedestal.....	75
Figura 28. Aplicación de silicona.....	75
Figura 29. Dispositivo de piedra porosa.....	76
Figura 30. Toma de medidas de la muestra.....	76
Figura 31. Disposición de la muestra.....	77
Figura 32. Disposición del papel filtro.....	77
Figura 33. Colocación de membrana.....	78
Figura 34. Colocación de O´rings.....	79
Figura 35. Emplazamiento inferior O´rings.....	79
Figura 36. O´rings inferior montados.....	80
Figura 37. O´rings superior.....	80
Figura 38. Prueba de vacios.....	81
Figura 39. Circulos de Mohr UU.....	83
Figura 40. Envoltente de falla.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modelo de pantalla.....	47
Tabla 2. Ajustes y aplicación de garantía.....	49
Tabla 3. Inversión para el funcionamiento del equipo triaxial.....	60
Tabla 4. Limite líquido.....	68
Tabla 5. Granulometría.....	69
Tabla 6. Clasificación del suelo.....	69
Tabla 7. Ensayo proctor	70
Tabla 8. Características mecánicas del suelo.....	81

RESUMEN

En la actualidad se conoce que un ensayo triaxial para prácticas de suelo dentro de un laboratorio es muy útil dado que sirve para medir, transmitir, registrar, controlar y monitorear todos los elementos que actúan en el suelo, esto servirá para conocer las composiciones físicas y las cargas que puedan soportar el suelo ante una obra, así mismo automatizar tales procesos y, a su vez, garantizar la repetitividad de las medidas y resultados.

Es por ello que surge la necesidad de la: “REACTIVACIÓN DEL EQUIPAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENSAYOS EN EL TRIAXIAL DEL LABORATORIO DE SUELOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI.” “Dado que las prácticas en el laboratorio servirán para la formación de profesionales de esta carrera; porque permite obtener de forma práctica los resultados atreves del triaxial.

Partiendo de los resultados de las envolventes obtenidas en los equipos triaxial, Con los resultados así obtenidos, se efectúa la construcción gráfica de los correspondientes círculos de Mohr, estableciendo seguidamente en primera aproximación, la mejor envolvente de dichos círculos, que nos permitirá determinar los valores de la cohesión " c " y del ángulo de rozamiento interno " ϕ ". se hacen recomendaciones sobre el uso de estos parámetros de resistencia para el análisis o uso del suelo.

Finalmente para lograr esta rehabilitación se realizó una serie de pasos en cuanto a mantenimiento sobre el reservorio, sensores de presión, sensor de nivel, compresor, bomba de vaciado de aire calibración de equipos, gasfitería e instalación de softwares para su correcto uso.

ABSTRACT

At present it is known that a triaxial trial for practice in a laboratory is very useful since it serves to measure, transmit, record, control and monitoring all the elements that act on the ground, this will serve to know the physical and the loads that can support the ground before a work, likewise automate such processes and, at the same time, guarantee the repeatability of the measurements and results.

That is why the need arises for: "REACTIVATION OF THE EQUIPMENT FOR THE IMPLEMENTATION OF THE TRIALS IN THE TRIAXIAL OF THE SOIL LABORATORY OF THE CIVIL ENGINEERING CAREER AT LAICA UNIVERSITY ELOY ALFARO DE MANABI." "Given that the practices in the laboratory will serve for the training of professionals in this career; because it allows to obtain in a practical way the results through the triaxial.

Starting from the results of the envelopes obtained in the triaxial equipment, with the results thus obtained, the graphic construction of the corresponding circles of Mohr is carried out, establishing in first approximation, the best envelope of said circles, which will allow us to determine the values of the "c" cohesion and the internal friction angle " ϕ ", recommendations are made on the use of these resistance parameters for the analysis or use of the soil.

Finally, to achieve this rehabilitation, a series of steps were performed in terms of maintenance on the reservoir, pressure sensors, level sensor, compressor, air discharge pump, calibration of equipment, plumbing and installation of software for its correct use.

INTRODUCCIÓN

Las obras civiles, han sido el componente principal en el desarrollo de los seres humanos a lo largo de su historia; estas obras tienen como principal objetivo el de satisfacer las necesidades de una población al progreso, permitiendo, de tal manera el desarrollo económico, político y social de la misma.

La mecánica de suelos es la ciencia que investiga la naturaleza y comportamiento de la masa del suelo, formada por la unión de las partículas dispersas de variadas dimensiones y constituye una especialidad de la geomecánica que engloba la mecánica de las rocas y de los suelos formados por sustancias minerales y orgánicas. - Ingeniería geotécnica, comprende el estudio del comportamiento de los materiales, la mecánica de suelos y rocas para la estructura y una cimentación adecuada, cumpliendo las normas de seguridad, servicio y economía. Para cumplir con esto es fundamental obtener parámetros mecánicos como son el ángulo de fricción (c') y cohesión (ϕ)

De acuerdo con el perfil profesional de la carrera de ingeniería civil es de suma importancia que los alumnos sepan el respectivo funcionamiento del equipo de ensayo triaxial; interpretar sus resultados obtenidos a través de un software que permita controlar las variables del proceso y obtener un resultado deseable, el cual puede ser monitoreado y controlado desde un ordenador y procesos de guía.

Esta tesis está encaminada a la descripción de los procesos para darle la funcionalidad al equipo triaxial del laboratorio de suelos, el cual se encontraba inactivo. Con la finalidad que los estudiantes puedan realizar las prácticas del ensayo triaxial y de esta manera obtengan conocimientos de cómo funciona el equipo y el comportamiento del suelo.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1 TEMA

- 1.1 “REACTIVACIÓN DEL EQUIPAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENSAYOS EN EL TRIAXIAL DEL LABORATORIO DE SUELOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI.”

1.2 ANTECEDENTES

El perfil del Ingeniero Civil está encaminado al estudio, diseño, desarrollo de Tiene la formación para gestionar, planificar, diseñar proyectos de ingeniería que sean sostenibles en el tiempo. Tiene las competencias necesarias para desempeñarse en las sub áreas de la Ingeniería Civil como: Construcciones, Estructuras, Geotecnia, Transportes, Hidráulica, así como en Investigación. El equipo del Laboratorio suelos de la Carrera de Ingeniería Civil ha estado fuera de servicio por diversas razones durante un periodo superior a cuatro años. Esto ha limitado el ejercicio de prácticas de laboratorio que se requieren en las asignaturas de mecánica de los suelos I, y mecánica de los suelos II, cimentaciones, y geotecnia. Es por ello que ante esta problemática surge la necesidad de poner en marcha el laboratorio de instrumentación que se encontraba abandonado, puesto que no existían los recursos para adecuarlo; y es fundamental la reactivación del mismo dado que este permitirá realizar las prácticas necesarias.

El presente proyecto técnico permitirá acelerar la capacidad de aprendizaje de estudiantes y docentes de la carrera de ingeniería civil, formando profesionales capaces de generar soluciones en el área de la Instrumentación, como un factor clave para optimizar los procesos industriales; mediante el uso de sistemas, instrumentos y dispositivos electrónicos, que permiten medir, controlar, comunicar, señalar y registrar los atributos de una variable.

Se realizara el ensayo triaxial, con una muestra de suelo inalterado extraída de una zona de la ciudad de Manta, San Juan provincia de Manabí suelo en esa zona la se encuentra en zona baja con una cota 7.20m en la cual se evidencia presencia de humedad, nivel freático, con los determinara las características de la resistencia a corte mediante el ensayo triaxial.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la carrera de Ingeniería Civil facultad de ingeniería ha existido durante un largo tiempo la inactividad o inoperatividad del equipo triaxial del laboratorio de suelos. Hoy en día la gran mayoría de las facultades de Ingeniería en el mundo se encuentran con sus laboratorios funcionando al cien por cierto lo cual es un objetivo que debemos cumplir como Carrera. A su vez implementar las prácticas que sirvan de ejemplo para los estudiantes y docentes en cuanto a las materias ligadas al suelo.

Es por ello que se presenta la necesidad de poner en marcha la “Reactivación del equipamiento para la implementación de los ensayos en el triaxial del laboratorio de suelos de la carrera de ingeniería civil” para el desarrollo profesional de los estudiantes porque de esta manera podrán brindar soluciones ante cualquier problemática de modo que puedan calcular los coeficientes, ángulo de fricción y diferentes parámetros dentro de una obra civil relacionada con la geotecnia.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Reactivación del equipamiento para la implementación de los ensayos en el triaxial del laboratorio de suelos de la carrera de ingeniería civil en la Universidad laica Eloy Alfaro de Manabí se pone en marcha por la necesidad del aprendizaje teórico-práctico, para que los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil puedan observar y aseverar con hechos reales lo aprendido en las aulas, quienes podrán identificar los componentes e incluso manipularlos.

Esta rehabilitación del equipo triaxial evitará que los profesionales formados en la Carrera de Ingeniería Civil, en el área de instrumentación busquen ayuda externa para capacitarse y estar a nivel exigido por la tecnología en procesos del laboratorio, disponiendo de módulos de procesos a pequeña escala, que representa un sistema real.

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 TEMÁTICA

En la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil se pondrá en funcionamiento el equipo triaxial, para el desarrollo de prácticas y ensayos sobre la cohesión y ángulo de fricción del suelo, a su vez que permita el contacto directo tanto del docente como del estudiante de manera visual.

Adicionalmente el equipo triaxial cuenta con nuevos elementos con la finalidad de que los ensayos a realizar tengan continuidad ya que algunos llevan varios días y hasta pueden durar meses adicional a esto el triaxial consta con una calibración certificada.

1.5.2 ESPACIAL

El presente diseño del proyecto se realizará en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí ubicada en la Ciudadela Universitaria calle 12, vía a San Mateo del Cantón Manta, Provincia Manabí, País Ecuador.

1.5.3 TEMPORAL

El presente proyecto y diseño se realizará aproximadamente en un período de seis meses a partir del mes de abril del año 2019 hasta el mes septiembre del año 2019.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Reactivación del equipamiento para la implementación de los ensayos en el triaxial del laboratorio de suelos de la carrera de ingeniería civil en la Universidad laica Eloy Alfaro de Manabí.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluación del proceso para la reactivación del equipo triaxial
- Reactivar y calibrar el equipo triaxial del laboratorio de suelos.
- Realizar los ensayos triaxial método consolidado-no drenado con muestras saturadas.
- Implementar las prácticas del laboratorio del equipo reactivado.
- Generar una guía de procedimientos para el desarrollo del ensayo triaxial en el equipo del laboratorio de suelos.

CAPÍTULO II

3. MARCO TEÓRICO

3.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1.1 Ensayo triaxial

Un ensayo de corte triaxial es un método de medición de las propiedades mecánicas de muchos sólidos deformables, especialmente suelos (e.g., arena, arcilla y roca además de otros materiales granulares.) En un ensayo de corte triaxial, el esfuerzo es aplicado a la muestra de material que está siendo ensayada en una manera la cual produce esfuerzos a lo largo de un eje distinto a los esfuerzos en dirección perpendicular. (fhankie, 2013)

Este método de prueba cubre la determinación de las fuerzas y las relaciones de Esfuerzo-Deformación de un espécimen cilíndrico inalterado o remodelado de suelo cohesivo. Los especímenes están sujetos a una presión de confinamiento de un fluido en una cámara triaxial. (fhankie, 2013)

Esto es típicamente conseguido colocando una muestra entre dos platos paralelos los cuales aplican esfuerzo en una dirección (usualmente vertical) y aplican presión de fluido al espécimen para aplicar esfuerzo en la dirección perpendicular. (Los aparatos que permiten la aplicación de diferentes niveles de esfuerzo en cada una de las tres direcciones ortogonales son discutidos a continuación, referidos como "Ensayos Triaxiales Verdaderos"). (fhankie, 2013)



Figura 1. Ensayo triaxial en acción.

3.1.2 Resistencia al corte

La prueba triaxial se puede usar para determinar la resistencia al corte de una discontinuidad. Una muestra homogénea e isotrópica falla debido a los esfuerzos cortantes en la muestra. Si una muestra con una discontinuidad está orientada de modo que la discontinuidad sea aproximadamente paralela al plano en el que se desarrollará la tensión máxima de corte durante la prueba, la muestra fallará debido al desplazamiento de cortante a lo largo de la discontinuidad y, por lo tanto, la resistencia al cortante de una discontinuidad se puede calcular. (salas, 2011)

3.1.3 Prueba lenta consolidado-drenado CD

La característica fundamental de la prueba es que los esfuerzos aplicados al espécimen son efectivos. Primeramente se aplica al suelo una presión hidrostática, manteniendo abierta la válvula de comunicación con la bureta y dejando transcurrir el tiempo necesario para que haya consolidación completa bajo la presión actuante. Cuando el equilibrio estático interno se haya restablecido, todas las fuerzas exteriores estarán actuando sobre la fase sólida del suelo, es decir, producen esfuerzos efectivos, en tanto que los esfuerzos neutrales en el agua corresponden a la condición hidrostática.



Figura 2. Muestra de material en base-triaxial.

Este método de prueba cubre la determinación de la resistencia y las relaciones de esfuerzo-deformación de una muestra cilíndrica de suelo intacto o reconstituido. Las muestras se consolidan y se cortan en compresión con drenaje a una tasa constante de deformación axial (control de deformación)

3.1.4 Sin consolidación sin drenaje (UU) unconsolidated- undrained

En este tipo de prueba no se permite en ninguna etapa la consolidación de la muestra. La válvula de comunicación entre el espécimen y la bureta permanece siempre cerrada impidiendo el drenaje. En primer lugar, se aplica al espécimen una presión hidrostática y de inmediato, se falla el suelo con la aplicación rápida de la carga axial. Los esfuerzos efectivos en esta prueba no se conocen bien. (salas, 2011)

El ensayo UU es usualmente llevado a cabo sobre especímenes de arcilla, enmarcando la realización del ensayo dentro del concepto de resistencia para suelos cohesivos saturados, en donde se expresan los resultados en términos de esfuerzos totales. La envolvente de falla para los criterios de Mohr del esfuerzo total se convierte en una línea horizontal, con una condición de $\phi = 0^\circ$ (ángulo de fricción) y $\tau_f = c_u$, siendo c_u la resistencia al cortante no drenada, la cual es igual al radio de los círculos de Mohr. (Das,

2012)

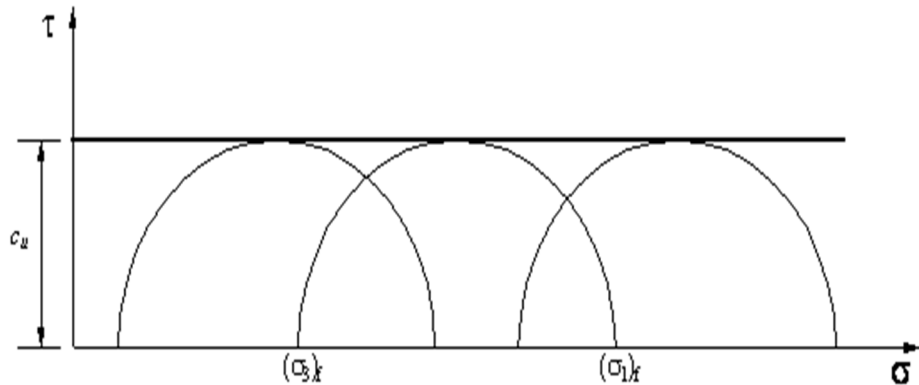


Figura 3. *Circulo de Mohr.*

Este método de prueba proporciona datos para determinar propiedades de fuerza no drenadas y relaciones esfuerzo-deformación de suelos. Este método de prueba proporciona también la medida de los Esfuerzos Totales aplicados al espécimen, es decir, los Esfuerzos no se corrigen con la presión de poros. (Das, 2012)

3.1.5 Consolidado-no drenado (CU)

En este tipo de prueba, el espécimen se consolida primeramente bajo la presión hidrostática; así el esfuerzo llega a ser efectivo, actuando sobre la fase sólida del suelo. En seguida, la muestra se lleva a la falla por un rápido incremento de la carga axial, de manera que no se permita cambio de volumen. El hecho esencial de este tipo de prueba es el no permitir ninguna consolidación adicional durante el periodo de falla, de aplicación de la carga axial. Esto se logra fácilmente en una cámara de compresión triaxial cerrando la válvula de salida de las piedras porosas a la bureta.

En la segunda etapa de una prueba rápida consolidada podría pensarse que todo el esfuerzo desviador fuera tomado por el agua de los vacíos del suelo en forma de presión neutral, ello no ocurre así y se sabe que parte de esa presión axial es tomada por la fase sólida del suelo, sin que hasta la fecha, se hayan dilucidado por completo ni la distribución de esfuerzos, ni las razones que lo gobiernan. (salas, 2011)

3.1.6 Límites de Atterberg

El límite líquido es el contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo remoldeado o amasado. En las imágenes a continuación podemos observar un esquema hipotético del estado de un suelo antes y después del ensayo de Límites de Atterberg:

Se define como el contenido de agua necesario para que la ranura de un suelo ubicado en el equipo de Casagrande, se cierre después de haberlo dejado caer 25 veces desde una altura de 10 mm. (Das, 2012) (C, 2004)

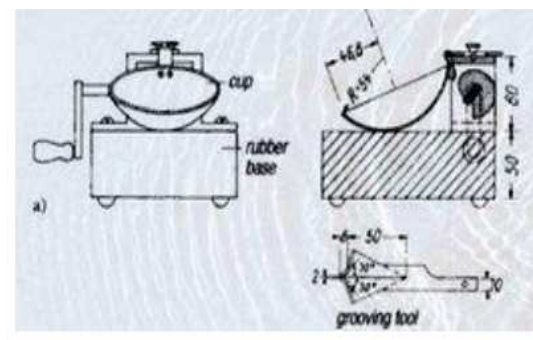


Figura 4. *Dispositivo casa grande*

El límite líquido como fue definido por Atterberg ha estado sujeto a distintas variaciones en su determinación. Fue Terzaghi, quien le sugirió a Casagrande en 1927, que diseñara un dispositivo mecánico que pudiera eliminar en lo posible los errores del operador en la determinación del mismo. (C C. , 2004)

Casagrande desarrolló un dispositivo normalizado como se muestra en la Figura 2 y descrito por la norma ASTM D 423 excepto por el acanalador utilizado. El límite líquido se estableció como el contenido de agua de un suelo cuando para 25 golpes ejercidos por la caída de la taza (a razón de 2 golpes por segundo) desde la altura de 1 cm., dos secciones determinadas de suelo separadas por una ranura normalizada de 2 mm de espesor en su parte inferior y 11 mm en su parte superior y una altura de 8 mm, cerraran en una distancia de ½ pulgada a lo largo de la parte inferior de la ranura. (C C. , 2004)

3.1.7 Proctor estándar

El ensayo de Proctor Estándar determina la relación entre el contenido de agua y el peso específico seco de los suelos, normada por la ASTM (D648) y la AASHTO (T-99), y fue ideada para representar en el laboratorio los resultados que podrían obtenerse en la compactación de suelos en campo. La energía específica de compactación de la Prueba Proctor Estándar se cuantifica

mediante la expresión:

$$E_c = \frac{W * h * n * N}{V} = \frac{(24.4N)(0.3048m)(3)(25)}{943.3 * 10^{-6}m^3} = 591 \text{ kN} \frac{m}{m^3}$$

Dónde:

W= peso del pistón o martillo = 24.4 N.

h= altura de caída del pistón o martillo = 0.3048 m

n = número de capas = 3

N = número de golpes/capas = 25

V= volumen del molde = 943.3*10⁻⁶.m³

El acta del ensayo Proctor debe proporcionar la densidad máxima seca así como la humedad óptima y lo que es más importante la curva humedad – densidad seca con los valores de todos los puntos ensayados.

Como datos complementarios debe proporcionar los datos específicos del molde, características de la maza, numero de capas, y golpes por capa.

La curva densidad seca – humedad permite determinar las condiciones óptimas de compactación tal y como se muestra en la figura siguiente:

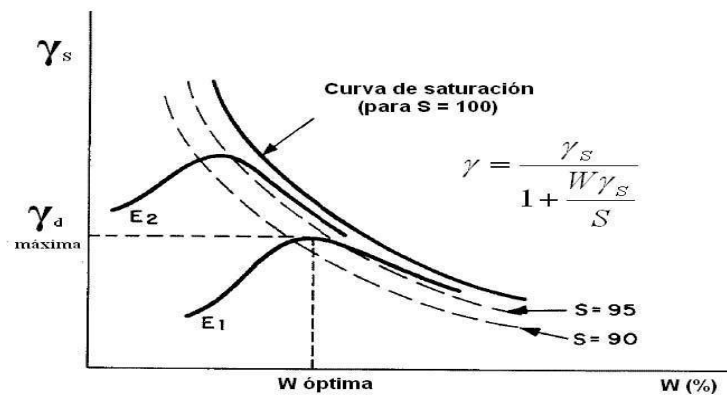


Figura 5. *Curva de saturación.*

CAPÍTULO III

4. DISEÑO DEL PROYECTO

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene la finalidad de Rehabilitar del equipo triaxial del laboratorio de suelos, de esta manera los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Civil mediante las prácticas con el ensayo triaxial obtengan destrezas y conocimientos de forma práctica.

4.2 MODELO OPERATIVO Y PLANOS

A continuación, se incluye en la figura 5 la planta del laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil donde será ubicado definitivamente el equipo triaxial.

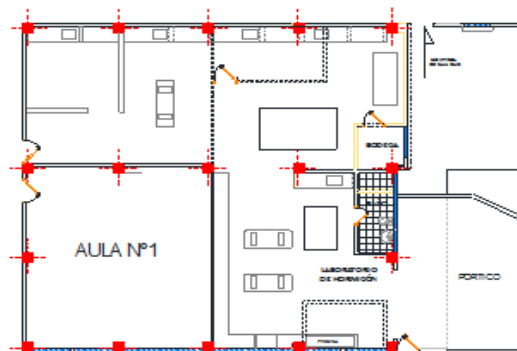


Figura 6. Planta del triaxial del laboratorio de suelos.

4.3 ESPECÍFICACIONES TÉCNICAS

4.3.1 Triaxial (Tri-Flex2/DataSystem)

El Conjunto de Prueba Triaxial (Tri-Flex2/DataSystem) ofrece a los ingenieros geotécnicos con una comprensiva línea de productos que satisfacen las técnicas triaxiales mas recientes.

El conjunto incluye:

- El Marco de Carga Digital Tritest50 con capacidad de carga máxima de 50 kN. (11,200 lb9.
- Microprocesador capaz de ofrecer velocidades de ensayo dentro de la gama de 9,99999 mm. (0,399999 pulg.) por min., hasta la velocidad extremadamente baja de 0,00001 mm. (0,000001pulg.) por min.
- Celda Triaxial completa con accesorios para ensayos drenados y no drenados con tamaño de muestras de 70 mm. (2,8 pulg.) de diámetro hasta con presiones de 1,000 kPa (145 psi).
- La Unidad de Adquisición de Datos GDU con 8 canales para la adquisición automática de datos y el registro de parámetros de la prueba.
- Capacidad máxima de 32 canales.
- Conjunto completo de Transductores Electrónicos de Medida para la carga, desplazamiento, presión y cambio de volumen.
- Software Triaxial DataSystem para el registro, análisis y generación de reportes en unidades Inglesas o Métricas.
- El Panel de Control Principal Tri-Flex 2 y el Tanque de Desaireación de Agua Tri-Flex 2 para aplicaciones precisas de confinamiento y presiones de saturación
- Mantenimiento mínimo requerido

4.3.1.1 APLICACIONES

- Medidor de presión
- suministro de vacío
- Presión de suministro
- Control del desaireador de Agua.
- Regulador maestro.

- Vacío, aire, agua.
- Canales de bureta.
- Conjunto de control de presión.
- Celda triaxial.

4.3.1.2 ESPECIFICACIONES

- Las celdas de ensayo Tri-Flex 2 están clasificadas para presiones de prueba de hasta 150 psi (1034 kPa).
- El aire suministra de conexión rápida 10 psi (69 kPa) de presión de aire regulada para el drenaje rápido de la celda de ensayo.
- Aplicar 10 psi (69 kPa) de presión en el sistema de tanque de agua desaireada para permitir el llenado de los canales de bureta.
- El indicador de suministro de presión muestra la salida de presión establecido por el regulador maestro para su uso en todo el sistema.
- El medidor de presión digital.
- interruptor de encendido/apagado. Este display muestra el ajuste de cualquiera de los reguladores de presión de canal bureta. La presión que se muestra en el display es la que se encuentre activada mediante el interruptor ubicado en la barra de "Display Pressure".
- El indicador de suministro de vacío muestra el nivel de vacío suministrado al sistema mediante la bomba de vacío.
- La válvula de control del desaireador
- agua proporciona los controles necesarios para: llenar el sistema de depósito opcional con agua desde el suministró de entrada.

- Conjunto regulador de presión se utilizan para establecer una presión específica. Cuando el control bajo el regulador está ajustado a la posición "a presión", la presión se aplicará a la bureta/anillo debajo del regulador.
- Control de entrada de la Bureta/anillo La válvula de control de entrada de la bureta/anillo es para elegir la condición aplicada a la parte superior de la bureta/anillo situado directamente debajo de él
- Posición "a presión" - se aplica la presión configurada por el regulador a la parte superior de la bureta/anillo.
- Posición de ventilación. - se abre la parte superior de la bureta/anillo a la atmósfera (se utiliza para llenar o drenar la bureta/anillo).
- Posición de "vacío" - se aplica el vacío del sistema a la parte superior de la bureta/anillo. (se utiliza para desairar el agua del sistema bureta/anillo después del llenado)
- Posición "Puente de izquierda" - conecta la parte superior de una bureta/anillo a la parte superior de la bureta/anillo de su izquierda (se utiliza para ajustar presiones idénticas en dos canales de bureta para los procedimientos de saturación y para responder cualquier necesidad que requiera las mismas condiciones).

En la siguiente figura Panel de control.

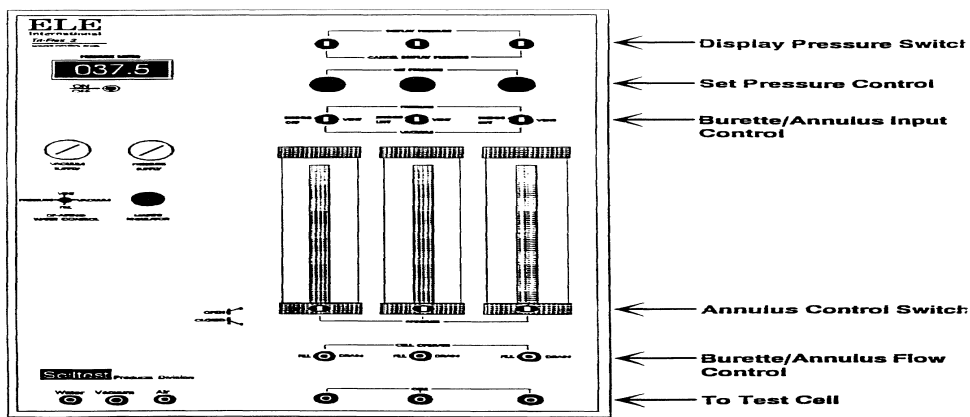


Figura7.panel de control.

4.3.1.3 Celda de ensayo triaxial

La celda o cámara perteneciente al equipo triaxial Llenar la celda de prueba.

- Con las cinco válvulas en la celda de prueba establecido en la posición cerrada, conecte la línea marcada de confinamiento (lateral) al puerto de conexión rápido marcado con la palabra "agua" en el panel de control principal
- Dirija la línea etiquetada como "Ventilación" desde la parte superior de la celda hasta un recipiente o fregadero adecuado.
- En la celda de prueba, gire lentamente la válvula marcada "Lateral" a la posición abierta. Cuando se llena la celda, el agua comenzará a fluir a cabo la celda superior de línea "Vent". En este punto, gire la válvula "Lateral" de nuevo a la posición cerrada.
- Desconecte la línea marcada "lateral" de la conexión rápida "agua" en el panel de control principal.
- Desconectar la línea de etiquetado "Vent" de la parte superior de la celda de ensayo.
- En la celda de ensayo triaxial, elevar la varilla de empuje a su límite superior. Gire la perilla para bloquearla en su posición.

4.3.1.4 Aplicación de presión lateral o de celda.

Compruebe que la válvula Bureta/anillo de control de flujo para este canal se encuentra

todavía en la posición "Operar celda".

En la celda de prueba, conecte la línea marcada "Lateral" al canal bureta del extremo izquierda.

- Voltear el interruptor de indicación de la presión a la posición "Display Pressure".
- Girar la válvula de control de entrada de la bureta/anillo en la posición "a presión". Presione el botón de tara en la presión del metro una vez; la pantalla debe 0.0.
- Girar el regulador Set de control de presión hasta que una pequeña presión (por ejemplo 5 psi [35 kPa]) se puede leer en el "medidor de presión."
- En la célula de prueba, gire lentamente la válvula de marcado "Lateral" (# 2 Fig. 2) a la posición abierta, para aplicar la presión a la célula.

4.3.1.5 Medidor de volumen para ensayo triaxial

4.3.1.5.1 Instalación

El Transductor de Cambio de Volumen es legible a $80 \times 0.1 \text{ cm}^3$ con una presión de trabajo máxima de 1700 kPa. El conjunto incluye válvulas para invertir el flujo a través de la unidad, cambiando la dirección del vástago del transductor, cuando se requieren capacidades mayores. La unidad está montada en una caja con bisagras para acceder a las tuberías y se puede montar en la pared.

Tal como se suministra, la unidad está equipada con un conector DIN de 5 clavijas cableado para su uso con los sistemas registradores ELE ADU.

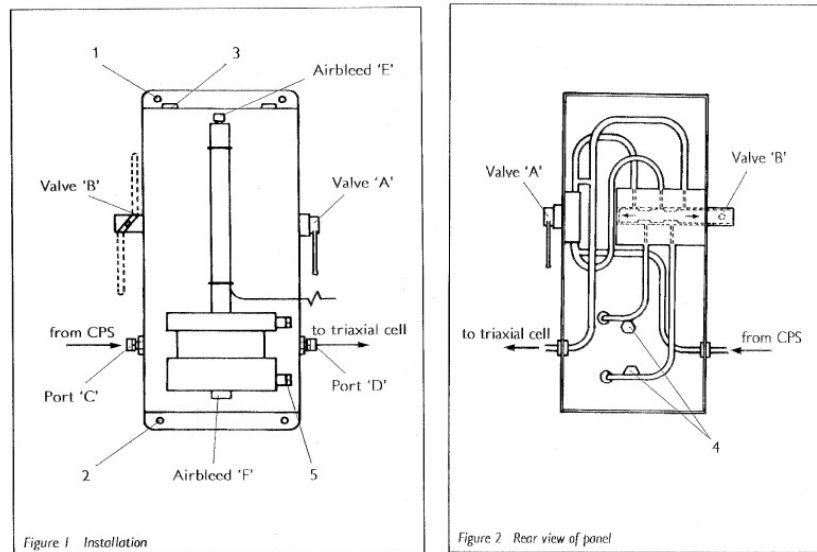


Figura 8.- Esquema de instalación.

4.3.1.5.2 Montaje.

La unidad está provista de un soporte superior (1) y un soporte articulado inferior (2). Elija la ubicación de la pared para la unidad en cualquier posición conveniente relacionada con el equipo de prueba.

Nota: deben evitarse los conductos largos entre los componentes de prueba.

Marque las ubicaciones de los tornillos de la unidad, taladre y tape los orificios necesarios.

Nota: en esta etapa no monte la unidad en la pared.

4.3.1.5.3 Llenado con agua

Al cebar por primera vez el sistema, es ventajoso agregar una pequeña cantidad de

Detergente líquido al agua. Esto ayudará a dispersar las burbujas de aire que se adhieren a las tuberías, etc. Este líquido debe ser lavado y reemplazado por agua limpia sin aire antes de poner en funcionamiento el sistema.

- Conecte el puerto 'C' a una fuente de presión utilizando un tubo de nylon O / D de 6 mm.
- Conecte el puerto "D" a una celda triaxial usando el tubo de 6 mm.
- Ajuste la válvula 'B' a cerrada (palanca horizontal) y abra la válvula 'A' (palanca vertical).
- Permita que el agua fluya desde el suministro de presión a través de las tuberías y hacia la celda triaxial.
- Cuando la unidad esté llena, cierre la válvula de la célula triaxial.
- Purgue la cámara superior con la válvula 'B' hacia abajo, la válvula 'A' se cierra y la purga 'E' se abre.

Nota: puede requerirse una pequeña presión positiva para expulsar el aire de la cámara superior.

- Cuando solo fluya agua, cierre el sangrado "E".
- Ahora invierta la unidad
- Purgue la cámara inferior de aire con la válvula 'B' hacia arriba, la válvula 'A' se cierra y la purga 'F' se abre.

Nota: puede requerirse una pequeña presión positiva para expulsar el aire de la cámara inferior.

- Cuando se haya expulsado todo el aire, cierre la purga "F" y regrese la válvula "B" a la posición horizontal.
- Compruebe si hay aire visible en las tuberías. Continúe sangrando como se indica arriba hasta que se elimine todo el aire. Para el aire que no se puede mover fácilmente, vea el siguiente punto.

4.3.1.6 Purgado

- Cierre la válvula de entrada de la celda triaxial.
- Coloque la válvula 'B' en la posición hacia abajo.
- Coloque la válvula 'A' en la posición cerrada (palanca horizontal).
- Aplicar una presión de 700 kPa durante varias horas.
- Libere la presión y revise todas las tuberías y la cámara en busca de signos de aire y fugas.
- Cuando esté satisfecho, limpie el sistema con agua fresca sin aire.
- Finalmente, coloque todas las válvulas en la posición cerrada.

- Coloque todas las válvulas en la posición cerrada y monte la unidad en su posición operativa utilizando los tornillos provistos.

4.3.1.6.1 Conexión con ADU Y Encerado

- El medidor incorpora un cable con un conector DIN de 5 pines
- Cada unidad se suministra con un certificado de calibración.
- El conector DIN se conectará a la toma apropiada de la ADU.

La unidad está calibrada para indicar un volumen cero con el pistón del transductor a aproximadamente 1 mm de la parte inferior de la cámara inferior.

4.3.1.7 Operación

4.3.1.7.1 Movimiento manual del pistón

- Puede ser necesario mover el pistón del transductor en la cámara antes de una prueba.
- Elevar el pistón de 0 a 10 cm³.
- Aplique una pequeña presión en el puerto "C".
- Levantar la válvula 'B'.
- Abra la válvula de base de células triaxiales para liberar el agua del sistema.
- El pistón subirá. Cierre la válvula 'B' (posición horizontal) cuando se haya obtenido la lectura requerida.
- Para bajar el pistón, proceda como se detalla arriba pero baje la válvula 'B'.
- Después de configurar el transductor, cierre todas las válvulas.

4.3.2 Operación inicial.

- Al configurar una prueba, todas las válvulas del sistema deben estar cerradas.
- Para permitir que el agua pase por alto la unidad de cambio de volumen, abra la válvula 'A' (palanca vertical).
- Cuando esté listo para medir los cambios de volumen, cierre la válvula 'A' (palanca horizontal) y ajuste la válvula 'B' en la dirección de flujo apropiada para la posición del pistón (hasta que el pistón suba, hacia abajo para que el pistón caiga).

4.3.2.1 Procedimiento de prueba que requieren cambios de volumen unidireccionales superiores a 80 cm³.

- Configure inicialmente el transductor cerca de cero cm³ (consulte 3.1).
- Para comenzar la lectura de cambio de volumen, coloque la válvula 'A' en la posición cerrada (palanca horizontal). Ajuste la válvula de inversión "B" (palanca hacia arriba).
- Los cambios de volumen ahora serán notados por el transductor.
- Cuando la lectura de cambio de volumen se aproxime a 80 cm³, registre la lectura y mueva inmediatamente la válvula 'B' (palanca hacia abajo) para invertir el flujo en la cámara.

Nota: cuando se usa con un programa de computadora, la pantalla del software le dará instrucciones.

- Al finalizar la prueba, cierre la válvula 'B' (palanca horizontal).

Nota: la válvula "A" se puede abrir para permitir que el agua pase por alto la unidad de cambio de volumen. Sin embargo, se recomienda mantener todas las válvulas del sistema cerradas entre las pruebas.

4.3.2.2 Limpieza del medidor de volumen.

- Ocasionalmente, puede ser necesario limpiar la cámara de volumen.
- Desconecte la conexión flexible a las cámaras superior e inferior.

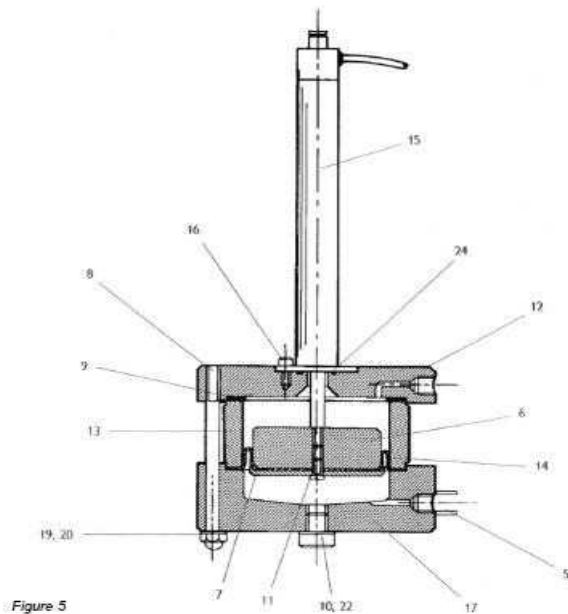


Figura 9.- Esquema interior de la cámara

- Con el panel articulado hacia abajo, retire los dos pernos del transductor (4) (figura 2) y libere con cuidado el conjunto.
- Con la unidad en un banco limpio, retire las tres tuercas y arandelas de retención de la cámara (19 y 20) y suelte la cámara inferior (17).
- Destornille el perno (11) para liberar la placa del diafragma (7) y retire con cuidado el diafragma (14).

Nota: el diafragma y el sello (9) pueden pegarse y los componentes deben liberarse.

- Limpie todos los componentes en una buena solución detergente, enjuague y vuelva a ensamblar en orden inverso.

Importante: es importante manejar el diafragma con cuidado y montarlo correctamente. Doblar hacia la cámara superior.

- Después del montaje, lleve a cabo el procedimiento de purga.
Nota: durante la prueba de presión, verifique si hay signos de fugas.
Cualquier fuga debe ser corregida.

Nota: después de la limpieza, se recomienda realizar una comprobación de calibración.

4.3.2.3 DATOS TÉCNICOS

4.3.2.3.1 Máquinas, equipos y accesorios

Dispositivo de cargas Axial: El dispositivo de carga axial puede ser un gato de tornillo manejado por un motor eléctrico a través de una transmisión de engranaje, un dispositivo.

Carga hidráulica, o cualquier otro dispositivo de compresión con la suficiente capacidad para proporcionar y controlar la proporción de cargas prescrita en 1.5.5. La proporción de avance del dispositivo de carga no debe desviarse más de $\pm 5\%$ del valor seleccionado. Las vibraciones debido al funcionamiento del dispositivo de carga serán lo suficientemente pequeños para no causar cambios dimensionales en la muestra.

Nota: Puede decirse que un dispositivo de carga proporciona vibraciones suficientemente pequeñas si no hay ninguna onda visible en un vaso de agua colocado en la platina o sobre el marco de carga cuando el dispositivo está operando a la misma velocidad de ejecución de la prueba.

Dispositivo de Medición de la Carga Axial. - El dispositivo de medición de la carga axial puede ser un anillo de carga, celda electrónica de carga, celda hidráulica, o cualquier otro dispositivo de medición de carga capaz de medir la carga axial con una exactitud de 1% de la carga axial de falla y puede ser una parte del dispositivo de carga axial.

Cámara de Compresión Triaxial.- La cámara del triaxial está compuesta por un plato superior y un plato de base separados por un cilindro. El cilindro puede construirse de cualquier material capaz de resistir la presión aplicada. Es deseable usar un material transparente o tener un cilindro provisto de entradas que permitan observar el comportamiento del espécimen. El plato superior tendrá una válvula de purga de tal manera que el aire pueda expulsarse fuera de la cámara cuando está lleno. El plato de base tendrá una entrada a través del cuál se proporciona el líquido de presión a la cámara.

El Pistón de Carga Axial. - El pistón que atraviesa la parte superior de la cámara y su sello deben diseñarse para que la variación en la carga axial debido a la fricción no exceda 0.1% de la carga axial de falla cuando es medido y debe ser despreciable la flexión lateral del pistón durante la carga.

Dispositivo de Control de Presión.- El dispositivo de control de la presión de cámara será capaz de aplicar y controlar la presión de la cámara dentro de ± 2 kPa (0.25 psi) para las presiones menores de 200 kPa (28 psi) y dentro de $\pm 1\%$ para las presiones mayores a 200 kPa (28 psi).

Este dispositivo puede consistir en un depósito conectado a la cámara del triaxial y parcialmente lleno con el fluido de la cámara (normalmente agua), con la parte superior del depósito conectada a un suministro de gas comprimido; la presión de gas es controlado por un regulador de presión y medido por un manómetro de presión, transductor de presión electrónico, o cualquier otro dispositivo capaz de medir con la tolerancia prescrita.

Base y parte superior de la muestra. - Un casco rígido impermeable y una base se usarán para prevenir el drenaje de la muestra. El casco y base del espécimen se construirán de un material impermeable no corrosivo y cada uno tendrá una superficie plana circular de contacto con el espécimen y una sección transversal circular. El peso del casco del espécimen producirá un esfuerzo axial en el espécimen de menos de 1 kN/m². El diámetro del casco y la base será igual al diámetro inicial del espécimen. La base del espécimen se conectará a la cámara de compresión triaxial para prevenir el movimiento lateral o inclinando y el casco del espécimen se diseñará tal que la excentricidad del contacto pistón / casco relativo al eje vertical del espécimen no exceda 1.3 mm (0.05 in.). El extremo del pistón y el área de contacto del casco del espécimen se diseñarán para que la inclinación del casco del espécimen, durante la prueba, sea mínimo. La superficie cilíndrica de la base y el casco del espécimen que hace contacto a la membrana para formar el sello será suave y libre de ralladuras.

Indicador de la Deformación. - La deformación vertical del espécimen se medirá con una exactitud de por lo menos 0.03% de la altura del espécimen. El Indicador de la Deformación tendrá un rango de por lo menos 20% de la altura del espécimen, y puede ser un Indicador de Dial, Transformador Diferencial de Variable Lineal (LVDT), Extensómetro u otro dispositivo de medición que reúna los requisitos para la exactitud y rango.

Membrana de Caucho—La membrana de caucho usada para encajar el espécimen proporcionará una protección confiable contra las fugas o filtraciones. Las membranas se inspeccionarán cuidadosamente antes de ser usadas, y si es evidente cualquier defecto o agujeros, la membrana se desechará. Para ofrecer una restricción mínima al espécimen, el

diámetro de la membrana no estirada estará entre 90 y 95% del espécimen. El espesor de la membrana no excederá 1% del diámetro del espécimen. La membrana se sellará a la base y el casco del espécimen con los anillos de. Una ecuación para corregir la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) por el efecto de la rigidez de la membrana.

Extractor de Muestras.- El extractor de muestras será capaz de extraer el núcleo del suelo del tubo de muestreo con un movimiento en la misma dirección en que la muestra entró en el tubo y con una perturbación mínima de la muestra. Si el núcleo de suelo se empuja fuera verticalmente, debe tenerse cuidado para evitar el torcimiento y/o esfuerzos en el núcleo debido a la gravedad. Las condiciones en el momento de remover la muestra pueden dictar las direcciones de remoción, pero la principal preocupación es tener la mínima perturbación.

Dispositivos de Medida del Tamaño de la muestra.- Los Dispositivos usados para medir la altura y diámetro de la muestra, serán capaces de medir la dimensión deseada dentro de 0.1% de su longitud real y se construirán de tal manera que su uso no perturbe al espécimen.

Nota: Se recomiendan cintas de medida de circunferencias antes que los calibradores, para medir el diámetro.

Cronómetro.- Un dispositivo que indique el tiempo transcurrido durante la prueba.

Balanza.- Una balanza conforme a los requerimiento de la la norma ASTM D-4753 con una precisión de 0.1% de la masa de ensayo.

Aparatos Varios.- El cortador de muestras y las herramientas para el tallado que incluye una sierra de alambre, regla de acero, torno de corte vertical, aparato para preparar especímenes compactados, aparatos para remoldear, latas de contenido de agua y hojas de datos se considerarán como aparatos necesario.

4.3.2.3.2 Muestra para el ensayo Triaxial.

Tamaño de las Muestras.- Los especímenes serán cilíndricos y tendrán un diámetro mínimo de 3.3 cm (1.3 in.). La relación de altura/diámetro estará entre 2 y 2.5. El tamaño de la partícula más grande será más pequeño que un sexto (1/6) del diámetro del espécimen. Si, después de la realización de una prueba, se aprecia que, están partículas de mayor tamaño, se debe indicar en el informe.

Nota: Si se encuentran partículas de mayor tamaño, mediante inspección visual, puede realizarse un análisis del tamaño de partículas de acuerdo con el Método de la Prueba ASTM D422.

Especímenes Inalterados. - Preparar los especímenes inalterados de las muestras grandes inalteradas de acuerdo con la norma ASTM D 1587 u otro procedimiento aceptable de tubo muestreado inalterado. Las Muestras se conservarán y transportarán de acuerdo con las prácticas para muestras del Grupo C de la norma ASTM D 4220. Pueden ensayarse especímenes.

Obtenidos por el tubo muestreado sin modificaciones salvo los cortes en el extremo de la superficie plana y perpendicular al eje longitudinal del espécimen, con tal de que las características del suelo sean tales que ninguna perturbación importante resulte del proceso de sacar la muestra. La manipulación de los especímenes debe ser cuidadosa para minimizar las perturbaciones, los cambios a través de la sección, o cambios en el contenido de agua. Si existe compresión o cualquier tipo de perturbación notoria causada por el dispositivo de expulsión, separar el tubo de muestreo longitudinalmente o cortar el tubo en las secciones convenientes para facilitar la remoción del espécimen con la perturbación mínima. Preparar los especímenes arreglados o tallados, en un ambiente con humedad controlada dónde el cambio de contenido de agua sea mínimo. La remoción de piedrecitas o del desmenuzado resultante de los ajustes o cortes, así como el llenado de los huecos en la superficie del espécimen, deberán efectuarse cuidadosamente. Cuando la condición de la muestra lo permita, un torno de corte vertical puede usarse para reducir el espécimen al diámetro requerido. Después de obtener el diámetro requerido, ponga el espécimen en una caja y corte el espécimen a la altura final con una sierra de alambre u otro dispositivo conveniente. Race las superficies con la regla de acero. Realice uno o más determinaciones de contenido de agua en el material recortado del espécimen de acuerdo con la norma ASTM D 2216. Determine la masa y dimensiones del espécimen. Un mínimo de tres medidas de altura (desplazados 120°) y por lo menos tres medidas de diámetro.

Muestras compactadas. - Los suelos requeridos para preparar muestras compactadas serán mezclados completamente con suficiente agua para producir el contenido de agua deseado. Si se agrega agua al suelo, guarde el material en un recipiente cerrado por lo menos 16 horas anterior a la compactación. Los especímenes compactados pueden ser preparados compactando el material por lo menos en seis capas usando un molde partido

de sección circular transversal (perpendicular) teniendo dimensiones que reúnan los requisitos enumerados en

Pueden compactarse los especímenes a la densidad deseada por: (1) amasando o pisoneando en cada capa hasta que la masa acumulada de suelo puesta en el molde es compactado a un volumen conocido; o (2) ajustando el número de capas, el número de apisonadas por capa, y la fuerza por pisoneada. La superficie de cada capa será escarificada antes de la adición de material para la próxima capa. El pisón usado para compactar el material tendrá un diámetro igual o menor que la mitad del diámetro del molde. Después de formar el espécimen, con los extremos perpendiculares al eje longitudinal, quitar el molde y determine la masa y dimensiones del espécimen. Ejecute uno o más determinaciones del contenido de agua sobre el exceso de material usado para preparar el espécimen de acuerdo con la norma ASTM D 2216.

4.3.2.3.3 Procedimiento.

Ponga la membrana en el extendedor de membrana o, si será enrollado en el espécimen, ponga la membrana sobre el casco o la base. Ponga el espécimen en la base. Ponga la membrana de caucho alrededor del espécimen y séllelo al casco y base con los anillos de caucho u otros sellos a cada extremo. Una capa delgada de grasa de silicona en las superficies verticales del casco o la base ayudará en sellar la membrana.

Con el espécimen encajado en la membrana de caucho, sellarlo al casco y base del espécimen y colocarlo en la cámara, junte la cámara del triaxial. Ponga el pistón de carga axial en contacto con el casco del espécimen varias veces para permitir el asentamiento apropiado y la alineación del pistón con el casco. Cuando el pistón entra en contacto por última vez, grabe la lectura en el indicador de la deformación.

Ponga la cámara en posición en el dispositivo de carga axial. Tenga cuidado para alinear el dispositivo de carga axial, el dispositivo medidor de carga axial y la cámara triaxial para prevenir la aplicación de una fuerza lateral al pistón durante la prueba. Acople el dispositivo medidor manteniendo la presión y llenar la cámara con el líquido de confinamiento. Ajuste el dispositivo medidor manteniendo la presión de cámara deseada y aplicar presión al fluido de la cámara. Espere aproximadamente 10 minutos después de la aplicación de presión de cámara para permitir que el espécimen esté estabilizado bajo la presión de la cámara antes de la aplicación de la carga axial.

Si el dispositivo medidor de carga axial se localiza fuera de la cámara del triaxial, la presión de la cámara producirá una fuerza ascendente en el pistón que reaccionará contra el dispositivo de carga axial. En este caso, empiece la prueba con el pistón ligeramente sobre la parte superior del espécimen y antes de que el pistón entre en el contacto con la parte superior del espécimen, efectúe: (1) Medir y grabar la fricción inicial del pistón y el empujón ascendente del pistón producido por la presión de cámara y después corregir la medida de carga axial, o (2) Ajuste el dispositivo medidor de carga axial para compensar la fricción y el empujón. Si el dispositivo medidor de carga axial se localiza dentro de la cámara, no será necesario corregir o compensar para la fuerza de levantamiento que actúa en el dispositivo de carga axial o para la fricción del pistón. En ambos casos, grabar la lectura inicial en el Indicador de la Deformación cuando el pistón contacte a la parte superior del espécimen.

Aplique la carga axial para producir una deformación axial a una velocidad aproximada de 1%/min para los materiales plásticos y 0.3%/min para materiales frágiles que logran el Máximo Esfuerzo Desviador a aproximadamente 3 a 6% de deformación. A éstas proporciones, el tiempo que tiene que transcurrir para alcanzar el Máximo Esfuerzo Desviador será aproximadamente de 15 a 20 min. Continúe la carga hasta 15% de deformación axial, exceptuando cuando el esfuerzo máximo cae más del 20% o la deformación axial ha llegado 5% más allá de aquella deformación con valor alto (pico) donde ocurrió el esfuerzo máximo.

4.3.2.4 MÓDULO DE PANTALLA

Indicación de campo	6 dígitos personalizados LCD, iconos y gráfico de barras
Temperatura ambiente	-25°C ... +70°C
Material de la carcasa	Plástico reforzado con fibra de vidrio PBT, (DuPont®)

Tabla1. Módulo de pantalla .

4.3.2.5 DIMENSIONES CAMARA TRIAXIAL

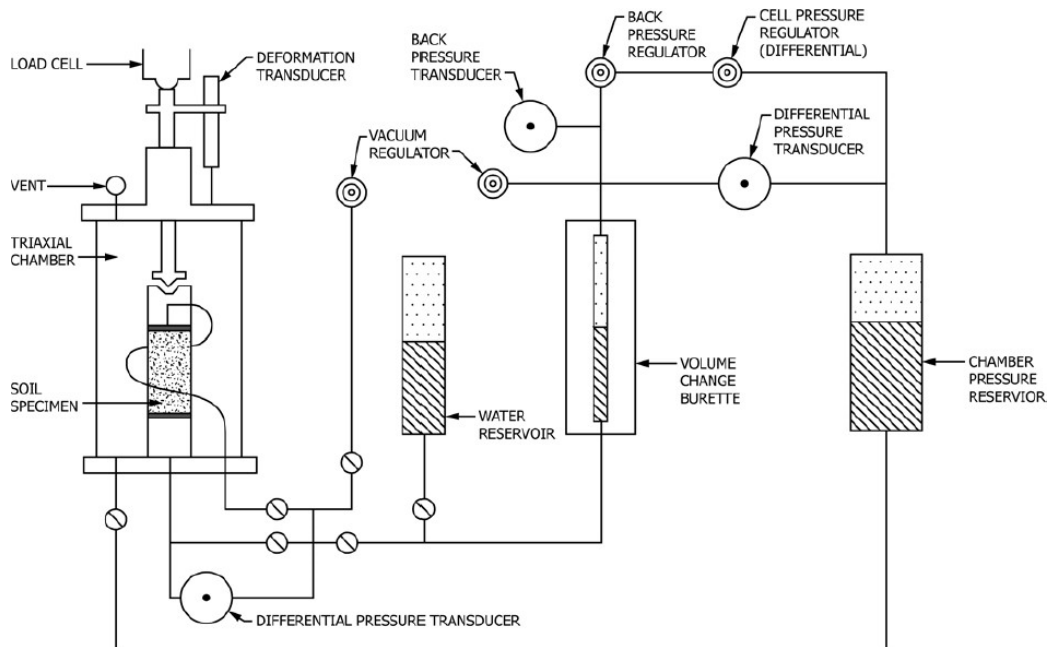


Figura 10. (Esquema de un equipo triaxial para ensayo consolidado no drenado.)

4.3.2.6 ACCESORIOS

- Certificado de garantía - 2 x prensaestopas M20x1.5
- Manual de instalación y programación - Módulo de pantalla (opcional)
- Declaración de conformidad: CD-ROM (software EViewLight, DataScope) (opcional)

4.3.2.7 MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

El equipo **Triaxial Tri-Flex 2** requiere un mantenimiento regular. En algunos casos, sin embargo, los transductor puede necesitar una limpieza del material depositado, tanto como la cámara y las mangueras por donde circula el líquido. Esto debe realizarse con cuidado, sin rayar ni presionar la superficie del transductor. Las reparaciones durante o después del período de garantía se llevan a cabo exclusivamente en los fabricantes. El equipo que devuelva para su reparación debe ser limpiado o neutralizado (desinfectado) por el usuario.

El conjunto de Bureta/anillo puede limpiarse fácilmente usando el siguiente procedimiento:

- Retire el tornillo frontal (# 3) del bloque superior (culata superior del cilindro - # 2) que sujeta la cabeza al panel.
- Suelte las varillas de unión (# 12) desatornillando las tuercas moleteadas (# 1) en los extremos superiores.
- Retire el bloque superior (cabeza del cilindro superior - # 2)); retirar con cuidado el cilindro anular (# 5) levantándola.
- Retire cuidadosamente la bureta graduada (# 6) aflojando suavemente el 1" tuerca de bloqueo (conector macho - # 8) en el extremo inferior

- Limpiar el cilindro de corona circular y de la bureta. Volver a montar de la misma manera, la aplicación de grasa de vacío a las juntas tóricas en la parte superior e inferior. También aplicar grasa a la primera 1/4" de la parte superior e inferior del cilindro.

Tri-Flex 2 System Manual

Burette/Annulus Assembly (K-755)
Part Number 3591-0001

Item No.	Part No.	Description
1	9606-0025	1/4-20 Knurled Nut
2	3591-0002	Upper Block
3	9506-0065	3 1/2" Round Headscrew
4	9409-0056	O-Ring #130
5	3591-0003	Reservoir
6	3591-0004	Burette (Pipette) 25 ml
7	3591-0006	Air Tube
8	8310-0065	Male Connector 68-FL
9	9409-0056	O-Ring #130
10	8920-0003	Toggle Valve Stem Assembly
11	3591-0007	Bottom Block Assembly
12	3591-0005	Tie Rod Assembly

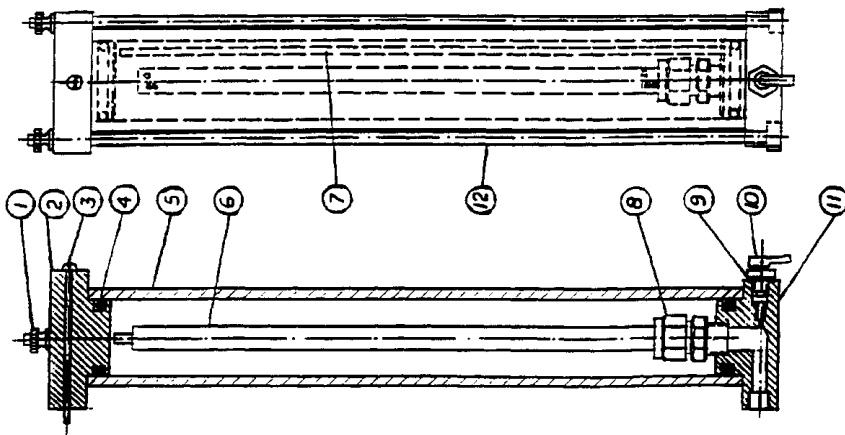


Fig. 5

Figura 11(5. Esquema de conexión para un sistema manual.)

4.3.2.8 ACTUALIZACIÓN DE SOFTWARE

Sobre la base de las observaciones y necesidades, ELE international mejora y revisa constantemente el software operativo del dispositivo. El software se puede actualizar con la ayuda del puerto de comunicación IrDA del SAP-200 o un adaptador de comunicación ELink (USB) conectado a la ranura SAP-200. Para obtener más información acerca de las actualizaciones de software, póngase en contacto con Nivelco.

4.3.2.9 Esquema de conexión para el sistema automático.

En la siguiente figura 11 se observan los pasos para medición del sensor de nivel.

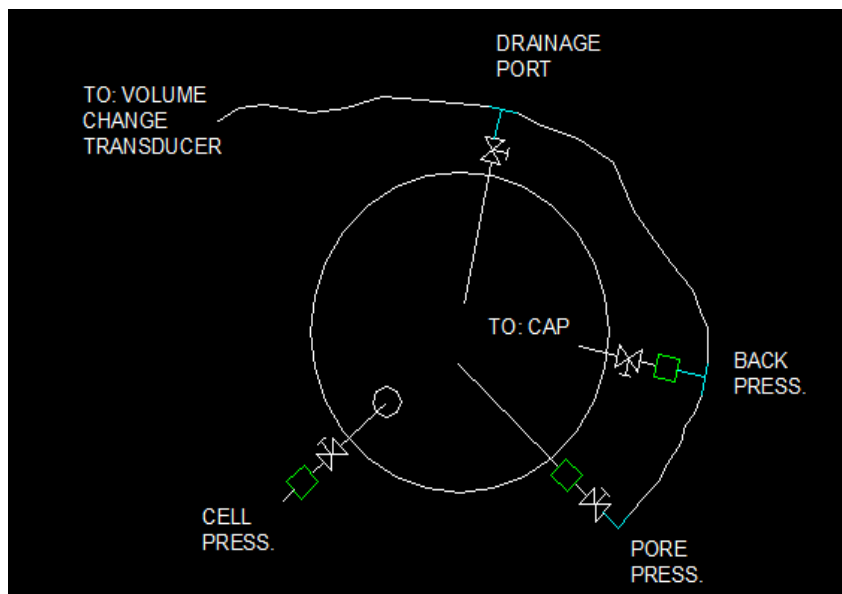


Figura 12(6. Esquema de conexión para un sistema automático.)

En la siguiente figura 12 se detallan los pasos a seguir para el correcto funcionamiento y las parte de la celda triaxial al momento de su uso.

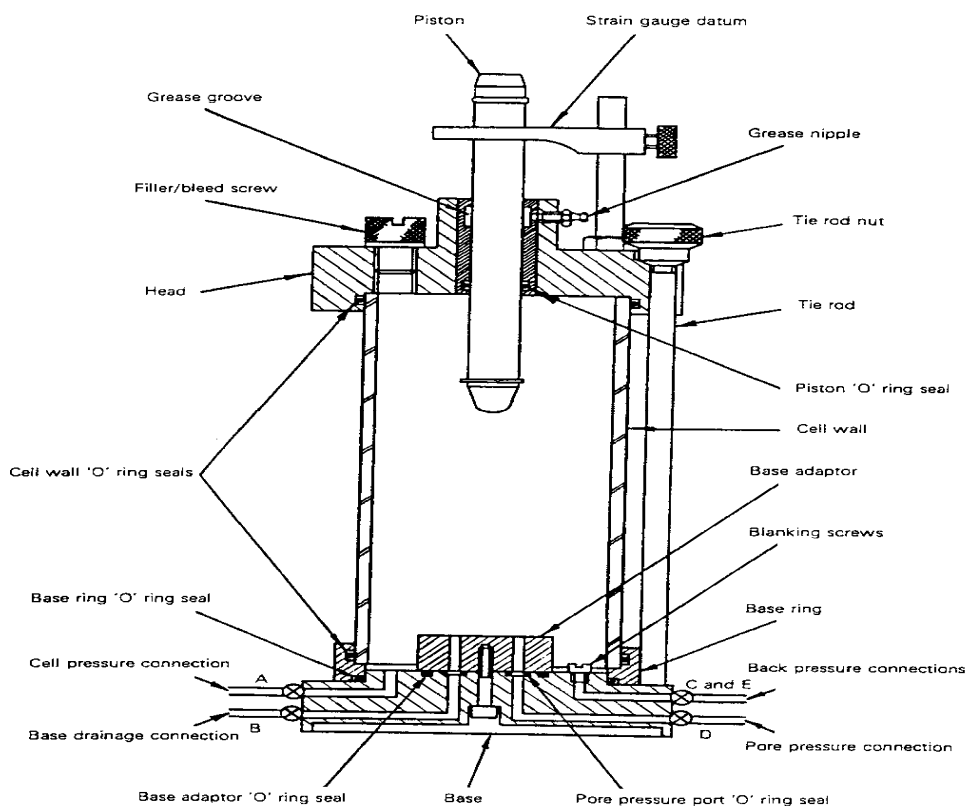


Figura13. Esquema de celda triaxial.

4.3.2.10 Procedimiento de ensayo de permeabilidad

Durante la prueba de permeabilidad, se impone un diferencial de presiones aplicando distintas presiones en la parte superior e inferior de la muestra. En el sistema Tri-Flex 2, esto se logra ajustando las presiones aplicadas a los canales de la bureta superior e inferior.

El siguiente procedimiento producirá un flujo ascendente a través de la muestra mediante el aumento de la presión aplicada al canal bureta inferior.

Al término de la etapa de saturación, se procede de la siguiente manera:

*En la celda de ensayo, se cierran las válvulas que van a la parte superior e inferior.

*En la celda de ensayo, gire los puertos de drenaje superior e inferior para la posición cerrada.

*Gire las válvulas de control de entrada de la bureta/anillo para los canales de bureta superior e inferior a la posición "Vent".

*Establecer todo el control de los anillos en la posición cerrada.

*Ajuste el nivel de agua en el canal bureta superior a aproximadamente 1/4 altura girando lentamente la válvula de control Bureta/anillo de flujo a:

*Ponga la posición de la entrada de la bureta a relleno.

Posición "Drenaje" para drenar nivel de bureta. Puede necesitarse una pequeña presión (por ejemplo, 3 psi) para drenar la bureta por completo.

Ajuste el nivel de agua en el canal bureta inferior a aproximadamente 3/4 altura girando lentamente la válvula de control Bureta/anillo.

4.3.2.11 INSTALACIÓN Y CONEXIÓN ELÉCTRICA

4.3.2.11.1 Caja de control en tiempo real y caja registró de datos automáticos. (RCT) (ATD)

Este dispositivo recibe instrucciones del software del respectivo ensayo, que con ayuda de la realimentación de los datos medidos por el ATD, permite controlar y manejar la velocidad del marco de carga; las presiones que generan los controladores de presión hidromáticos; el cierre o apertura del flujo de agua y por ende de la presión que transmite el agua; y la dirección del flujo del dispositivo de cambio volumétrico.

Este dispositivo controla un sistema triaxial, pero puede ser configurado para adicionar otros dos sistemas triaxiales, lo que quiere decir que una unidad RTC puede manejar hasta 3 sistemas al mismo tiempo.

Con ayuda del software de manejo del RTC es posible calibrar los sensores de carga, desplazamiento, presión y cambio volumétrico que están conectados al sistema.

A este dispositivo llegan todas las mediciones que realizan los diversos sensores; el fabricante del equipo cuenta con dos tipos de ATD, uno con disponibilidad de 16 canales y otro con disponibilidad de 32 canales.



Figura 14 Caja de control en tiempo real (RTC)

4.3.2.11.2 VALVULA SELENOIDE

Es una válvula de doble flujo, conectada a la válvula de la cámara triaxial en una línea de presión para permitir que la línea sea abierta o cerrada automáticamente. La válvula es directamente energizada y controlada por la caja RTC.



Figura 15 Válvula solenoide. Tomado de Automatic triaxial hardware instruction manual

4.3.2.12 SENSORES LOCALES

Estos transductores están adheridos directamente sobre la muestra, miden pequeñas deformaciones y por lo tanto son más exactos que los transductores externos; se utilizan dos tipos de sensores locales:

- Sensor local axial: mide las deformaciones axiales de la muestra, son colocados en pareja y en su instalación deben ser pegados diametralmente opuestos.



• *Figura 16 Sensor local axial*

- Sensor radial: mide deformaciones radiales de la muestra, es colocado a la media altura de la muestra.



Figura 17 Sensor radial

- Sensor de desplazamiento axial: Este sensor permite medir la deformación relativa de la muestra, a partir del movimiento de la cámara triaxial, lo cual lo inhabilita al momento de medir deformaciones durante la fase de consolidación y en la etapa de falla lo hace menos preciso que un sensor local.



Figura 18. sensor de desplazamiento axial.

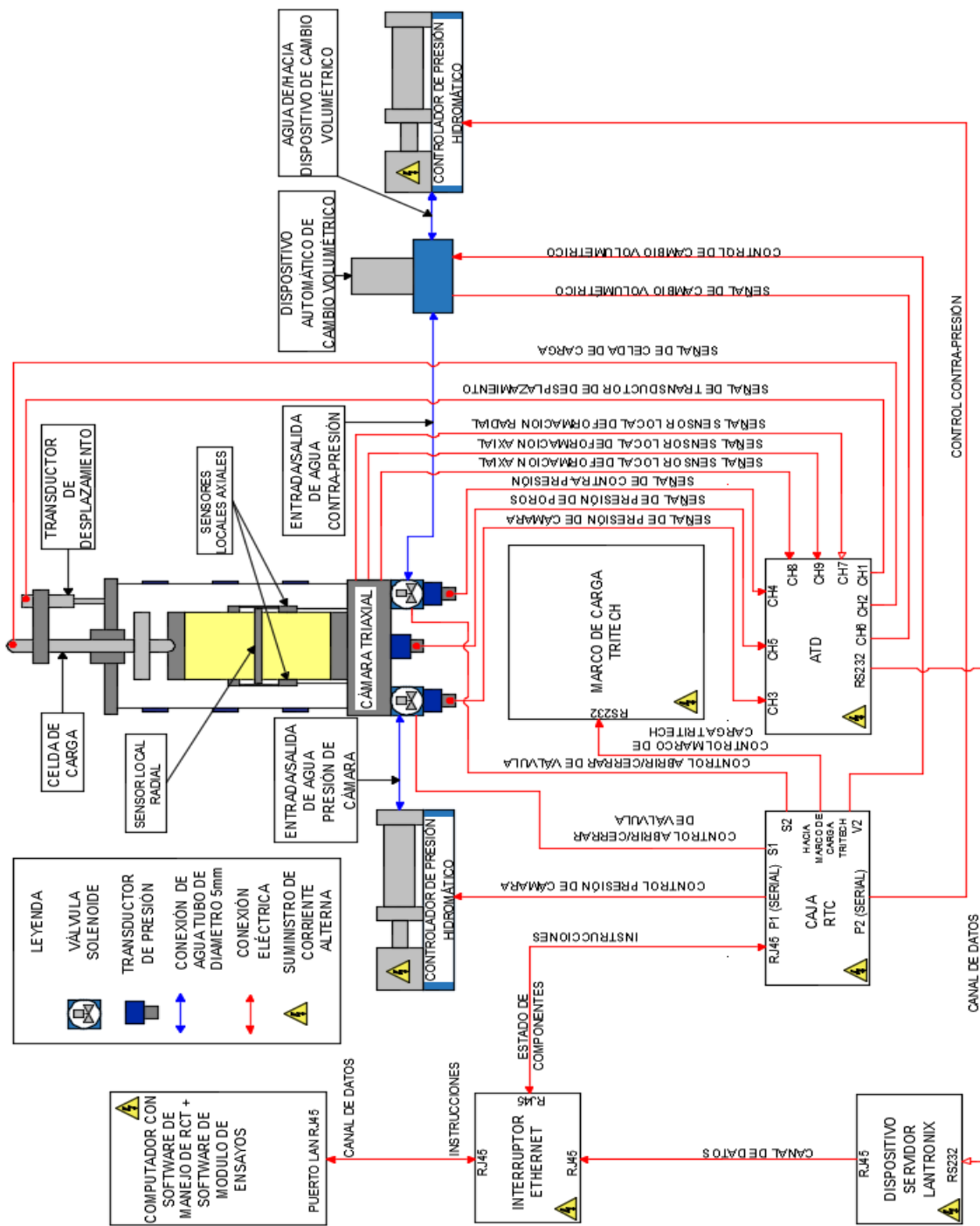


Figura 19. Diagrama eléctrico del Sensor de Nivel.

4.3.3 BOMBA DE VACIO STAGE VACUUM PUMP

4.3.3.1 APLICACIONES

Diseñado específicamente para los siguientes usos:

- vaciado de contenido de aire para ensayo triaxial.
- Vaciado de contenido de aire para ensayo marshall.
- Sistemas de aire acondicionado.
- Bombas de calor.
- Transferencia de agua.
- Deshidratación.

4.3.3.2 ESPECIFICACIONES

4.3.3.2.1 BOMBA

- modelo : VP 125+.
- Capacidades: a 5 Pa.
- Poder: De ¼ HP.
- Voltaje: 110V/60Hz.
- Presión máxima de trabajo: 125 PSIG.
- Temperatura máxima del agua: 140 ° F (60 ° C).

4.3.3.2.2 Compresor de aire 2Hp

- Capacidad de líquido: 50 litros .
- 2hp.
- Voltaje: 1.5 kw.
- Fase única: 2850 rpm.
- Presión: 10 bar / 93 db.
- Peso: 35.6kg

- Medidas: 770x310x645mm

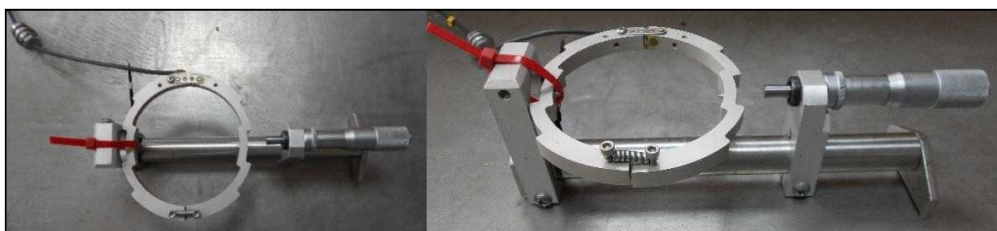
En la siguiente figura 15 se observa la bomba de vacíos.



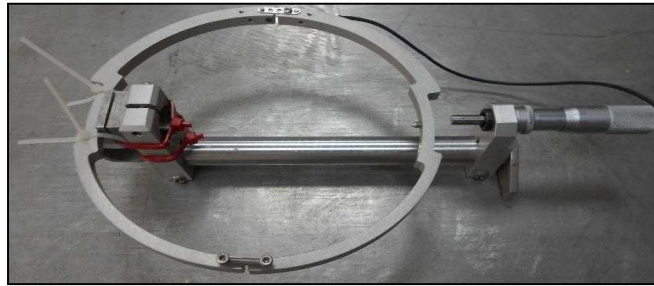
Figura 20. Bomba de vacíos .

4.3.3.2.3 CALIBRACION DE SENSORES

Para comenzar con la calibración se debe sujetar el sensor local al micrómetro de calibración; la disposición dependerá del tamaño del sensor como se evidencia a continuación:



5. Figura 21 Sensor local radial 70 mm



6. *Figura 22 Sensor local radial 150 mm*

Tipo de transductor	Capacidad	Número de parte	Sensitividad (mV/V)	Ajuste amplificador de ganancia
Desplazamiento lineal	25 mm	30-WF6208	1000	0,25
	50 mm	30-WF6209		
	100 mm	30-WF6210		
LVDT "Sobre la muestra"	± 5 mm		10 V f.s.	0,25
Celda de carga interna	1 kN	28-WF6351	2	64
	5 kN	28-WF6353		
	10 kN	28-WF6355		
	25 kN	28-WF6356		
Presión	1000 kPa	28-WF6300 -ESI	10	16
	2000 kPa	28-WF6301-ESI	3	64
	3500 kPa	28-WF6302 GEFTRAN		
Cambio de volumen automático	100 cc	29-WF4412	1000	0,25

7.

8. *Tabla 2. Ajuste amplificador de ganancia.*

4.1 PRESUPUESTO

Para la activación del equipo triaxial de la Carrera de Ingeniería Civil se hizo la siguiente inversión que se detalla a continuación:

Tabla 3.- Inversión para el funcionamiento del laboratorio de instrumentación

Nº	Descripción	Cantidad	Valor unitario \$	Valor total \$
1	Visita de los técnicos de la empresa SAVAION	1	220.00	220.00
2	Capacitación del DR. Juan Rojas	1	750.00	750.00
3	Instalación y reparación del equipo triaxial	1	1950.00	1950.00
4	Trabajo de Gasfitería	1	50.00	50.00
5	Compresor de aire	1	350.00	350.00
6	Bomba de vacíos	1	465.00	465.00
7	Mantenimiento de bomba	1	80.00	80.00
8	Mantenimiento de medidor de volumen	1	90.00	90.00
9	Mantenimiento de Sensores	1	120.00	120.00
10	Configuración de Software	1	200.00	200.00
11	Tubo moldeador de muestras	1	35.00	35.00
12	Placa base	1	30.00	30.00
13	Instructivos de uso de los equipos	1	40.00	40.00
14	Impresiones anillados y empastes	1	80.00	80.00
			Total	\$4460.00

Elaborado por: William Pruss, Kevin Pionce.

4.2 GUIA DE PROCEDIMIENTO

4.2.1 OBJETIVO

Conocer el proceso de las prácticas de las obras que impliquen la mecánica de los suelos y a su vez mantener el control, mantenimiento y seguridad del equipos y bienes del laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil, procurando un mejor aprovechamiento de la parte práctica de las materias ligadas a la mecánica de los suelos.

4.2.2 ALCANCE

Este manual de procedimiento tiene como alcance realizar todos los pasos a seguir para el ensayo triaxial y las pruebas que se pueden realizar en el mismo.

4.2.3 REFERENCIAS

- **ASTM D2850-15**
- **ASTM D4767-11**
- **ASTM D7181-11**
- **ISO 3847:1977**
- **ISO 4359:2013**

4.2.4 POLITICAS

- Se deberán realizar mantenimientos periódicos a todos los instrumentos y equipos dentro del laboratorio y de uso continuo que requieran las áreas para el desarrollo de las prácticas.
- Se debe constatar, si es requerido, que el manual se actualice si fuese necesario por los docentes dentro del área de suelos.
- Se deberá tener un registro de los datos obtenidos para así trabajar con una base de datos establecida por el docente y los estudiantes.

- Se dará entrada a aquellos instrumentos o equipos que cumplan con las especificaciones técnicas que requiera el triaxial, por ejemplo; cámaras o celdas nuevas con sus medidas establecidas.
- Una vez culminada la práctica en el equipo triaxial debe quedar sin agua para evitar que los ductos lleguen a taparse, este proceso debe hacerse de manera cuidadosa para así evitar daños en el equipo.
- Verificar que al concluir el paso anterior todos los equipos y los paneles queden apagados.
- Los docentes del área de suelos que trabajen con el equipo triaxial deberán reportar el daño o falla de cualquier tipo de instrumento o equipo del mismo a los encargados del mantenimiento del laboratorio de suelos.

4.2.5 RESPONSABILIDADES

DOCENTES

- Aprobar la Aplicación de los instrumentos y equipo triaxial.
- Apegarse a las disposiciones contenidas en este manual de procedimiento.
- Instruir a los estudiantes de los procedimientos a efectuarse en equipo triaxial.
- Revisar los equipos como la bomba de vacío, los paneles electrónicos, compresor de aire y los manómetros en correcto funcionamiento.
- Revisar los inventarios que se encuentran dentro de la facultad.
- Mantener una adecuada supervisión y control de las prácticas cuando sean realizadas, prevenir de alguna falla que exista en el triaxial, reservorio o parte eléctrica.

4.2.6 DEFINICIONES

- **Reservorio de agua.** Sitio donde se almacena el agua disponible para las prácticas, esta puede ser agua destilada La conexión rápida de agua suministra agua de entrada para el llenado rápido de la celda de ensayo.
- **Paneles electrónicos.** Equipos disponibles donde se aprecian las lecturas tomadas por los sensores de nivel y de flujo.
- **Celda o cámara.** Lugar donde se introduce la muestra para llevar acabo el ensayo a realizar.
- **Bomba de vacío.** Equipo que saca el contenido de aire ya sea de la probetas o los conductos.
- **Compresor de aire.** Instrumento el debe matener una presión constante de 7 bar para el ensayo que se desee realizar.

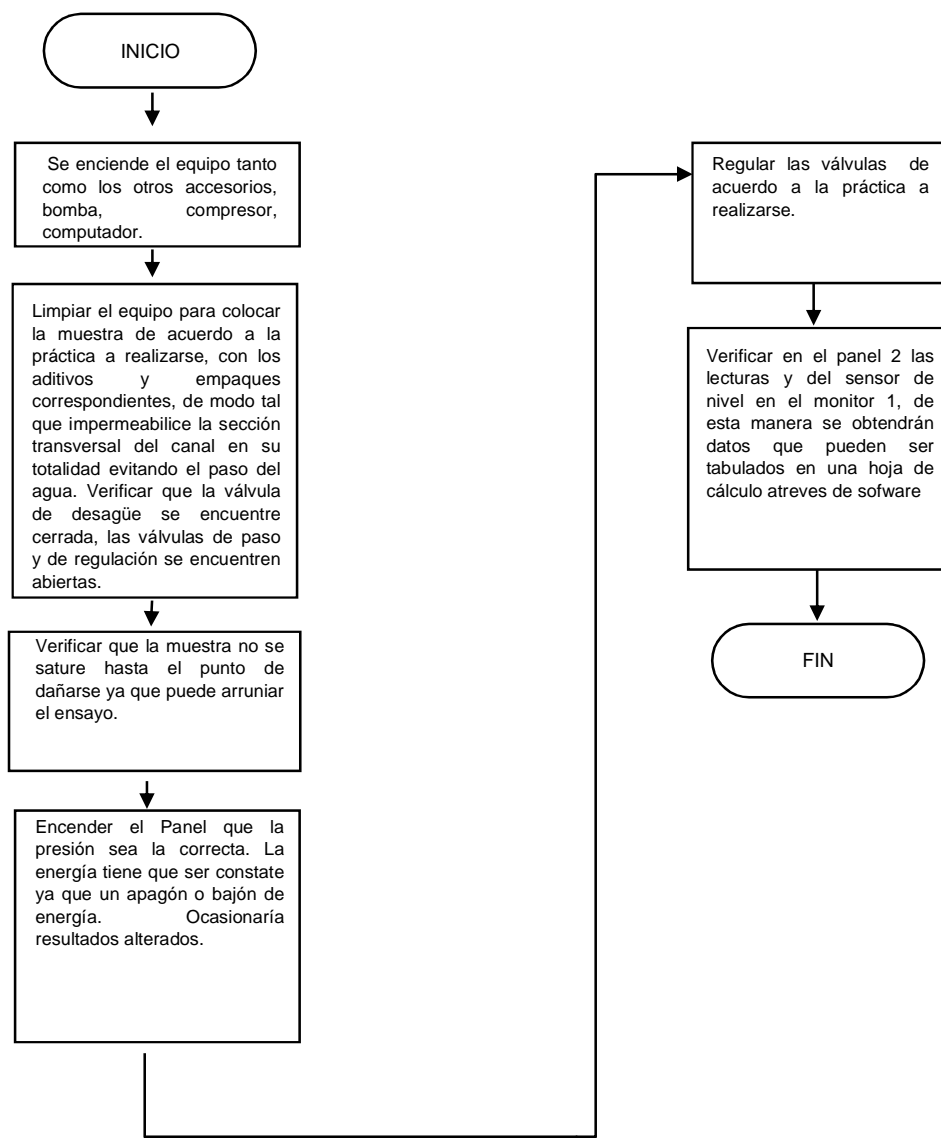
- **Medidor de volumen.** El transductor de cambio de volumen es legible a $80 \times 0.1 \text{ cm}^3$ con una presión de trabajo máxima de 1700 kPa. El conjunto incluye válvulas para invertir el flujo a través de la unidad, cambiando la dirección del vástago del transductor, cuando se requieren capacidades mayores.

- **Panel de control** interruptor de encendido/apagado. Este display muestra el ajuste de cualquiera de los reguladores de presión de canal bureta. La presión que se muestra en el display es la que se encuentre activada mediante el interruptor ubicado en la barra de "Display Pressure".

4.2.7 METODO DE TRABAJO

Este diagrama presenta de forma general las actividades para el procedimiento las prácticas en el equipo triaxial.

4.2.7.1 DIAGRAMAS DE PROCEDIMIENTO



5 PRACTICA EN EL EQUIPO TRIAXIAL

5.1 PRÁCTICA #1

5.1.1 ENSAYO #1 ENSAYO NO CONSOLIDADO- NO DRENADO UU

OBJETIVO

El objetivo de esta práctica se desea Determinar el Ángulo de Rozamiento Interno y la Cohesión del suelo, que permitan establecer su Resistencia al Corte, aplicando a las probetas esfuerzos verticales y laterales que tratan de reproducir los esfuerzos a los que está sometido el suelo en condiciones naturales.

ELEMENTOS NECESARIOS

- Equipo triaxial.
- Muestra inalterada
- Clasificación del suelo.

Zona en la que se extrajo la muestra.

Correspondiendo a la zona de San Juan cerca de la via Manta-colisa ubicado en ciudad de Manta-Manabí, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 23. Ubicación entrada a San Juan- fuente google earth.

Los estratos encontrados presentaron características limosas y presencia de nivel freático y material saturado por lo que la zona de estudio se encuentra de acuerdo con la línea de investigación del tema.

CLASIFICACIÓN DE SUELO.

Los ensayos de laboratorio inician con la recolección de muestras representativas en la zona de estudio, para este fin se ha realizado un análisis exploratorio de los datos que aporten resultados relevantes para la investigación.

TOMA DE MUESTRAS.

El tipo de muestra utilizada es de carácter probabilística puesto que se ha elegido una muestra por estrato presente en el terreno natural. Además, el muestreo fue estratificado y para cada estrato se realizó un muestreo aleatorio simple con el fin de asegurar la homogeneidad de las muestras (González, 2008).



Figura 24. Toma de muestra Ubicación entrada a San Juan

Posterior al muestreo, se siguió el procedimiento descrito en la norma ASTM D 4220 para la preservación y transporte de muestras de suelo.

ENSAYOS DE LABORATORIO.

La clasificación de suelos se la realizó a través del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), también conocido como sistema de la American Society of Testing Materials (ASTM) el mismo que basa sus criterios en la distribución granulométrica, límite líquido y límite plástico del suelo en análisis (Das, 2012).

Además, los ensayos de laboratorio se realizaron con base a lo estipulado en la Norma Ecuatoriana de construcción dentro de su apartado geotecnia y cimentaciones (NEC-SE-CM, 2015)

La normativa usada para la obtención de los diferentes parámetros fue:

- Contenido de agua, en todas las muestras se usó la norma NTE INEN 690 la cual se referencia en la norma internacional ASTM D 2216.
- Distribución Granulométrica, en todas las muestras se usó la norma ASTM D 422.
- Límite líquido, en todas las muestras se usó la norma NTE INEN 691 la cual está fundamentada en la norma internacional ASTM D 4318.
- Límite plástico e índice de plasticidad, en todas las muestras se usó la norma NTE INEN 692 la cual se referencia en la norma internacional ASTM D 4318.

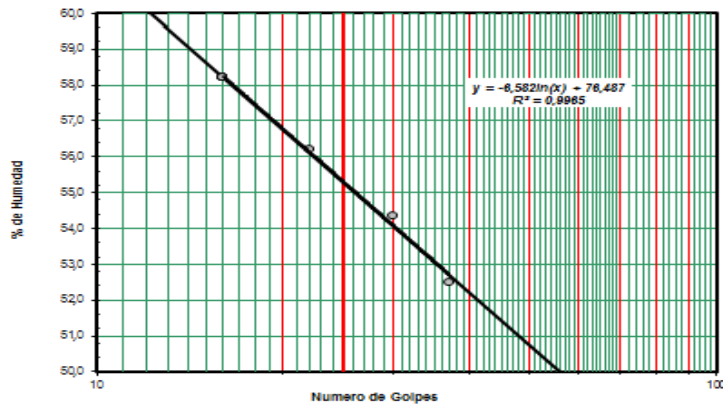


Figura 25- limite líquido.

LIMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE #	5	1	0
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA	21,24	21,84	22,03
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA	20,35	20,82	20,92
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	0,89	1,02	1,11
MASA DE RECIPIENTE (P4)	17,31	17,26	17,12
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	3,04	3,56	3,80
% DE HUMEDAD (W = P3 ÷ P5 × 100)	29,28	28,65	29,21

Observaciones :

Normas de Referencia:
 INCH 831-1582
 INCH 832-1582
 ASTM D 4318-08
 ARSHTO T 58-54
 ARSHTO T 58-54



RESULTADOS

L. Líquido = 55.30

L. Plástico = 29.05

I. Plasticidad = 26.25

Clasificación Según
 Carta de Plasticidad de
 Casagrande = CL

Tabla 4- limite líquido.

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie		OBSERVACIONES :
	Gruesa	Fina	
Recipiente N°	A		<i>Normas de Referencia:</i> INEN 154-1986 INEN 136-1982 INEN 157-1982 ASTM C 147-95 ASTM C 156-95 ASTM C 1448-92 ASTM T 16-91 ASTM T 27-91
Masa de Recipiente + Muestra Húmeda (P1)	303,47		
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)	244,01		
Masa de Agua (P3 = P1 - P2)	59,46		
Masa del Recipiente (P4)	64,61		
Masa de Muestra Seca (P5 = P2 - P4)	179,40		
% de Humedad (W = P3 x 100 ÷ P5)	33,14		

SERIE GRUESA			
Tamiz ASTM Abertura / N°	Masa Retenida		Pasante Acumal.
	Parcial	Acumulada	
600, mm. 24 "			
300, mm. 12 "			
150, mm. 6 "			
75, mm. 3 "			
63, mm. 2 ½ "			
50, mm. 2 "			
38,1 mm. 1 ½ "			
25, mm. 1 "			
19, mm. ¾ "			
12,5 mm. ½ "			
9,5 mm. 3/8 "			
4,75 mm. No. 4			
Pasa No. 4			

SERIE FINA					
Tamiz ASTM Abertura / N°	Masa Retenida		% Pasante Acumal.	% Pasante Corregido	
	Parcial	Acumulada			
2,36 mm. No. 8					
2, mm. No. 10	0,00	0,00	100,00		
1,18 mm. No. 16					
0,85 mm. No. 20					
0,60 mm. No. 30					
0,425 mm. No. 40	1,80	1,80	99,32		
0,3 mm. No. 50					
0,15 mm. No. 100					
0,075 mm. No. 200	1,90	3,70	98,59		
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para Lavado: 350 gr.					
Masa final corregida por Humedad de los finos: 262,9 gr.					
a Total del Material utilizados para el Ensayo					

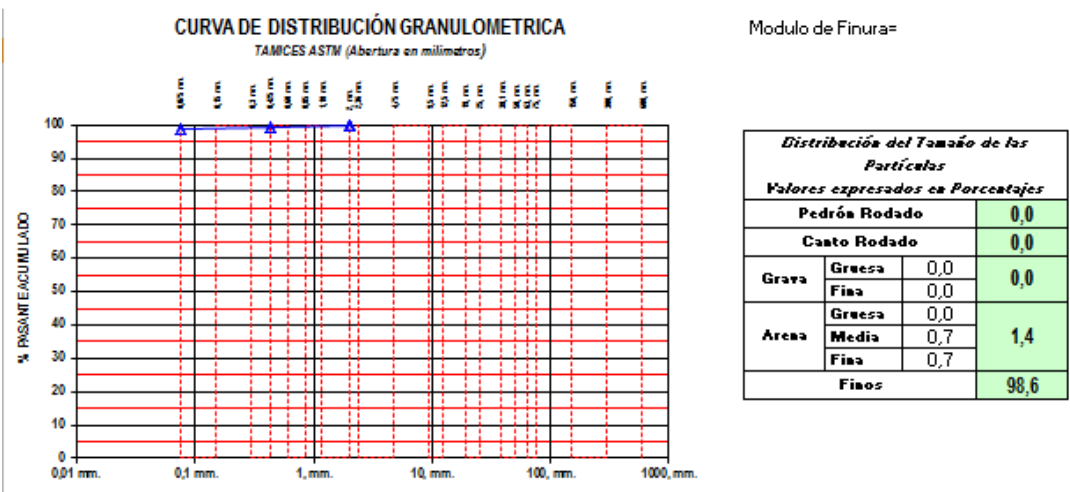
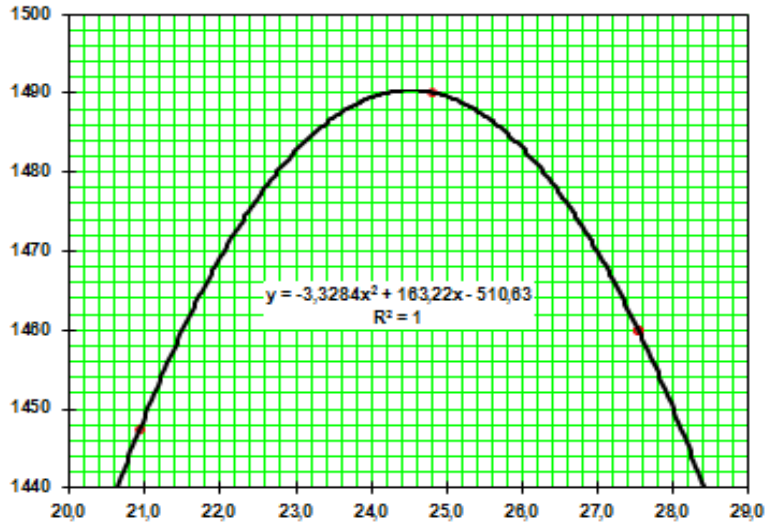


Tabla 5- granulometría.

suelo	Contenido de humedad (%)	Limite liquido (%)	Limite plastico(%)	Índice de plasticidad	Clasificación S.U.C.S
Profundidad Cota 7.20	58.21	55.60	29.06	26.25	CL

Tabla 6- Clasificación del suelo.

DATOS DEL ENSAYO						
PUNTO #	1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE #	P	T	7			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA	340,60	273,60	218,60			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA	299,00	247,47	195,95			
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	41,60	26,13	22,65			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	100,20	142,20	113,70			
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	198,80	105,27	82,25			
% DE HUMEDAD (W = P3 x 100 ÷ P5)	20,93	24,82	27,54			
% DE HUMEDAD PROMEDIO	20,93	24,82	27,54			
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	2%	4%	6%			
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO	5840	5941	5943			
MASA DE SUELO HÚMEDO (P8 = P6 - P7)	1612	1713	1715			
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO (D _h = P8 ÷ V)	1750	1860	1862			
DENSIDAD SECA DEL SUELO (D _s = D _h ÷ (1 + W)	1447	1490	1460			



RESULTADOS
Densidad Seca Máxima 1490 Kg./m³
% de Humedad Óptima 24,52 %

Tabla 7- ensayo proctor.

Según se observa por los resultados obtenidos de la clasificación de suelo, corresponde a cuyos límites de Atterberg lo clasifican un suelo de tipo arcillo limoso (CL), Por ello el esfuerzo efectivo dependerá principalmente del ángulo de fricción interna, buzamiento de los estratos y la presión de poros u grado de saturación (Alva, 1994).

RESISTENCIA AL CORTE.

La resistencia al corte de un suelo es muy variable puesto que depende de diversos factores como su estructura, naturaleza, nivel de deformaciones, presión de poros, calidad de muestras (González et al., 2004).

Para esta investigación la resistencia al corte del suelo fue testada en base a los ensayos de compresión triaxial UU y CU; con su respectiva determinación del ángulo de fricción interna (ϕ), la cohesión (c) tanto en parámetros totales como efectivos.

ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO, NO DRENADO(UU).

El ensayo se realizó en base a la norma ASTM D 2850 y el manejo del equipo fue guiado por el manual de instrucciones de Brainard Killman (1970).

Tal como su nombre lo indica no se necesita una consolidación previa del suelo para ser sometido a la fuerza de corte sólo es necesario aplicarse la presión de confinamiento (σ_3), y además las válvulas de drenaje se encuentran totalmente cerradas en el aparato de ensayo, por lo que no se permite ningún cambio en el volumen de la muestra mientras el esfuerzo desviador ($\Delta\sigma$) es incrementado. Al no permitirse un cambio de volumen la presión de poros se incrementa y se asegura que la relación de vacíos permanezca constante (Holtz & William, 1981).

De esta forma se llega al objetivo de este ensayo y se obtiene la relación entre la fuerza cortante y el esfuerzo normal en condiciones no drenadas para así encontrar la máxima resistencia que puede presentar el suelo frente a sometimientos de carga (González et al.,2004).

En el siguiente gráfico de Las curvas esfuerzo deformación obtenidas a través de este ensayo se muestran a continuación en la Figura .

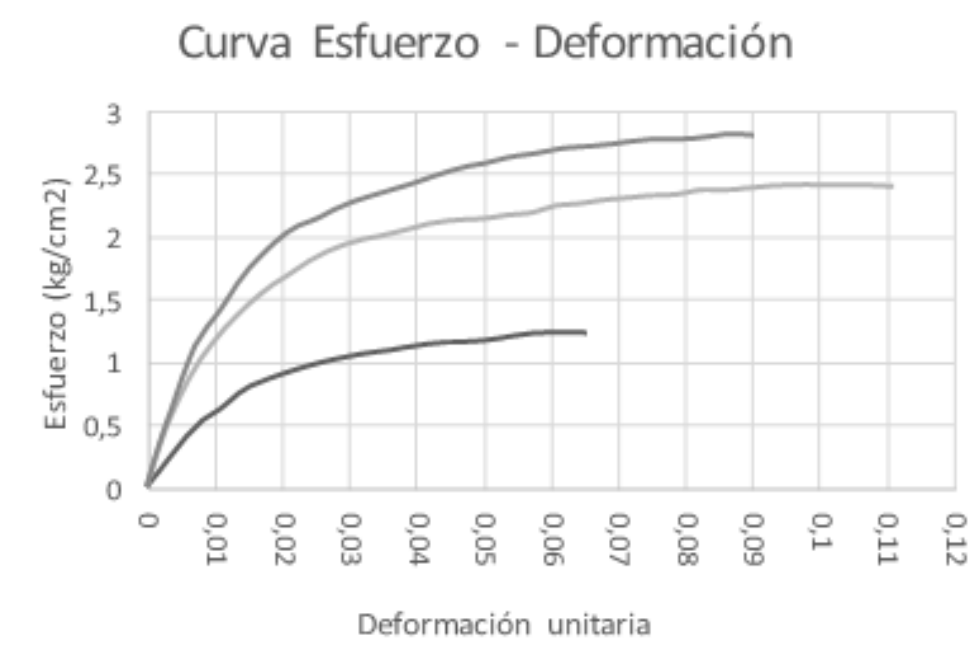


Figura 26- curva de esfuerzo deformación, ensayo triaxial UU

PROCESO DEL ENSAYO TRIAXIAL UU

Paso 1: El primer paso es desmontar la cámara triaxial del marco de carga Trittech y tener sus partes desacopladas.

Paso 2: Otro paso fundamental es asegurarse que no hay ninguna clase de fuga en las uniones de acoples, válvulas o uniones de cualquier parte de la cámara triaxial, en caso de que este sea el caso, es urgente reparar el desperfecto antes de continuar con el montaje.

Paso 3: Debe prepararse todos los elementos que se utilizarán durante el montaje:

Papel filtro: se deben humedecer dos trozos de sección circular y de área similar a la del pedestal y cabezal y los drenes laterales si el ensayo lo requiere.

La membrana: debe ser una membrana nueva a la cual se le deben realizar marcas que permitan que quede uniformemente repartida sobre la muestra; si el ensayo requiere la colocación de sensores locales, también se deben hacer marcas que permitan la colocación de dichos transductores.

Herramientas: deben estar al alcance herramientas tales como llaves Bristol, tijeras, elemento expansor de membranas, elemento colocador de o-rings, entre otros dependiendo del tipo de ensayo.

Los sensores locales axiales deben ser asegurados con los soportes en una separación que garantice que este en el rango de medida antes, y durante la mayor parte del ensayo, esto se verifica en los canales correspondientes a estos sensores en el software del RTC, luego de esto se mide la separación entre las franjas medias de los dos bloques que componen el sensor.

Paso 4: A continuación se debe purgar el pedestal y el cabezal ya que por estos ductos es que se medirá la presión de poros y se aplicará la contra-presión respectivamente; es importante retirar las burbujas de aire presente ya que ello imposibilitará los procesos de saturación y consolidación, la purga se realiza simplemente inyectando agua por los ductos correspondientes.



Figura 27 Purga del pedestal

Paso 5: Luego se coloca silicona al empaque de la cámara para asegurar un mejor sello entre las uniones, silicona al borde del pedestal para asegurar un buen sello entre el elemento y la membrana de látex, y por último se le aplica silicona alrededor del cabezal por la misma razón que se le aplico al pedestal y en la parte superior del cabezal para garantizar una unión consistente entre el cabezal y la celda de carga.



Figura 28 Aplicación de la silicona

Paso 6: Siguiendo con el proceso, se coloca sobre el pedestal una piedra porosa saturada y un trozo de papel filtro mojado y cortado a la medida del área del pedestal.



Figura 29 Disposición de piedra porosa y papel filtro

Paso 7: En seguida, se procede a recolectar información de la muestra como: peso, diámetro y altura (para obtener una buena medida de las dos últimas medidas es recomendable tomar el promedio de tres mediciones).



Figura 29 Toma de medidas de la muestra

Paso 8: Solo entonces se procede a montar la muestra, de tal forma que quede centrada sobre el pedestal y cuidando que quede bien nivelada.



Figura 30 Disposición de la muestra sobre el pedestal

Paso 9: Acto seguido, se coloca el papel filtro húmedo y la piedra porosa saturada sobre la muestra, se recomienda que si el material de la muestra tiene poca permeabilidad como el caso de las arcillas se le coloque un papel filtro radial para que facilite el drenaje del agua de la muestra.

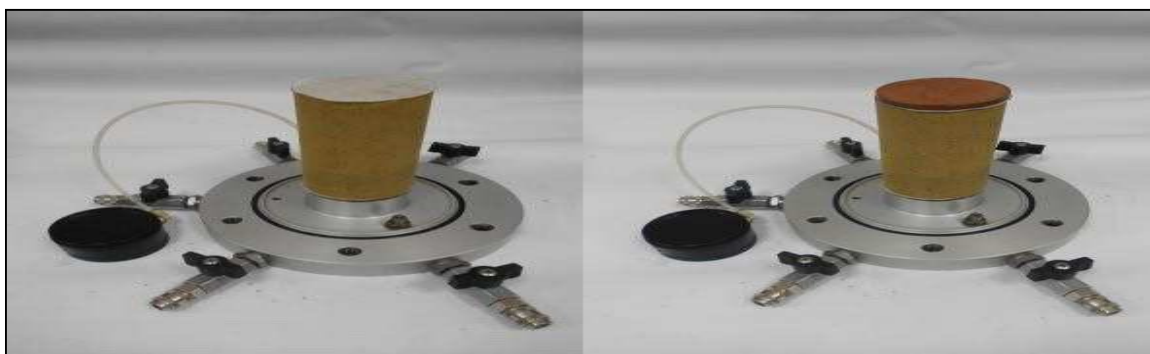


Figura 32 Disposición de papel filtro y piedra porosa sobre la muestra.

Paso 10: Ahora, se coloca con mucho cuidado la membrana sobre el elemento expansor de membranas (usualmente este procedimiento se debe realizar sobre una superficie suave como una toalla, para de esta forma evitar la rotura de la membrana), se aplica vacío para adherir la membrana al elemento, luego se ubica la membrana sobre la muestra de forma tal que quede longitudinalmente bien distribuida, acto seguido se libera el vacío para que la membrana se adhiera a la muestra, por último se retira el elemento expansor.

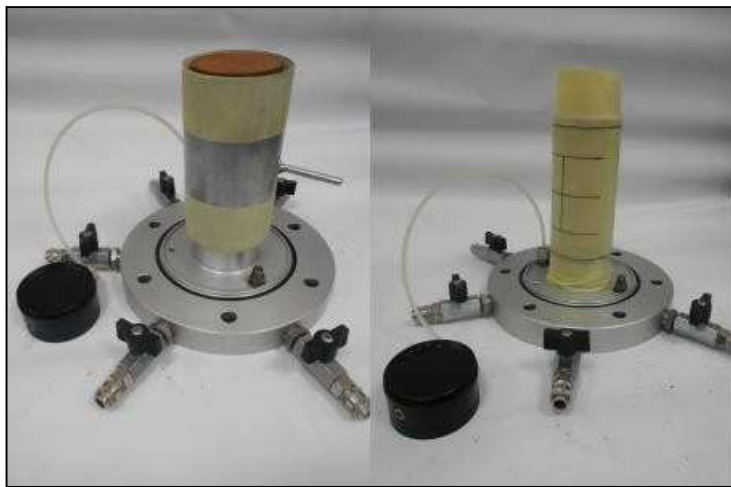


Figura 33 Colocación de la membrana

Paso 11: Continuando con el montaje, se colocan los o-rings o anillos de sellado sobre la herramienta de colocación para facilidad en el proceso (se recomienda que sea utilizado una herramienta de colocación de un material flexible como el PVC u similares, ya que cuando se van a colocar los dos o-rings del sello superior dicha herramienta debe ser retirada sin que el cabezal se retire de su lugar, por lo cual la herramienta de colocación debe ser retirada por un costado).



Figura 33 Colocación de o'rings en la herramienta de colocación

Paso 12: Se coloca el dispositivo con los o'rings colocados sobre él y se dispone del primer anillo en la parte más baja del pedestal, para luego ser cubierto por la membrana.

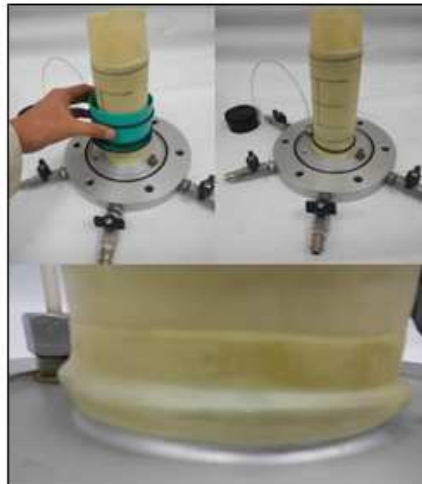


Figura 34 Emplazamiento de los o'rings inferiores

Paso 13: Luego se coloca el siguiente o´ring en la parte superior del o´ring que fue anteriormente dispuesto, de esta forma se garantiza un mejor sello, si se quiere se puede volver a plegar la membrana de tal forma que esta cubra los dos o´rings.

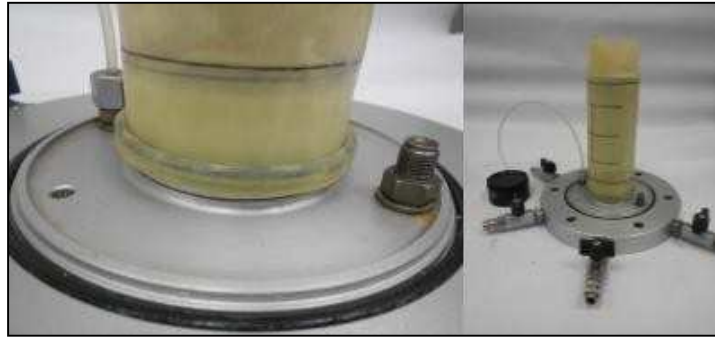


Figura 36 O'rings inferiores montados

Paso 14: Luego se coloca el cabezal sobre el montaje y se dispone de los o´rings de la misma forma que se hizo al momento de colocar los otros dos en sobre el pedestal, para que por ´ultimo se retire la herramienta de colocaci3n por un costado del montaje sin alterar la muestra.

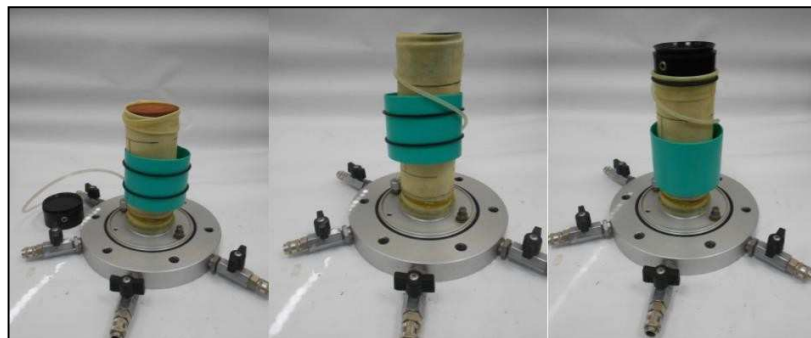


Figura 37 Montaje de los o'rings superiores

Paso 15: Cuando se quiera comprobar que no existan fugas en las conexiones o que no se haya roto la membrana, se debe realizar una prueba de vacío; se debe tener el sistema conectado de la forma en que se muestra en la figura a la válvula de contra-presión, se cierra la válvula, se enciende la bomba y se observa el comportamiento de las burbujas dentro de la trampa de agua, y se espera por un momento, luego se abre la válvula y se compara el comportamiento de las burbujas antes y después de haber abierto la válvula, si es el mismo comportamiento se continua con el montaje, si no, se debe revisar el sistema en búsqueda del problema.



Figura 38 Prueba de vacío

CALCULO IV

14 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según los datos obtenidos con la prácticas realizadas en el equipo triaxial, el ensayo no drenado no consolidado (UU) nos da como resultado que la envolvente de falla tanto en esfuerzos totales como en esfuerzos efectivos para este tipo de suelo de esa zona se obtiene la correlación de los parámetros mecánicos obtenidos, y por último se analizan los factores de seguridad obtenidos a través de modelación en el software.

14.1 Resistencia al corte: Ensayo triaxial no consolidado no drenado (UU).

El suelo encontrado en ese estrato del terreno se someto a la prueba triaxial UU dando como resultado el siguiente valor mostrados en la Tabla 8.

Tabla 8. Características mecánicas del suelo en condiciones totales.

Suelo del terreno	Cohesión (kg/cm²)	Ángulo de fricción (°)
Arcillo limoso (CL)	0,86	10

Tabla 8- Características mecánicas del suelo.

Los resultados observados en la tabla 8 fueron obtenidos a partir de los círculos de Mohr, en la figura 38 se observa a manera de ejemplo los círculos de Mohr de la muestra extraída del suelo con su respectiva envolvente de falla.

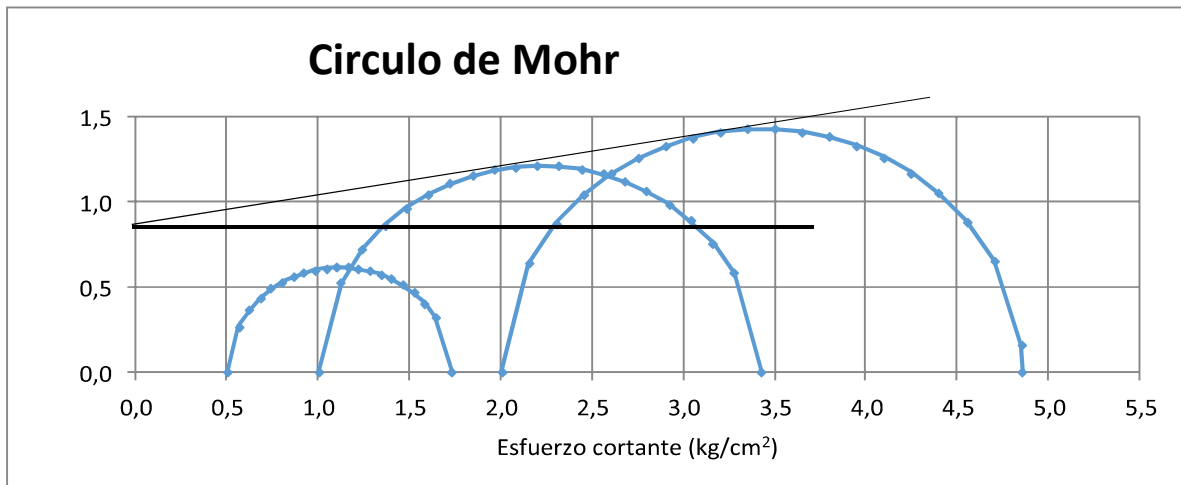


Figura 39. Círculos de Mohr y envolvente de falla UU – suelo de san juan .

14.2 ANÁLISIS DE ENVOLVENTES DE FALLA EN ENSAYO TRIAXI UU.

Con base a las envolventes encontradas a través del ensayo triaxial UU se realiza un analiza la variabilidad de los parámetros mecánicos del suelo.

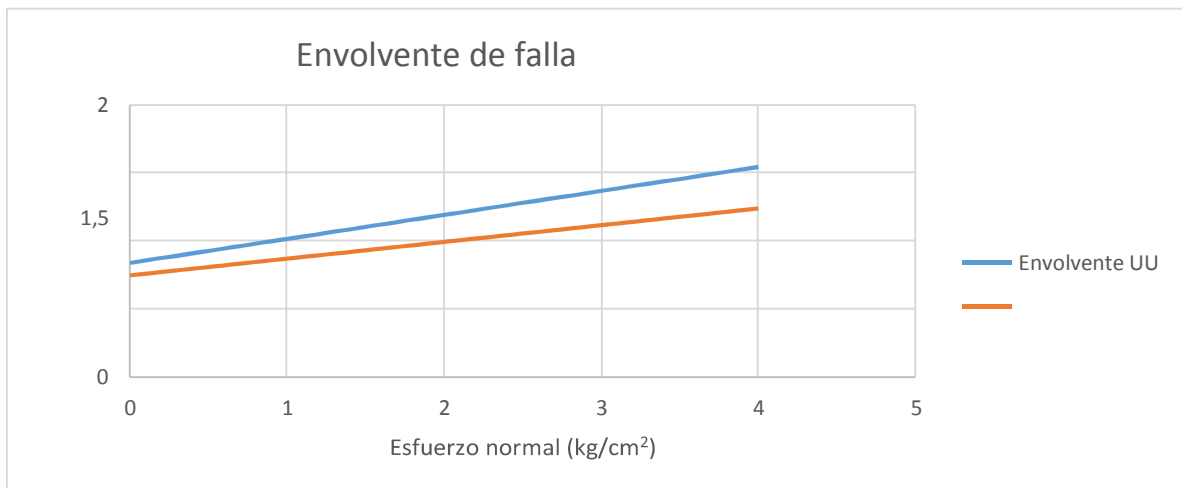


Figura 40. Envlovente de falla

Según se observa en la Figura 39, para el ensayo UU se obtuvieron los siguientes parámetros en condiciones totales: ángulo de fricción $\Phi = 10^\circ$, cohesión $c = 0,86 \text{ kg/cm}^2$.

Este caso se ha dado debido a que la arcilla ensayada se encuentra sedimentada, esto se demuestra a través de la comparación del contenido de humedad CL con los límites de Atterberg, en base a la Tabla 1 se tiene que el valor de CL (24%) es más cercano al valor de LP (32%) por lo que se puede asumir que la arcilla se encuentra en un estado de consolidación (Sánchez, 2005).

Esto afecta directamente a los esfuerzos efectivos haciendo que estos aumenten y que el círculo de Mohr en esfuerzos efectivos se desplace hacia la derecha del círculo de Mohr en esfuerzos totales (ensayo triaxial UU). Con base a este desplazamiento, al trazar las envolventes de falla se obtiene que los parámetros en condiciones efectivas son menores a los parámetros en condiciones totales tal como se muestra en la Figura 39.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se recopilaron datos sobre los módulos de procesos del ensayo triaxial existente en el laboratorio, y así determinaron los módulos faltantes que permitieron el funcionamiento correcto de sus características técnicas, los trabajos de armado y configurado del equipo para su correcto funcionamiento, mantenimiento total del equipo tanto como la adquisición de nuevos elementos y accesorios que son necesarios para que su funcionamiento sea óptimo en las prácticas que se vayan a realizar del equipo del laboratorio de la carrera de Ingeniería Civil.
- Se reactivó por completo el equipo triaxial, se calibraron todos los equipos electrónicos con técnicos especializados para el funcionamiento del mismo.
- Se implementaron las prácticas de no consolidado no drenado con el equipo triaxial, los cuales permitieron obtener datos reales de las propiedades mecánicas del Angulo de fricción y cohesión del suelo.
- Se establecieron pasos a seguir, correspondientes a una guía para así tener claro como efectuar una práctica con el equipo triaxial del laboratorio de suelos.
- De los datos obtenidos en el ensayo triaxial UU con la muestra de San Juan se obtuvieron los siguientes parámetros. Cohesión c 0,86 kg/cm² y un ángulo de fricción $\Phi = 10^\circ$, se puede determinar que se trata de una arcilla firme.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que antes de iniciar las prácticas con cualquier tipo en el equipo triaxial se verifique que todo se encuentren en funcionamiento y siempre activar la bomba de vacíos y que el compresor este en la compresión correcta.
- Cuando se realice La extracción en el campo del suelo debe tener por objetivo la obtención de muestras inalteradas para llegar a resultados más fiables que reflejen de forma clara el posible comportamiento del suelo.
- La realización del ensayo triaxial debe estar guiada bajo las normas correspondientes, además el equipo a utilizarse debe estar debidamente calibrado de tal forma que se asegure la correcta toma de datos.
- Tener cuidado al manipular las válvulas reguladoras de presión y las llaves de paso.
- Tener en cuenta que la electricidad sea continua ya que estos ensayos llevan horas en realizarse e incluso días.
- Es deber de todo estudiante de la carrera después de utilizar el equipo triaxial, limpiar su interior, apagar el panel electrónico y guardar todos los implementos del mismo para evitar pérdidas dentro del laboratorio.

7 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Alva, J. (1994). *Notas sobre análisis de estabilidad*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. México: Limusa.

Das & Sobhan. (2014). *Principles of geotechnical engineering*. Stamford, USA:

Cengage Learning.

Estrada, J., & Ramírez, J. (2012). *Ensayo Triaxial*. Cagua.

GEO-SLOPE international, I. (2012). *Stability Modeling with SLOPE/W*. Calgary: GEO-

SLOPE International, Ltd.

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2004). *Ingeniería Geológica*.

España: ORIMU.

González, C. (2008). *OpenCourseWare de la Universidad Politécnica de Madrid*.

Obtenido de OpenCourseWare de la Universidad

Politécnica de Madrid:

[http://ocw.upm.es/proyectos-de-ingenieria/sistemas-de-informacion-](http://ocw.upm.es/proyectos-de-ingenieria/sistemas-de-informacion-geografica-tecnicas-cuantitativas-para-gestion-de-datos/contenidos/WEB/TEORIA/07exploracion_de_datos.pdf)

[geografica-tecnicas-cuantitativas-para-gestion-de-](http://ocw.upm.es/proyectos-de-ingenieria/sistemas-de-informacion-geografica-tecnicas-cuantitativas-para-gestion-de-datos/contenidos/WEB/TEORIA/07exploracion_de_datos.pdf)

[datos/contenidos/WEB/TEORIA/07exploracion_de_datos.pdf](http://ocw.upm.es/proyectos-de-ingenieria/sistemas-de-informacion-geografica-tecnicas-cuantitativas-para-gestion-de-datos/contenidos/WEB/TEORIA/07exploracion_de_datos.pdf)

Edibon International. (2015). Obtenido de

<http://www.edibon.com/es/files/equipment/BS/catalog>

fhanke. (13 de 02 de 2013). <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/ensayos-de-laboratorio-resistencia-de-los-suelos-3-ensayo-triaxial/>. Obtenido de

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

General, H. (1997). *Gilberto Zotelo Avila Vol. 1*. Mexico DF: Limusa.

González, A. G. (2015). *Qué es Arduino y para qué se utiliza*. Obtenido de <http://panamahitek.com/que-es-arduino-y-para-que-se-utiliza/>

JOSE CARLOS VILLAJULCA. (24 de Abril de 2015). *INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.NET*. Obtenido de Instrumentación industrial.

Normativa empleada

NTE INEN 0686. (1987). Mecánica de suelos. Toma de muestras alteradas. NTE INEN 0687. (1982). Mecánica de suelos. Toma de muestras inalteradas. ASTM D 422-63. (2008).

Standard test method for Particle – Size analysis soils.

ASTM D 2216. (1998). Método de prueba estándar para la determinación en el laboratorio del contenido de humedad de suelos y rocas por masa. *Journal of chemical information and modeling*, 53(9), 1688-1699.

ASTM D 4318. (2005). Límite líquido, límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos.

ASTM D 2852. (2007). Standard test method for unconsolidated – undrained triaxial compression test.

ASTM D 4767-11. Standard test method for consolidated undrained triaxial compression test.

8 ANEXOS

8.1 Anexo 1. *Técnicos especializados revisando partes del triaxial.*



8.2 Anexo 2. Partes del equipo triaxial, proceso minucioso de limpieza.



8.3 Anexo 3. Evaluación del equipo triaxial, técnicos savain.



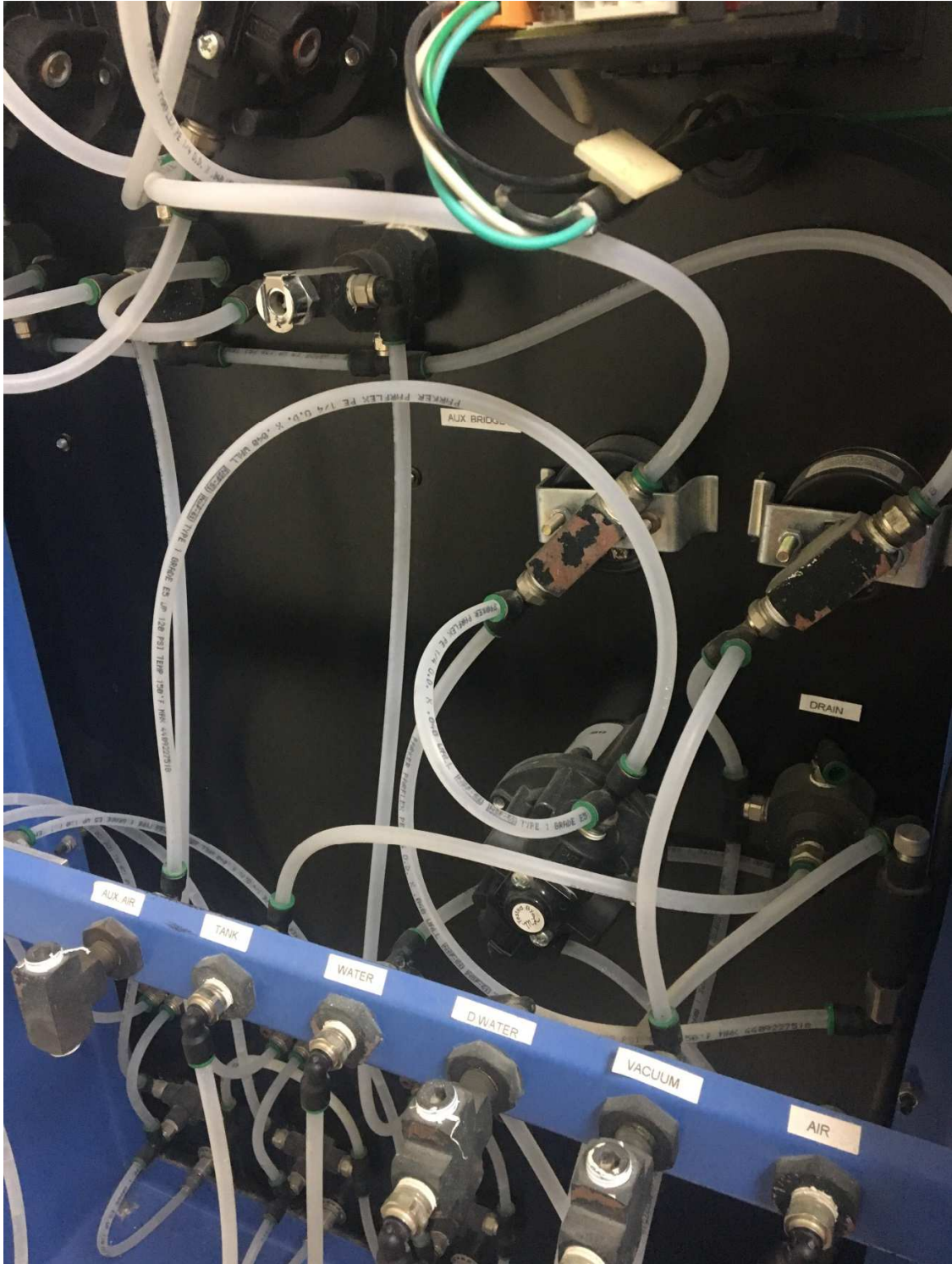
8.4 Anexo 4. Armado del equipo triaxial.



8.5 Anexo 5. Instalación de mangueras y tuberías.



8.6 Anexo 6. Mantenimiento de válvulas de presión.



8.7 Anexo 7. Mantenimiento panel de control.



8.8 Anexo 8. Mantenimiento equipo triaxial



8.9 Anexo 9. *Mantenimiento cámara reservorio de vacíos.*



8.10 Anexo 10. Bomba de vacíos.



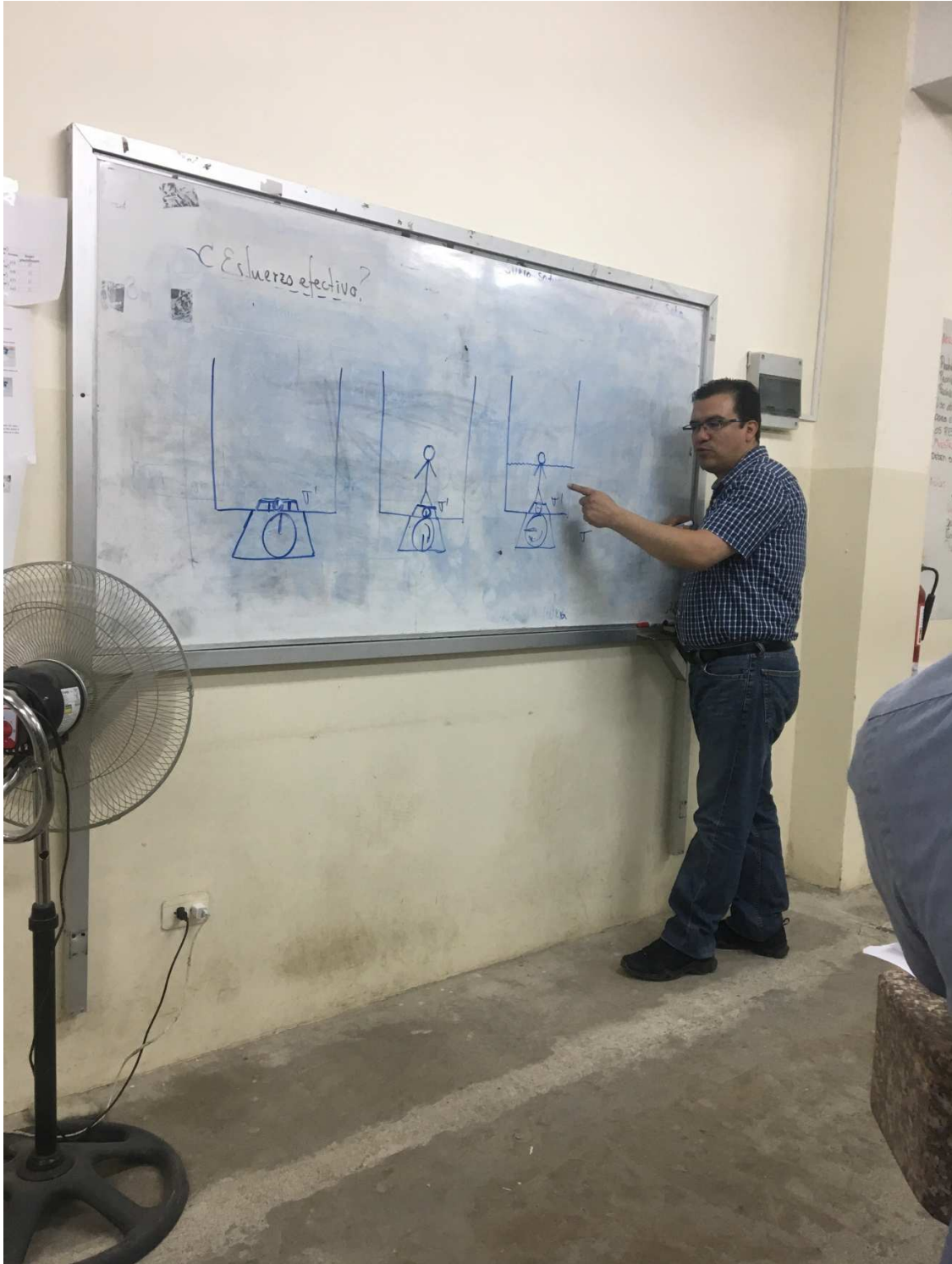
8.11 Anexo 11. Mantenimiento en compresor.



8.12 Anexo 12. Capacitación triaxial. Dr. Juan Rojas



8.13 Anexo 13. Capacitación triaxial Dr. Juan Rojas.



8.14 Anexo 14. Extracción de muestra inalterada.



8.15 Anexo 15. Material para ensayo en laboratorio.



8.16 Anexo 16. Muestra para ensayo triaxial.



8.17 Anexo 17. Muestra extraída con tubo shelby



8.18 Anexo 18. Tubo para molde de muestra triaxial.



8.19 Anexo 19. Tubo shelby.



8.20 Anexo 20. Ensayos de laboratorio.



8.21 Anexo 21. Charlas del manejo del equipo triaxial.



8.22 Anexo 22. Ensayo de granulometría.

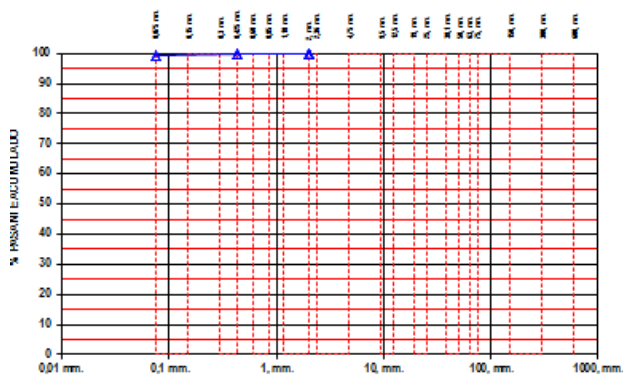
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA (VISUAL) :		Limo Arcilloso color café claro	
Ensayo de Contenido de Humedad		<i>Material Serie</i>	
		<i>Gruesa</i>	<i>Fina</i>
Recipiente N°			A
Masa de Recipiente + Muestra Húmeda (P1)		303,47	
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)		244,01	
Masa de Agua (P3 = P1 - P2)		59,46	
Masa del Recipiente (P4)		64,61	
Masa de Muestra Seca (P5 = P2 - P4)		179,40	
% de Humedad (W = P3 × 100 ÷ P5)		33,14	

SERIE GRUESA			
Tamiz ASTM Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante
	Parcial	Acumulada	
600. mm. 24 "			
300. mm. 12 "			
150. mm. 6 "			
75. mm. 3 "			
63. mm. 2 ½ "			
50. mm. 2 "			
38,1 mm. 1 ½ "			
25. mm. 1 "			
19. mm. 3/4 "			
12,5 mm. 1/2 "			
9,5 mm. 3/8 "			
4,75 mm. No. 4			
Pasa No. 4			

SERIE FINA				
Tamiz ASTM Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante	% Pasante Corregido
	Parcial	Acumulada		
2,36 mm. No. 8				
2. mm. No. 10	0,00	0,00	100,00	
1,18 mm. No. 16				
0,85 mm. No. 20				
0,60 mm. No. 30				
0,425 mm. No. 40	1,80	1,80	99,32	
0,3 mm. No. 50				
0,15 mm. No. 100				
0,075 mm. No. 200	1,90	3,70	98,59	
Pasa No. 200				

Masa inicial del material para Lavado: 350 gr.
Masa final corregida por Humedad de los fino: 262,9 gr.
Total del Material utilizados para el Ensayo

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA
TAMICES ASTM (Abertura en milímetros)



Modulo de Finura=

Distribución del Tamaño de las Partículas			
Valores expresados en Porcentajes			
Pedrón Rodado			0,0
Canto Rodado			0,0
Grava	Gruesa	0,0	0,0
	Fina	0,0	
Arena	Gruesa	0,0	0,7
	Media	0,2	
	Fina	0,6	
Finos			99,3

8.23 Anexo 23. Limite Atterbergs

Determinación del Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos

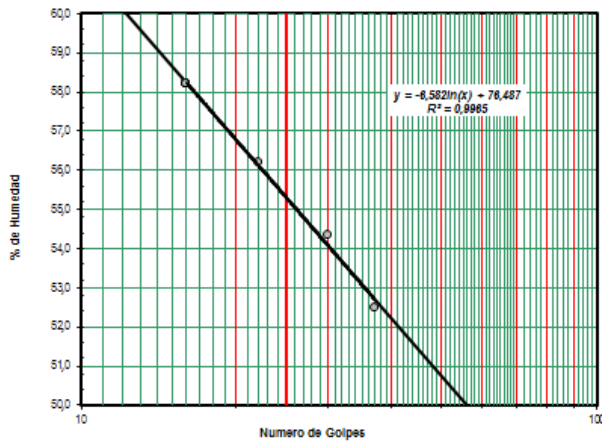
Obra :		Profundidad mts. :	0.60 cm.
Localización :	Cantón Manta Provincia de Manabi	Calicata N° :	1
Procedencia :	Ducto Cajón Abosisa 3+700 M.D.	Muestra N° :	1
CRIPCIÓN DE LA MUESTRA (VISUAL) : Limo Arcilloso color café claro			

LIMITE LÍQUIDO					
RECIPIENTE #	7	8	2	4	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA	34,56	35,13	37,73	34,36	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA	28,28	28,70	30,29	27,91	
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	6,28	6,43	7,44	6,45	
MASA DE RECIPIENTE (P4)	16,32	16,87	17,05	16,83	
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	11,96	11,83	13,24	11,08	
% DE HUMEDAD (W = P3 ÷ 100 • P5)	52,51	54,35	56,19	58,21	
# DE GOLPES	37	30	22	16	

LIMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE #	5	1	0
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA	21,24	21,84	22,03
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA	20,35	20,82	20,92
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	0,89	1,02	1,11
MASA DE RECIPIENTE (P4)	17,31	17,26	17,12
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	3,04	3,56	3,80
% DE HUMEDAD (W = P3 ÷ 100 • P5)	29,28	28,65	29,21

Observaciones :

Normas de Referencia:
 INEN 531-1982
 INEN 532-1982
 ASTM D 4318-98
 ASTM D 7093-94
 ASTM D 7133-94



RESULTADOS
L. Líquido = 55.30
L. Plástico = 29.05
I. Plasticidad = 26.25

Clasificación Según
 Carta de Plasticidad de
 Casagrande = CL

8.24 Anexo 24 ensayo triaxial UU

LOCALIZACIÓN: Ciudad manta	TIPO PROB.:	Remoldeada
INSTITUCIÓN: U LEMA	CALICATA No:	4
MUESTRA: san juan	PROFUND.:	1,50m
SOLICITADO:	REALIZADO:	A.F.C.L.
FECHA: agosto	INFORME:	Lab

Hoja 1 de 1: REGISTRO DEL ENSAYO UU -

PROBETA No.: 2	Const. Anillo de carga LRC = 0,8517
kg/div	
Presión de conf. [Kg/cm2]:	2

Carga	Deform.	ΔL Pulg.	Deform.	F. correc.	Área	sig1 - sig3	Tensión
[Kg]	[mm]	p[g]	Unit.	[1- ϵ]	Corregida	[Kg / cm2]	Desviadora
			[ϵ]		[cm2]		[Kg / cm2]
0	0	0	0,000	1,000	8,488	0,000	0,000
3,3	5	0,005	0,002	0,998	8,504	0,388	0,331
6,1	10	0,01	0,004	0,996	8,519	0,716	0,610
11,4	20	0,02	0,007	0,993	8,550	1,333	1,136
14,2	30	0,03	0,011	0,989	8,582	1,655	1,409
17,2	40	0,04	0,015	0,985	8,613	1,997	1,701
19,4	50	0,05	0,018	0,982	8,645	2,244	1,911
21,1	60	0,06	0,022	0,978	8,677	2,432	2,071
22	70	0,07	0,025	0,975	8,709	2,526	2,151
23,1	80	0,08	0,029	0,971	8,742	2,642	2,251
23,9	90	0,09	0,033	0,967	8,775	2,724	2,320
24,6	100	0,1	0,036	0,964	8,808	2,793	2,379
25,3	110	0,11	0,040	0,960	8,841	2,862	2,437
26,1	120	0,12	0,044	0,956	8,874	2,941	2,505
26,8	130	0,13	0,047	0,953	8,908	3,008	2,562
27,3	140	0,14	0,051	0,949	8,942	3,053	2,600
27,9	150	0,15	0,054	0,946	8,977	3,108	2,647
28,3	160	0,16	0,058	0,942	9,011	3,141	2,675
28,8	170	0,17	0,062	0,938	9,046	3,184	2,712
29,1	180	0,18	0,065	0,935	9,081	3,204	2,729
29,4	190	0,19	0,069	0,931	9,116	3,225	2,747
29,8	200	0,2	0,073	0,927	9,152	3,256	2,773
30,1	210	0,21	0,076	0,924	9,188	3,276	2,790
30,2	220	0,22	0,080	0,920	9,224	3,274	2,788
30,5	230	0,23	0,083	0,917	9,261	3,294	2,805
30,9	240	0,24	0,087	0,913	9,297	3,324	2,831
30,9	250	0,25	0,091	0,909	9,334	3,310	2,819
31,1	260	0,26	0,094	0,906	9,372	3,318	2,826
31,3	270	0,27	0,098	0,902	9,410	3,326	2,833
31,5	280	0,28	0,102	0,898	9,447	3,334	2,840
31,8	290	0,29	0,105	0,895	9,486	3,352	2,855
31,9	300	0,3	0,109	0,891	9,524	3,349	2,853
32	310	0,31	0,112	0,888	9,563	3,346	2,850
32,2	320	0,32	0,116	0,884	9,603	3,353	2,856
32,3	330	0,33	0,120	0,880	9,642	3,350	2,853
32,5	340	0,34	0,123	0,877	9,682	3,357	2,859
32,4	350	0,35	0,127	0,873	9,722	3,333	2,838

RESULTADOS:

Presión Lateral sobre la muestra	$\sigma_3 =$	2 kg/cm ²
Esfuerzo Desviador Máximo	$\sigma =$	2,859 kg/cm ²
Valor máximo del esfuerzo vertical	$\sigma_1 =$	4,859 kg/cm ²

OBSERVACIONES: