

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA LA ACREDITACIÓN DE SEIS (6) ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE SUELOS.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al título de Ingeniero Civil

Por los Brs.:
Barrios P., Nelson P.
Dolado P., Vanessa

Caracas, Abril de 2009

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA LA ACREDITACIÓN DE SEIS (6) ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE SUELOS.

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Duilio Marcial

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. William Hernández

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al título de Ingeniero Civil

Por los Brs.:
Barrios P., Nelson P.
Dolado P., Vanessa

Caracas, Abril de 2009

DEDICATORIA

A Gioconda, mi querida madre, mi gran ejemplo, la que siempre ha estado allí alentándome a seguir adelante. A Luis, porque en una etapa importante de mi formación me brindó su ayuda incondicional. A Nelson, mi padre, por apoyarme y siempre creer en mí. A mi tutor académico, por haberme apoyado en mi carrera como ucevista. A todos mis seres queridos, para los que sin ninguna duda, este logro, mi logro, nuestro logro, de seguro los hace muy felices. Una dedicatoria particular a dos compañeros de la carrera que fallecieron en el camino, Humberto y Diego. A Vanessa, mi fiel compañera a lo largo de estos años, mil gracias.

Nelson

DEDICATORIA

A mi madre, con todo mi amor, quien me ha enseñado con su ejemplo a superar todas las barreras que la vida nos presenta, a querer ser mejor cada día, a entender que no hay nada imposible y que sólo hay que esmerarse y sacrificarse, si es necesario, para lograr las metas que nos planteamos. A mis compañeros de la Universidad, en especial Nelson, que desde el primer día de clase han estado apoyándome, acompañándome, que durante toda mi carrera hemos compartido tantas cosas juntos. A los que ya no están, pero que siempre tendrán un espacio en mi corazón, donde se mantendrán siempre en mis recuerdos. A mi hermano, mis tíos y mis abuelos por siempre tener palabras de aliento. A todas las personas que han creído en mí y que de una u otra forma han pasado por mi vida dejando su huella, ustedes también han sido parte importante y me han ayudado a crecer.

Vanessa

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a los ingenieros Duilio Marcial y William Hernández, nuestros tutores, por su dedicación durante la elaboración de este trabajo especial de grado.

Al Prof. Carlos Zerpa, nuestro asesor metodológico, por toda la colaboración y aportes brindados.

Al Ing. Leonel Rodríguez, responsable del Laboratorio de Suelos, por ayudarnos en las muchas tardes que estuvimos trabajando intensamente en el laboratorio.

A la UCV, por abrirnos sus puertas y darnos la oportunidad de formarnos como unos profesionales correctos y preparados.

A todos los profesores con los que nos tocó cursar materias, porque en parte, gracias a ellos estamos culminando nuestros estudios.

ACTA

El día 29 de Abril del 2009 se reunió el jurado formado por los profesores

RUBEN BENARROCH
Ronald Torres
DULCIO MARCIAI

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: "PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA LA ACREDITACIÓN DE SEIS (6) ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE SUELOS".

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al título de INGENIERO CIVIL.

Una vez oída la defensa oral que los Bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Número	Letras
Br. Barrios, Nelson	20	Veinte
Br. Dolado, Vanessa	20	Veinte

RECOMENDACIONES:

FIRMAS DEL JURADO
Ruben Benarroch
Ronald Torres
Dulcio Marciai

Caracas, 29 de Abril de 2009

Barrios P., Nelson P.

Dolado P., Vanessa

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA LA ACREDITACIÓN DE SEIS (6) ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE SUELOS.

**Tutor Académico: Prof. Duilio Marcial. Tutor Industrial: Ing. William
Hernandez. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de
Ingeniería Civil. 2009, n°316.**

**Palabras Claves: Acreditación, Sistema de Gestión de Calidad, Laboratorio
de Suelos.**

Resumen. El estudio propone un sistema de gestión de calidad a partir de la norma ISO/IEC 17025:2005, tal como lo exige el Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos (SENCAMER), a ser implementado en el Laboratorio de Suelos del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, ubicado en la Universidad Central de Venezuela, con el fin de lograr la futura acreditación de seis de veinticuatro ensayos en el área de suelos. Para ello se definieron los elementos a ser incluidos en el sistema de gestión de calidad, el cual abarca tanto requisitos de gestión como requisitos técnicos. Se analizó el nivel de cumplimiento que presenta el laboratorio con respecto a las exigencias de la norma ISO/IEC 17025:2005, y se desarrollaron algunos de los requisitos técnicos a fin de avanzar en la implementación de dicho sistema. En este sentido, se documentaron métodos de ejecución de los seis ensayos a ser acreditados a partir de las normas ASTM vigentes, se elaboraron formularios para el registro de la información obtenida de cada uno de los ensayos, se clasificaron

los equipos, aparatos y sistemas de medición, y por último se evaluó el cumplimiento de los requisitos mínimos necesarios, relativos a medidas de seguridad e higiene ocupacional en el laboratorio. Adicionalmente se generó un cronograma de calibración y/o verificación. Se emplearon como técnicas para la generación y recolección de datos, la observación directa y la entrevista. El método se estableció a partir de un diseño no experimental de campo, de carácter descriptivo y documental. Para obtener la información se utilizaron fichas de registro y conversaciones individuales estructuradas y no estructuradas. A través de la información obtenida se demostró que actualmente el laboratorio no funciona conforme al sistema de gestión de calidad expuesto en la norma ISO/IEC 17025:2005. Por otra parte, el análisis realizado en base al estatus del laboratorio, con respecto a los requisitos establecidos en la propuesta, arrojó un cumplimiento del 5%, un no cumplimiento del 35%, un 10% no aplicable al laboratorio. Sin embargo, en un 50% de los casos los requisitos documentación, políticas y/o procedimientos están adelantados en un cierto grado, por lo que el potencial de cumplimiento es alentador. Es por ello que se debe iniciar un plan de acción a fin de generar los procedimientos que actualmente se requieren, y así adecuar completamente a la norma el sistema de gestión de calidad.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	i
INDICE DE TABLAS	iv
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo I. Problema.	
Planteamiento del Problema	2
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
Justificación y Aportes	5
Capítulo II. Marco Teórico.	
Antecedentes	6
Bases Teóricas	8
Capítulo III. Marco Metodológico.	
Tipo de investigación	21
Método	22
Población y muestra	26
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
Capítulo IV. Resultados y Análisis.	
Propuesta del sistema de gestión de calidad	28
Requisitos técnicos de desarrollados	62
Clasificación de equipos, aparatos y sistemas de medición	63
Inventario de equipos, aparatos y sistemas de medición	63
Cronograma de calibración y/o verificación	90

Métodos de ensayo y formatos de registro	93
Compresión sin confinar en muestras de suelo cohesivos.	95
Corte directo consolidado en condiciones drenadas.	104
Consolidación unidimensional. Propiedades de suelos usando incrementos de carga.	113
Compresión triaxial, en condición no consolidada y no drenada.	129
Compresión triaxial, en condición consolidada y no drenada.	140
Características de compactación de un suelo, utilizando un esfuerzo normal.	159
Características de compactación de un suelo, utilizando un esfuerzo modificado.	168
Penetración C.B.R.	180
Seguridad e higiene en el laboratorio	193
 Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones	 201
 Referencias	 205
 Anexos	 209
A. Planilla inventario	210
B. Ficha para registro de métodos de ensayo	212
C. Planilla cronograma de calibración y/o verificación	214
D. Entrevista. Situación actual del Laboratorio de Suelos del IMME	216
E. Norma Internacional ASTM D 698-00	222
F. Norma Internacional ASTM D 1557-07	237
G. Norma Internacional ASTM D 1883-07	248
H. Norma Internacional ASTM D 2166-06	256
I. Norma Internacional ASTM D 2435-04	268

J. Norma Internacional ASTM D 2850-07	276
K. Norma Internacional ASTM D 3080-04	285
L. Norma Internacional ASTM D 4767-04	300

INDICE DE TABLAS

Tabla I. Resumen de conformidades	61
Tabla II. Inventario.	64
Tabla III. Cronograma de calibración y/o verificación.	90
Tabla IV. Comparación de características de medios de escape.	200
Tabla V. Características de protección contra incendios.	200

INTRODUCCIÓN

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (FI-UCV) funciona el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME). En dicho Instituto las actividades giran alrededor de tres ejes principales: docencia, investigación y la prestación de asesorías y servicios a terceros. En las instalaciones del IMME funcionan una serie de laboratorios que prestan servicios a terceros y generan importantes recursos para su funcionamiento; sin embargo, ninguno de los ensayos que allí se realizan posee una acreditación emitida por un ente calificado.

En aras de mejorar la calidad del servicio que presta y aumentar así la confianza por parte de sus clientes, el IMME pretende lograr progresivamente la acreditación de los ensayos que allí se llevan a cabo. En tal sentido, con la realización de este trabajo se propone un sistema de gestión de calidad, cumpliendo con lo estipulado en la norma Internacional ISO/IEC-17025:2005, tal como lo exige el Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos (SENCAMER), a fin de poder acreditar en principio seis (6) de veinticuatro (24) ensayos en el área de suelos.

El Sistema de Gestión propuesto a partir de la norma ISO/IEC 17025:2005 se compone de dos aspectos principales que son: requisitos de gestión y requisitos técnicos. El alcance de este trabajo de investigación, además de proponer el sistema de gestión de calidad, consiste en desarrollar varios de los principales requisitos técnicos, dejando para investigaciones posteriores los requisitos de gestión y los requisitos técnicos no incluidos en el presente trabajo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Buena parte de la actividad de investigación que se lleva a cabo en Ingeniería suele realizarse en locaciones específicas denominadas “laboratorios”. Un laboratorio es un espacio físico, equipado con diversos instrumentos de medida, donde se realizan investigaciones y ensayos diversos, según la rama de la ciencia a la que se dedique. Comúnmente, es recomendable que el producto de las actividades que se llevan a cabo en todo laboratorio sea avalado por un ente calificado, ya que esto influye en el reconocimiento como indicador confiable de competencia técnica, además de ser una herramienta de mercadeo (L&S Consultores, 2004, nota técnica).

Para avalar las actividades que se desarrollan en un laboratorio se busca la acreditación del mismo; esto es una declaración formal que emite un organismo autorizado acerca de la competencia técnica de otra entidad para la realización de una tarea determinada. Al cabo de esta declaración se asegura que un proceso o sistema se ajusta a las normas, lineamientos o recomendaciones de entes dedicados a la normalización tanto nacional como internacionalmente. (Badia, 1998).

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela funciona el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME). En dicho instituto se desarrollan actividades tales como docencia, investigación y realización de servicios técnicos. Asimismo, el IMME cuenta con dos grandes naves, que a su vez albergan un (1) laboratorio de suelos, un (1) laboratorio de asfaltos, un (1) laboratorio de concreto y un (1) laboratorio de ensayos químicos, sin embargo. Ninguno de los ensayos que se realizan en dichos laboratorios

posee la acreditación emitida por un ente calificado, lo que pudiera mermar la confianza de los clientes potenciales que pudieran requerir sus servicios.

Una de las premisas que tiene el Instituto es mejorar la calidad del servicio que presta. En efecto, en busca de cumplir con estándares internacionales de calidad y aumentar así la confianza por parte de sus clientes, el IMME pretende desarrollar e implementar un conjunto de actividades, necesarias para obtener la acreditación de los ensayos de laboratorio que allí se realizan.

Para ello y como propósito de esta investigación, se plantea trabajar en la propuesta de un sistema de gestión de calidad, a ser implementado inicialmente en el Laboratorio de Suelos, cumpliendo con lo estipulado en la norma ISO/IEC-17025:2005, tal como lo exige el Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos (SENCAMER), a fin de poder acreditar seis (6) de veinticuatro (24) ensayos en el área de suelos, reconocidos plenamente por la Sociedad Venezolana de Geotecnia y que son rutinariamente ejecutados en el Instituto. Asimismo, se utilizarán algunas de las normas desarrolladas por ASTM Internacional, para generar los métodos de cada uno de los ensayos a ser acreditados. Más adelante, en el Marco Teórico, se presenta una breve reseña sobre ASTM Internacional y las normas utilizadas.

OBJETIVOS

- **Objetivo general:**

Proponer un sistema de gestión de calidad para la acreditación de seis (6) ensayos de laboratorio en el área de suelos, cumpliendo con lo estipulado en la Norma Internacional ISO/IEC-17025:2005.

- **Objetivos específicos:**

1. Definir los elementos a ser incluidos en el sistema de gestión de calidad en el Laboratorio de Suelos, cumpliendo con lo estipulado en la norma Internacional ISO/IEC-17025:2005.

2. Documentar los métodos de ejecución, a partir del procedimiento descrito en las normas ASTM, para los seis (6) ensayos a ser acreditados.

3. Elaborar los formularios requeridos para el registro de la información obtenida en cada uno de los ensayos a ser acreditados.

4. Clasificar los equipos, aparatos y sistemas de medición por: laboratorio, ensayo y/o condición.

5. Evaluar el cumplimiento de los requisitos mínimos necesarios, relativos a medidas de seguridad e higiene ocupacional en el laboratorio.

JUSTIFICACIÓN Y APORTES

La investigación a realizar resultaría de fundamental importancia para el IMME, ya que la propuesta del sistema de gestión de calidad en el Laboratorio de Suelos, sería el elemento base para poder llevar a cabo su implementación y así satisfacer la exigencia por parte de organismos nacionales e internacionales en cuanto a la competencia técnica que el Instituto debe tener para la realización de ensayos. Muchos de estos organismos realizan proyectos en el país, por ende se ven en la necesidad de acudir a instituciones nacionales, para completar así parte de sus actividades.

Además, dándole cumplimiento a los objetivos: documentación de métodos de ensayos, elaboración de formatos de registro para la recopilación de datos, inventariado de equipos y accesorios y evaluación de medidas de seguridad e higiene, se contribuirá en la implementación del sistema de gestión de calidad en el Laboratorio de Suelos.

Por otra parte, esta investigación constituirá un aporte metodológico que será de gran ayuda para el desarrollo de trabajos posteriores que tengan como objetivo la acreditación de alguno de los dieciocho (18) ensayos de laboratorio restantes, ya que el procedimiento para la acreditación de estos seis (6), podría ser similar al empleado en los dieciocho (18) faltantes. Es importante mencionar que si bien el método pudiese ser similar, el origen de las normas aplicables a cada ensayo puede variar.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES

Para efectos del presente estudio, es importante tomar en cuenta los aportes que han efectuado diferentes autores en torno a la implementación de sistemas de gestión de calidad; en tal sentido, se citan a continuación una serie de estudios que abordan el tema en cuestión, y que sirven como antecedentes a la presente investigación.

García y Monascal (2003) desarrollaron el trabajo especial “Estudio para Establecer los Lineamientos para la Acreditación de un Laboratorio de Calibración en una Industria Farmacéutica de acuerdo a la Norma COVENIN 2534:2000 (ISO/IEC 17025:1999)”. En este trabajo, se evaluó la condición de un laboratorio de calibración y de allí fueron propuestos los lineamientos a seguir para cumplir sistemáticamente con los requisitos establecidos para la acreditación del mismo, de acuerdo a la norma COVENIN 2534:2000 (ISO/IEC 17025:1999). Todo esto, con el fin de demostrar que el laboratorio opera bajo un sistema de calidad técnicamente competente.

Los lineamientos para la acreditación de un laboratorio, propuestos por García y Monascal en su trabajo especial, sirven de referencia a la presente investigación, ya que en ésta se desea proponer un sistema de gestión de calidad a partir de la norma ISO/IEC 17025:2005. Si bien los autores ya mencionados, utilizaron como documento base para establecer los lineamientos para la acreditación, la norma COVENIN 2534:2000 (ISO/IEC 17025:1999), dicho trabajo sirve para comprender a fondo como se lleva a cabo el proceso de evaluación y

mejoramiento de un laboratorio, previo a la solicitud de una acreditación por parte de un ente calificado, cumpliendo con las exigencias de la norma vigente.

Chávez y Rosenthal (2001), en su investigación “Lineamientos para un Sistema de Aseguramiento de la Calidad en el Laboratorio General de Suelos del Instituto de Edafología de la Facultad de Agronomía de la UCV”, presentan los requisitos a cumplir para asegurar la calidad en el laboratorio, utilizando también como base la Norma COVENIN 2534:2000 (ISO/IEC 17025:1999).

Así como el trabajo realizado por García y Monascal, la investigación desarrollada por Chávez y Rosenthal sirve como referencia en cuanto a la forma en que puede ser presentada una propuesta de sistema de gestión de calidad en un laboratorio de suelos.

Gutiérrez y Rivero (1985) realizaron la investigación “Elaboración de Manual de Organización de Laboratorios y Manuales de Operación, Métodos de Ensayos, Mantenimiento y Calibración de los Equipos existentes en siete (7) Laboratorios de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales de la Universidad Central de Venezuela”. Dicho estudio destaca, como su título indica, la elaboración de un Manual donde se desarrollan aspectos como: jerarquización del personal dentro de un laboratorio; formatos de planillas de medición, planillas de información de equipos, planillas de facturación al cliente, entre otras. Así mismo, en este trabajo se explican detalladamente los lineamientos sobre seguridad e higiene que deben cumplir, tanto el Laboratorio como el personal que allí labora.

En concordancia con lo anterior, uno de los objetivos del presente trabajo es la elaboración de un inventario de los equipos existentes en el Laboratorio de Suelos del IMME. En tal sentido, se puede tomar como base las planillas para la

recolección de información propuestas en el trabajo realizado por Gutiérrez y Rivero.

BASES TEÓRICAS

El apartado que se presenta a continuación describe los aspectos, dimensiones y enfoques que fundamentan teóricamente el estudio. De esta manera, se despliegan los basamentos de orden teórico que orientan la implementación del sistema de gestión de calidad en el Laboratorio de Suelos del IMME.

LABORATORIOS

Según (L&S Consultores, 2004, Nota Técnica), un laboratorio es un lugar equipado con diversos instrumentos de medida o equipos donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según la rama de la ciencia a la que se dedique. También puede ser un aula o dependencia de cualquier centro docente, acondicionada para el desarrollo de clases prácticas y otros trabajos relacionados con la enseñanza.

ACREDITACIÓN

La bibliografía en referencia al tema de acreditación de laboratorios de ensayo y calibración es muy escasa y no existen muchos trabajos donde establezcan los lineamientos para la acreditación de los mismos. Según Badia (1998), la acreditación es conocida como una declaración formal que emite un organismo autorizado acerca de la competencia técnica de otra entidad para la realización de una tarea determinada.

También se puede decir que es la confirmación formal por parte de un Organismo de Acreditación de que una organización está cumpliendo con un

estándar predeterminado de imparcialidad, independencia y de competencia técnica, metodológica y de procedimiento de carácter general.

La acreditación además es un proceso para reconocer o certificar la calidad de una institución que se basa en una evaluación previa de los mismos. Dicho proceso es llevado a cabo por una agencia externa a las instituciones y reconoce la calidad de los procesos o de la institución acreditada.

En todos los casos es una validación de vigencia temporal, por una serie de años, que se basa en un conjunto de principios, relativamente básicos y homogéneos. La diversidad de modelos es extensa, asegurando así que una institución o proceso mantiene unos niveles determinados de calidad.

La acreditación supone la evaluación respecto de estándares y criterios de calidad establecidos previamente por una agencia u organismo acreditador, donde se incluye una autoevaluación de la propia institución, así como una evaluación por un equipo de expertos externos. Las agencias u organismos acreditadores son a su vez acreditados regularmente. Existe también la acreditación internacional que es realizada por agencias de otros países.

La acreditación a su vez, permite identificar instituciones y procesos que son mejores para invertir ayudas económicas privadas y públicas, así como también identifica las debilidades y problemas de una institución o programa que son susceptibles de ser mejorados. Es un instrumento importante de mejora de las instituciones y sus procesos. Todo el capital humano de la institución participa en la evaluación y mejora de los procesos.

La acreditación cumple además la función de ser uno de los criterios fundamentales para la financiación de la institución.

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

Según la norma ISO 9000:2005, calidad es el grado en que un conjunto de características inherentes cumplen con las necesidades o expectativas establecidas, generalmente implícitas u obligatorias.

En la ISO 9000:2005 el Sistema de Gestión de la Calidad es el conjunto de elementos mutuamente relacionados para establecer la política y los objetivos, para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad. Entre dichos elementos, los principales son:

- 1. La estructura de la organización:** La estructura de la organización responde al organigrama de los sistemas de la empresa donde se jerarquizan los niveles directivos y de gestión. En ocasiones este organigrama de sistemas no corresponde al organigrama tradicional de una empresa.
- 2. La estructura de responsabilidades:** La estructura de responsabilidades implica a personas y departamentos. La forma más sencilla de hacer explícitas las responsabilidades en calidad, es mediante un cuadro de doble entrada, donde mediante un eje se sitúan los diferentes departamentos y en el otro, las diversas funciones de la calidad.
- 3. Procedimientos:** Los procedimientos responden al plan permanente de pautas detalladas para controlar las acciones de la organización.
- 4. Procesos:** Los procesos responden a la sucesión completa de operaciones dirigidos a la consecución de un objetivo específico.
- 5. Recursos:** Los recursos, no solamente económicos, sino humanos, técnicos y de otro tipo, deberán estar definidos de forma estable y además de estarlo de forma circunstancial.

La gestión de calidad, en el marco del sistema de calidad, hace que la Dirección General de la institución tenga la función de determinar las políticas de

calidad, los objetivos y las responsabilidades que se lleven a cabo por medios tales como la planificación, el control, el aseguramiento y el mejoramiento de la calidad (Juran, Irank, Gryna y Brigham, 1992).

ACREDITACIÓN EN VENEZUELA

En Venezuela, el Organismo encargado de la normalización, calidad, metrología y reglamentos técnicos es conocido como SENCAMER. Dentro de sus funciones está establecer el procedimiento para la acreditación de Laboratorios de Ensayo y de Calibración, tanto públicos como privados, con o sin fines de lucro, independientemente de su tamaño, de la realización de otras actividades diferentes o de su asociación con otros grupos o asociaciones, llevado a cabo por la Dirección de Conformidad con Normas de SENCAMER.

El Sistema de Acreditación de Laboratorios establece los requisitos que deben cumplir los laboratorios, para que se reconozca su competencia técnica a la hora de realizar ensayos y/o calibraciones. Estos requisitos se encuentran definidos en el documento: ***Norma ISO/IEC 17025:2005 (ES) Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.***

El alcance de las acreditaciones concedidas por la Dirección de Conformidad con Normas de SENCAMER, se encuentra referido, conjuntamente a: ensayos o calibraciones, métodos y laboratorio.

Los ensayos o calibraciones a acreditar deben ser realizados preferiblemente con métodos publicados en normas internacionales, regionales o nacionales vigentes, o publicados por organizaciones técnicas reconocidas. Los métodos desarrollados o adoptados por el laboratorio deben estar validados, es decir, deben dar resultados correctos.

NORMA ISO/IEC-17025:2005

Uno de los requisitos exigidos por SENCAMER para la acreditación de Laboratorios de Ensayo y/o Calibración es generar un documento llamado Manual de Calidad. En este manual debe aparecer reflejada la ubicación de cada uno de los documentos exigidos por la norma ISO/IEC 17025:2005 y que se especifican a continuación:

- Organización.
- Sistema de Gestión.
- Control de los documentos.
- Revisión de los pedidos, ofertas y contratos.
- Subcontratación de ensayos y de calibraciones.
- Compras de servicios y de suministros.
- Servicios al cliente.
- Quejas.
- Control de trabajos de ensayos o de calibraciones no conformes.
- Mejora.
- Acciones Correctivas.
- Acciones Preventivas.
- Control de los registros.
- Auditorías internas.
- Revisiones por la dirección.

Para realizar la propuesta del sistema de gestión de calidad, además del manual de calidad compuesto por los requisitos de gestión antes mencionados, son necesarios los siguientes requisitos técnicos:

- Generalidades.
- Personal.
- Instalaciones y condiciones ambientales.

- Métodos de ensayo y validación de métodos.
- Control de datos.
- Trazabilidad de las mediciones.
- Muestreo.
- Manipulación de los ítems de ensayo.
- Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo.
- Informe de los resultados.

Por otra parte, los lineamientos y condiciones necesarios para elaborar cada uno de los ítems antes nombrados, son especificados en la Norma ISO/IEC 17025:2005.

NORMAS ASTM INTERNACIONAL

ASTM International, originalmente conocida como American Society for Testing and Materials (ASTM), es una de las organizaciones más grandes del mundo para el desarrollo voluntario de normas, una fuente confiable de normas técnicas para materiales, productos, sistemas, y servicios. Conocidas por su alta calidad técnica y relevancia en el mercado, las normas ASTM desempeñan un papel importante en la infraestructura de la información que orienta el diseño, la fabricación y el comercio en la economía mundial (Thomas, 2009, Generalidades).

Para la documentación de los seis (6) métodos de ensayo, en la presente investigación se hace referencia directa a las siguientes normas:

- *ASTM D 2166-06*. Para el ensayo de compresión sin confinar.
- *ASTM D 3080-04*. Para el ensayo de corte directo consolidado en condiciones drenadas.
- *ASTM D 2435-04*. Para el ensayo de consolidación unidimensional. Propiedades de suelos usando incrementos de carga.

- *ASTM D 4767-04 / D 2850-07*. Para el ensayo triaxial.
- *ASTM D 698-00 / ASTM D 1557-07*. Para el ensayo de compactación proctor normal y modificado con esfuerzo modificado.
- *ASTM D 1883-07*. Para el ensayo de penetración C.B.R.

SEGURIDAD E HIGIENE OCUPACIONAL

Higiene

Para Cimo (2002) el concepto de higiene es el conjunto de normas y procedimientos tendientes a la protección de la integridad física y mental del trabajador, preservándolo de los riesgos de salud inherentes a las tareas del cargo y al ambiente físico donde se ejecutan.

La higiene está relacionada con el diagnóstico y la prevención de enfermedades ocupacionales a partir del estudio y control de dos variables: el hombre y su ambiente de trabajo, es decir que posee un carácter particularmente preventivo, ya que se dirige a la salud y a la comodidad del empleado, evitando que éste enferme o se ausente de manera provisional o definitiva del trabajo.

Además conforma un conjunto de conocimientos y técnicas dedicados a reconocer, evaluar y controlar aquellos factores del ambiente, psicológicos o tensionales, que provienen, del trabajo y pueden causar enfermedades o deteriorar la salud.

Entre los objetivos de la higiene se tiene:

- Eliminar las causas de las enfermedades profesionales.
- Reducir los efectos perjudiciales provocados por el trabajo en personas enfermas o portadoras de defectos físicos.
- Prevenir el empeoramiento de enfermedades y lesiones.

- Mantener la salud de los trabajadores.
- Aumentar la productividad por medio del control del ambiente de trabajo.

Para poder cumplir con los objetivos de la higiene, se debe:

- Educar a todos los miembros de la empresa, indicando los peligros existentes y enseñando cómo evitarlos.
- Mantener constante estado de alerta ante los riesgos existentes en la empresa.
- Realizar estudios y observaciones de nuevos procesos o materiales que puedan utilizarse.

Por otra parte, como la higiene en el trabajo busca conservar y mejorar la salud de los trabajadores en relación con la labor que realicen, ésta está profundamente influida por tres grupos de condiciones:

- 1. Condiciones ambientales de trabajo:** Son las circunstancias físicas que resguardan al empleado en cuanto ocupa un cargo en la organización. Es el ambiente físico que rodea al empleado mientras desempeña su cargo. Los tres ítems más importantes en este aspecto son: iluminación, condiciones atmosféricas (temperatura) y ruido.
- 2. Condiciones de tiempo:** duración de la jornada de trabajo, horas extras, períodos de descanso, entre otros.
- 3. Condiciones sociales:** Son las que tienen que ver con el ambiente o clima laboral (organización informal, estatus).

La higiene del trabajo se ocupa del primer grupo, las condiciones ambientales de trabajo, aunque no descuida en su totalidad los otros dos grupos.

Seguridad

La seguridad es el conjunto de medidas técnicas, educacionales, médicas y psicológicas empleadas para prevenir accidentes, tendientes a eliminar las condiciones inseguras del ambiente y a instruir o convencer a las personas acerca de la necesidad de implementación de prácticas preventivas (Cimo, 2002, seguridad e higiene en el trabajo).

Según el esquema de organización de una empresa, los servicios de seguridad tienen el objetivo de establecer normas y procedimientos, poniendo en práctica los recursos posibles para conseguir la prevención de accidentes y controlando los resultados obtenidos.

El programa debe ser establecido mediante la aplicación de medidas de seguridad adecuadas, llevadas a cabo por medio del trabajo en equipo.

La seguridad del trabajo contempla tres áreas principales de actividad:

1. Prevención de accidentes.
2. Prevención de incendios.

Accidente de Trabajo

Un accidente de trabajo es toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte producida repentinamente en el ejercicio, o con motivo del trabajo, cualesquiera que sean el lugar y el tiempo en que se presente.

En las causas de un accidente de trabajo, intervienen varios factores, entre los cuales se cuentan las llamadas causas inmediatas, que pueden clasificarse en dos grupos:

1. **Condiciones inseguras:** Son las causas que se derivan del medio en que los trabajadores realizan sus labores (ambiente de trabajo), y se

refieren al grado de inseguridad que pueden tener los locales, maquinarias, los equipos y los puntos de operación.

Las condiciones inseguras más frecuentes son:

- Estructuras e instalaciones de los edificios o locales diseñados, contruidos o instalados en forma inadecuada, o bien deteriorados.
- Falta de medidas o prevención y protección contra incendios.
- Instalaciones en la maquinaria o equipo diseñados, contruidos o armados en forma inadecuada o en mal estado de mantenimiento.
- Protección inadecuada, deficiente o inexistente en la maquinaria, en el equipo o en las instalaciones eléctricas.
- Herramientas manuales, eléctricas, neumáticas y portátiles defectuosas o inadecuadas.
- Equipo de protección personal defectuoso, inadecuado o faltante.
- Falta de orden y limpieza.
- Avisos o señales de seguridad e higiene insuficientes o faltantes.

2. Actos inseguros: Son las causas que dependen de las acciones del propio trabajador y que puedan dar como resultado un accidente. Los actos inseguros más frecuentes en que los trabajadores incurren el desempeño de sus labores son:

- Llevar a cabo operaciones sin previo adiestramiento.
- Operar equipos si autorización.
- Ejecutar el trabajo a velocidad no indicada.
- Bloquear o quitar dispositivos de seguridad.
- Limpiar, engrasar o reparar la maquinaria cuando se encuentra en movimiento.

El origen de un acto inseguro, puede considerarse por:

- La falta de capacitación y adiestramiento para el puesto de trabajo.
- El desconocimiento de las medidas preventivas de accidentes laborales.
- La carencia de hábitos de seguridad en el trabajo.
- Características personales: confianza excesiva, la actitud de incumplimiento a normas y procedimientos de trabajo establecidos como seguros, los atavismos y creencias erróneas acerca de los accidentes, la irresponsabilidad, la fatiga y la disminución, por cualquier motivo de la habilidad para el trabajo.

Riesgo de Trabajo

Se entiende por riesgo de trabajo, a la probabilidad que existe al realizar una tarea y que dicha tarea produzca incidentes y/o accidentes. Los riesgos de trabajo son clasificados por la Ley según la magnitud de incapacidad que producen: temporal, permanente parcial, permanente total, muerte.

Enfermedad de Trabajo

Una enfermedad de trabajo se considera como todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga origen en el trabajo o en el medio en el que el trabajador se desempeña. Las enfermedades de trabajo más comunes son las que resultan de la exposición a: temperaturas extremas, al ruido excesivo y a polvos, humos, vapores o gases.

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD E HIGIENE OCUPACIONAL

El mejoramiento de la gestión de la Seguridad e Higiene Ocupacional en las organizaciones es un elemento de gran importancia para lograr los niveles de calidad y productividad requeridos en los momentos actuales. Este proceso precisa del diagnóstico sistemático para la elaboración de planes de acción que

permitan la eliminación de los problemas existentes en este campo (Velásquez, 2001, clima laboral).

Las prácticas actuales en la Gestión de Recursos Humanos consideran a la Seguridad e Higiene Ocupacional como un elemento importante dentro de los sistemas de compensación que las organizaciones ofrecen a sus empleados. Múltiples empresas del mundo adoptan estrategias encaminadas al perfeccionamiento de las condiciones en que los recursos humanos desempeñan su labor. Los postulados de la mejora continua pueden ser aplicados a la Gestión de la Seguridad e Higiene Ocupacional en una empresa permitiendo lograr niveles superiores en las condiciones de trabajo y en la prevención de los accidentes del trabajo y las enfermedades profesionales, lo que conduce a incrementar la satisfacción laboral y la productividad del trabajo (Louart,1994).

MEDIOS DE ESCAPE

Según la Norma COVENÍN 810-1998, los medios de escape son todas aquellas consideraciones dentro de una edificación (pasillos, escaleras, salidas) que permiten desalojarla por sus ocupantes de manera cómoda, segura, continua y en un tiempo adecuado.

Las edificaciones de dos o más niveles constan de 3 sectores:

- 1.-Sector 1 (S_1):** Distancia horizontal comprendida desde la puerta del local habitable hasta el inicio de las escaleras.
- 2.-Sector 2 (S_2):** Distancia vertical comprendida desde el inicio de la escalera hasta el pie de ésta.
- 3.-Sector 3 (S_3):** Distancia horizontal comprendida desde el pie de la escalera hasta la salida de la edificación.

Las características de los medios de escape, que debe tener cada edificación, se especifican según el tipo de ocupación que tenga dicha edificación. El tipo de ocupación se refiere al uso que tiene o la función que se realiza en una edificación por parte de la misma (COVENÍN 823-88).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo especial corresponde a una investigación no experimental de campo, de carácter descriptivo y documental, cuya finalidad es proponer un sistema de gestión de calidad para lograr la futura acreditación de seis (6) ensayos de laboratorio en el área de suelos, por parte del organismo nacional encargado SENCAMER.

Tomando en cuenta el papel que ejerce el investigador sobre los factores o características que son objeto de estudio, cuando dicho investigador se limita a observar los acontecimientos sin intervenir en los mismos, se trata de una investigación no experimental (Grajales, 2000, Tipos de Investigación).

Para Sabino (1992) la investigación de campo constituye un proceso sistemático, riguroso y racional de recolección, tratamiento, análisis y presentación de datos, basado en una estrategia de recolección directa de la realidad de las informaciones necesarias para la investigación.

La investigación descriptiva se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad; es decir, describe los fenómenos como aparecen en la actualidad y no existe la manipulación de variables, estas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural (Hernández, Fernández y Baptista, 2003).

Una investigación documental es un proceso sistemático que depende de la información que se recoge o consulta en documentos, es decir, todo material de índole permanente al que se puede acudir como fuente o referencia en cualquier momento o lugar para que aporte información de una realidad o acontecimiento. Las fuentes documentales pueden ser, entre otras: documentos escritos, como libros, periódicos, revistas, encuestas y conferencias escritas; documentos fílmicos, como películas, diapositivas; documentos grabados, como discos, cintas; incluso documentos electrónicos como páginas web (Alfonso, 1994).

MÉTODO

A continuación se muestran los pasos a seguir para cumplir con cada uno de los objetivos propuestos en este trabajo de investigación:

1. Definir los elementos a ser incluidos en el sistema de gestión de calidad en el laboratorio de suelos.

1.1. Proponer los requisitos de gestión establecidos en la norma ISO/IEC 17025:2005, que incluye:

- 1.1.1. Organización.
- 1.1.2. Sistema de Gestión.
- 1.1.3. Control de los documentos.
- 1.1.4. Revisión de los pedidos, ofertas y contratos.
- 1.1.5. Subcontratación de ensayos.
- 1.1.6. Compras de servicios y de suministros.
- 1.1.7. Servicios al cliente.
- 1.1.8. Quejas.
- 1.1.9. Control de trabajos de ensayos no conformes.
- 1.1.10. Mejora.

- 1.1.11. Acciones Correctivas.
- 1.1.12. Acciones Preventivas.
- 1.1.13. Control de los registros.
- 1.1.14. Auditorías internas.
- 1.1.15. Revisiones por la dirección.

1.2. Proponer los requisitos técnicos establecidos en la norma ISO 17025:2005, que incluye:

- 1.2.1. Generalidades.
- 1.2.2. Personal.
- 1.2.3. Instalaciones y Condiciones ambientales.
- 1.2.4. Métodos de ensayo y validación de los métodos.
- 1.2.5. Equipos.
- 1.2.6. Requisitos específicos.
- 1.2.7. Muestreo.
- 1.2.8. Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo.
- 1.2.9. Informe de los resultados.

2. Documentar los métodos de ejecución, a partir del procedimiento descrito en las normas ASTM, para los seis (6) ensayos a ser acreditados:

2.1 Recopilar las siguientes normas:

- 2.1.1 ASTM D 2166-06. Compresión sin confinar.
- 2.1.2 ASTM D 3080-04. Corte directo consolidado en condiciones drenadas.
- 2.1.3 ASTM D 2435-04. Consolidación unidimensional.
- 2.1.4 ASTM D 4767-04 / D 2850-07. Ensayo triaxial.
- 2.1.5 ASTM D 698-00 / ASTM D 1557-07. Ensayo de compactación proctor normal y modificado.

2.1.6 *ASTM D 1883-07*. Ensayo de penetración C.B.R.

2.2 Traducir del inglés al español el contenido de cada una de las normas recopiladas. Específicamente los objetivos, equipos utilizados, la preparación de muestras, el procedimiento de ensayo y los cálculos aplicables.

2.3 Redactar los métodos de los ensayos en un formato que contiene los siguientes ítems:

2.3.1. Objeto.

2.3.2. Alcance.

2.3.3. Responsables.

2.3.4. Definiciones y siglas.

2.3.5. Referencias normativas.

2.3.6. Equipos e instrumentos.

2.3.7. Preparación de la muestra.

2.3.8. Método de ensayo.

2.3.9. Fórmulas y modos de cálculo.

2.3.10. Consideraciones de seguridad, higiene y ambiente.

2.3.11. Formularios y registros.

3. *Elaborar los formularios requeridos para el registro de la información obtenida en cada uno de los ensayos a ser acreditados.*

3.1 Partiendo de los modelos expuestos en cada una de las normas y de los modelos de formato para ensayos existentes en el Laboratorio de Suelos del IMME, generar nuevas planillas que optimicen el registro de los datos obtenidos de los ensayos.

4. Clasificar los equipos, aparatos y sistemas de medición por: laboratorio, ensayo y/o condición.

4.1. Inventariar los equipos y accesorios existentes en el Laboratorio de Suelos, recopilando de cada equipo, las siguientes características en caso de poseerlas:

- 4.1.1. Nombre.
- 4.1.2. Marca.
- 4.1.3. Modelo.
- 4.1.4. Serial de la UCV.
- 4.1.5. Serial del equipo.
- 4.1.6. Calibración.
- 4.1.7. Condición.
- 4.1.8. Observaciones.

4.2. Identificar los equipos, generando una codificación interna para el Laboratorio. En el caso de los equipos, estos serán marcados con dos distintivos, uno referente a su identidad y otro relacionado con su calibración.

5. Evaluar el cumplimiento de los requisitos mínimos relativos a medidas de seguridad e higiene ocupacional en el laboratorio.

5.1. Evaluar las exigencias de seguridad en el Laboratorio, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- 5.1.1. Seguridad Personal.
- 5.1.2. Higiene Personal.
- 5.1.3. Higiene en Laboratorio.

POBLACIÓN Y MUESTRA

Se seleccionó el Laboratorio de Suelos del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) ubicado en la Facultad de Ingeniería de la UCV, en el Municipio Libertador, Caracas. Dicho Instituto, dedicado a la investigación y la docencia, contribuye con el avance científico, tecnológico y socioeconómico del país. Asimismo tiene la responsabilidad de prestar servicios y asesorías técnicas especializadas, tanto al sector público como al privado.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el desarrollo de la investigación se emplearán como técnicas para generar y recolectar los datos, la observación directa y la entrevista. A través de la técnica de observación directa, y con la ayuda del encargado del laboratorio, se generará un inventario que contenga todos los equipos y materiales existentes en el Laboratorio de Suelos del IMME. Adicionalmente se investigará tanto en el archivo del laboratorio como en el del IMME, sobre documentos referentes a: planillas de registro de datos de ensayos, manuales de uso de equipos, calibraciones y/o verificaciones de equipos, entre otros; todo esto con el fin obtener datos sin ninguna clase de intermediarios. Por otra parte, por medio de la entrevista, se podrán recabar datos sobre información del Laboratorio de Suelos, que permitirán realizar el análisis de la propuesta; se realizarán entrevistas no estructuradas y estructuradas con preguntas abiertas (ver Anexo D).

La instrumentos de recolección de datos son los diferentes recursos de los que puede valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos la información, es decir, los medios para la obtención de los resultados que permiten el planteamiento de las soluciones idóneas. De acuerdo a las técnicas seleccionadas, el recurso a emplear para la recolección de datos en lo que

respecta a la observación directa, será la ficha documental, mientras que para la entrevista, se utilizarán conversaciones no estructuradas y una conversación individual estructurada.

Como fichas documentales, se generarán los siguientes documentos:

- Formato de registro para inventario: Para recolectar información referente al levantamiento de los equipos, aparatos y accesorios que posee actualmente Laboratorio de Suelos del IMME; se utilizará una planilla registro (Ver Anexo A), que contiene los siguientes campos: nombre, marca, modelo, serial de la UCV, serial del equipo, calibración, condición, y observaciones.
- Formato para documentación de métodos de ensayo: En este caso, se empleará, para vaciar el contenido de las normas ASTM aplicables a cada ensayo, una ficha (Ver Anexo B) que contiene los siguientes ítems: objeto, alcance, responsables, definiciones y siglas, referencias normativas, equipos e instrumentos, preparación de la muestra, método de ensayo, fórmulas y modos de cálculo, formularios y registros, consideraciones de seguridad, higiene y ambiente y finalmente anexos.
- Formato para el cronograma de calibración y/o verificación de equipos: Dicho formato será aplicado para actualizar la información de calibración y/o verificación de los equipos que se utilizan en cada uno de los ensayos desarrollados en este trabajo, la planilla (ver Anexo C) contiene el código, nombre del equipo, si posee o no calibración o verificación, y las fechas: última y de vencimiento para esa calibración o verificación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

I. PROPUESTA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

La propuesta del Sistema de Gestión de Calidad, en conformidad con lo expuesto en la norma ISO/IEC 17025:2005, expone los requerimientos necesarios a ser implementados por el Laboratorio de Suelos del IMME, a fin de garantizar su competencia para la realización de ensayos. Dicha propuesta fue redactada de forma descriptiva y sistemática, indicando las acciones a seguir por el laboratorio, que de ser llevadas a cabo, constituirán la implementación del sistema de gestión. A continuación se presenta la propuesta:

1. Requisitos Relativos a la Gestión:

1.1. ORGANIZACIÓN:

1.1.1. El laboratorio debe:

1.1.1.1. Tener personal directivo y técnico para desempeñar la implementación, mantenimiento y mejora del sistema de gestión.

1.1.1.2. Tener políticas y procedimientos para:

a) Asegurar la protección de la información confidencial y los derechos de propiedad de los clientes.

b) Asegurar la protección del almacenamiento y transmisión electrónica de resultados.

c) Evitar intervenir en cualquier actividad que disminuya la confianza.

1.1.1.3. Definir organización y estructura de gestión del laboratorio (Ubicar dentro de organización madre y sus relaciones).

- 1.1.1.4. Especificar la responsabilidad, autoridad e interrelación de todo el personal que afecte la calidad de los ensayos.
- 1.1.1.5. Proveer supervisión al personal encargado de los ensayos.
- 1.1.1.6. Tener dirección técnica con responsabilidad por operaciones técnicas y provisión de recursos para asegurar la calidad.
- 1.1.1.7. Nombrar un miembro del personal como responsable de la calidad (Sistema de gestión sea implementado y respetado).
- 1.1.1.8. Nombrar sustitutos para el personal directivo clave.

1.2. SISTEMA DE GESTIÓN:

1.2.1. El laboratorio debe:

- a) Establecer, implementar y mantener sistema de gestión apropiado a sus actividades.
- b) Documentar políticas, sistemas, programas, procedimientos e instrucciones para asegurar la calidad de los resultados.

1.2.2. Definir las políticas del sistema, emitidas bajo la autoridad de la alta dirección, en un manual de calidad (establecer y revisar objetivos generales), conteniendo:

- a) Compromiso de la dirección con la buena práctica profesional y la calidad de sus ensayos y calibraciones durante el servicio.
- b) Tipo de servicio ofrecido por el laboratorio.
- c) Propósito del sistema de gestión.
- d) Todo el personal familiarizado con la calidad e implementación de políticas y procedimientos en su trabajo.
- e) Cumplir la norma y mejorar la eficacia del sistema de gestión.
- f) Contener o hacer referencia a los procedimientos de apoyo y técnicos (describir la estructura de la documentación utilizada).

- g) Definir las funciones y responsabilidades de la dirección técnica y del responsable de la calidad.

1.2.3. La alta dirección debe:

- a) Proporcionar evidencias del compromiso con el desarrollo y la implementación del sistema de gestión.
- b) Comunicar la importancia de satisfacer los requisitos del cliente, legales y reglamentarios.
- c) Asegurar la integridad del sistema de gestión cuando se planifican e implementan cambios en éste.

1.3. *CONTROL DE LOS DOCUMENTOS:*

1.3.1. Generalidades:

- 1.3.1.1. El laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para el control de los documentos que forman parte de su sistema de gestión.

1.3.2. Aprobación y emisión de los documentos:

- 1.3.2.1. Todos los documentos deben ser revisados y aprobados antes de su emisión.
- 1.3.2.2. Establecer una lista o un procedimiento de control de la documentación (identificación de revisión vigente, distribución de documentos).
- 1.3.2.3. Procedimientos adoptados deben asegurar:
 - a) Que las ediciones autorizadas estén disponibles en todos los sitios donde se realizan operaciones para el funcionamiento eficaz del laboratorio.
 - b) Examinar periódicamente los documentos y modificarlos cuando sea necesario para asegurar la adecuación y cumplimiento de los requisitos.
 - c) Los documentos no válidos, retirarlos de todos los puntos de emisión o uso.

- d) Documentos obsoletos, retenidos por motivos legales o por conservación, sean marcados.
- 1.3.2.4. Los documentos del sistema de gestión generados por el laboratorio deben ser identificados (fecha de emisión, identificación de la revisión, numeración de págs., número total de págs., personas autorizadas a emitirlo).
- 1.3.3. Cambio a los documentos:
 - 1.3.3.1. Los cambios deben ser revisados y aprobados por la misma función que realizó la revisión original.
 - 1.3.3.2. Identificar el texto modificado.
 - 1.3.3.3. Permitir modificar los documentos hasta que se redacte una nueva versión.
 - 1.3.3.4. Describir procedimientos para realizar y controlar modificaciones a los documentos.
- 1.4. *REVISIÓN DE LOS PEDIDOS, OFERTAS Y CONTRATOS*
 - 1.4.1. Establecer y mantener procedimientos para la revisión de los pedidos, ofertas y contratos.
 - 1.4.2. Las políticas y procedimientos (que den por resultado un contrato) deben asegurar:
 - a) Definir, documentar y entender los requisitos, incluidos los métodos a utilizar.
 - b) Capacidad y recursos del laboratorio para cumplir con los requisitos.
 - 1.4.3. Conservar los registros de las revisiones, incluidas todas las modificaciones significativas.
 - 1.4.4. Informar al cliente en cualquier desviación del contrato.
- 1.5. *SUBCONTRATACIÓN DE ENSAYOS*

1.5.1. Cuando se subcontrate un trabajo, el subcontratista debe ser competente (cumplir con esta norma).

1.5.2. El laboratorio:

- a) Debe advertir al cliente sobre el acuerdo.
- b) Es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista.
- c) Mantener un registro de los subcontratistas que utiliza.

1.6. *COMPRAS DE SERVICIOS Y SUMINISTROS*

1.6.1. El laboratorio debe:

1.6.1.1. Tener políticas y procedimientos para:

- a) La selección y compra de los servicios y suministros.
- b) La compra, recepción y almacenamiento de reactivos y materiales consumibles.

1.6.1.2. Asegurar la inspección o verificación de los suministros, reactivos y materiales consumibles. Y mantener registros de las acciones tomadas para esa verificación.

1.6.1.3. Describir los servicios y suministros en los documentos de compra.

1.6.1.4. Evaluar a los proveedores y mantener los registros de esas evaluaciones. Establecer una lista con los aprobados.

1.7. *SERVICIO AL CLIENTE*

1.7.1. El laboratorio debe:

1.7.1.1. Cooperar con los clientes o sus representantes para aclarar el pedido y realizar el seguimiento del desempeño en el trabajo realizado. Puede referirse a:

- a) Permitir al cliente el acceso a zonas pertinentes del laboratorio para presenciar los ensayos.
- b) Preparación, embalaje y despacho de objetos sometidos a ensayo, para su verificación.

- 1.7.1.2. Obtener información de retorno de sus clientes (positiva o negativa), por ejemplo, por medio de encuestas de satisfacción.

1.8. QUEJAS

- 1.8.1. El laboratorio debe tener una política y un procedimiento para las quejas recibidas de los clientes; y mantener registro de todas las quejas.

1.9. CONTROL DE TRABAJOS DE ENSAYOS NO CONFORMES

- 1.9.1. El laboratorio debe:

- 1.9.1.1. Tener una política y procedimientos que aseguren:

- a) Al identificar el trabajo no conforme, asignar las responsabilidades y autoridades para la gestión del trabajo no conforme.
- b) Evaluar la importancia del trabajo no conforme.
- c) Realizar la corrección inmediatamente y tomar decisiones respecto a la aceptabilidad de los trabajos no conformes.
- d) De ser necesario, notificar al cliente y anular el trabajo.
- e) Definir la responsabilidad para autorizar la reanudación del trabajo.

- 1.9.1.2. Seguir los procedimientos de acciones correctivas, cuando la evaluación indique que el trabajo no conforme podría volver a ocurrir.

1.10. MEJORA

- 1.10.1. El laboratorio debe mejorar continuamente la eficacia de su sistema de gestión mediante el uso de la política de:

- a) la calidad,
- b) los objetivos de la calidad,
- c) los resultados de las auditorías,
- d) el análisis de los datos,
- e) las acciones correctivas y preventivas, y
- f) la revisión por la dirección.

1.11. ACCIONES CORRECTIVAS

1.11.1. Generalidades:

1.11.1.1. El laboratorio debe establecer una política y procedimiento para la implementación de acciones correctivas cuando se haya identificado un trabajo no conforme.

1.11.2. Análisis de las causas:

1.11.2.1. El procedimiento de acciones correctivas debe comenzar con una investigación para determinar la o las causas del problema.

1.11.3. Selección e implementación de las acciones correctivas:

1.11.3.1. El laboratorio debe:

- a) Cuando se necesite una acción correctiva, identificar las acciones correctivas posibles.
- b) Seleccionar e implementar la o las acciones con mayor posibilidad de eliminar el problema y prevenir su repetición.
- c) Documentar e implementar cualquier cambio que resulte de las investigaciones de las acciones correctivas.

1.11.4. Seguimiento de las acciones correctivas:

1.11.4.1. El laboratorio debe realizar el seguimiento de los resultados para asegurarse de la eficacia de las acciones correctivas implementadas.

1.11.5. Auditorias adicionales:

1.11.5.1. El laboratorio debe asegurarse de que los sectores de actividades sean auditados cuando la identificación de trabajos no conformes o desvíos pongan en duda el cumplimiento del laboratorio con sus políticas y procedimientos.

1.12. ACCIONES PREVENTIVAS

1.12.1. Se debe:

- a) Identificar las mejoras necesarias y las fuentes de no conformidades.
- b) Al necesitar una acción preventiva, desarrollar, implementar y realizar el seguimiento de planes de acción.
- c) Los procedimientos para las acciones preventivas, incluir la iniciación de dichas acciones y la aplicación de controles para asegurar la eficacia.

1.13. CONTROL DE LOS REGISTROS

1.13.1. Generalidades:

1.13.1.1. El laboratorio debe:

- a) Establecer y mantener procedimientos para la identificación, recopilación, codificación, el acceso, archivo, almacenamiento, mantenimiento y disposición de los registros de calidad y técnicos.
- b) Tener procedimientos para proteger y salvaguardar los registros almacenados electrónicamente (para prevenir el acceso no autorizado y su modificación).

1.13.1.2. Todos los registros deben:

- a) Ser legibles, y ser almacenados y conservados de modo que sean fácilmente recuperables en instalaciones que le provean un ambiente adecuado (establecer el tiempo de retención de registros).
- b) Ser conservados en sitio seguro y en confidencialidad.

1.13.2. Registros técnicos:

- 1.13.2.1. El laboratorio debe conservar los registros de las observaciones originales, de los datos derivados y de información suficiente para establecer un protocolo de control.

- 1.13.2.2. Los registros deben incluir la identidad del personal responsable del muestreo, de la realización de cada ensayo y la verificación de los resultados.
- 1.13.2.3. Las observaciones, los datos y los cálculos deben ser registrados en el momento de hacerlos.
- 1.13.2.4. Los errores en los registros deben ser tachados, no borrados; el valor correcto debe ser escrito al margen, y deben ser firmados por la persona que hace la corrección.

1.14. AUDITORÍAS INTERNAS

- 1.14.1. Efectuar periódicamente auditorías internas, de acuerdo con un calendario y un procedimiento, para verificar el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión.
- 1.14.2. El responsable de la calidad es el encargado de planificar y organizar las auditorías.
- 1.14.3. Cuando los resultados de las auditorías pongan en duda la eficacia de las operaciones, se deben tomar acciones correctivas.
- 1.14.4. Registrar el sector de actividad auditado, los hallazgos de la auditoría y las acciones correctivas.

1.15. REVISIONES POR LA DIRECCIÓN

- 1.15.1. La alta dirección del laboratorio debe efectuar periódicamente, de acuerdo con un calendario y un procedimiento, una revisión del sistema de gestión y de las actividades de ensayo.
- 1.15.2. La revisión debe tener en cuenta:
 - a) Adecuación de las políticas y procedimientos.
 - b) Informes del personal directivo y de supervisión.
 - c) Resultado de las auditorías internas.
 - d) Acciones correctivas y preventivas.

- e) Evaluaciones por organismos externos.
- f) Resultados de las comparaciones interlaboratorios o de los ensayos de aptitud.
- g) Cambios en el volumen y tipo de trabajo efectuado.
- h) Retroalimentación de los clientes.
- i) Quejas.
- j) Recomendaciones para la mejora.
- k) Factores como actividades de control de calidad, recursos y formación del personal.

2. Requisitos Técnicos:

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. Factores que determinan la exactitud y la confiabilidad de los ensayos, incluyen elementos provenientes de:

- a) Factores humanos.
- b) Instalaciones y condiciones ambientales.
- c) Métodos de ensayo y validación de métodos.
- d) Equipos.
- e) Trazabilidad de mediciones.
- f) Muestreo.
- g) Manipulación de ítems de ensayo.

2.1.2. El laboratorio debe tener en cuenta estos factores al desarrollar los métodos y procedimientos de ensayo, en la formación y calificación del personal, y la selección y calibración de equipos utilizados.

2.2. PERSONAL

2.2.1. La dirección del laboratorio debe:

2.2.1.1. Asegurar la competencia de todo el personal que:

- a) Operan equipos específicos,
 - b) Realizan ensayos,
 - c) Evalúan resultados y firman informes de ensayo.
- 2.2.1.2. Formular metas con respecto a la educación, formación y habilidades del personal del laboratorio.
- 2.2.1.3. Autorizar a miembros específicos del personal para realizar tipos particulares de muestreos, ensayos; para emitir informes de ensayos, opiniones e interpretaciones y para operar tipos particulares de equipos.
- 2.2.2. El laboratorio debe:
- 2.2.2.1. Tener una política y procedimientos para identificar las necesidades de formación del personal y proporcionarla.
- 2.2.2.2. Disponer del personal que esté empleado por el laboratorio o que esté bajo contrato con él.
- 2.2.2.3. Mantener actualizados los perfiles de los puestos de trabajo del personal directivo, técnico y de apoyo. Estos perfiles, pueden ser definidos como mínimo:
- a) Responsabilidades con respecto a la realización de ensayos.
 - b) Responsabilidades con respecto a la planificación de los ensayos y la evaluación de resultados.
 - c) Responsabilidades para comunicar opiniones e interpretaciones.
 - d) Responsabilidades con respecto a la modificación de métodos y al desarrollo y validación de nuevos métodos.
 - e) Especialización y experiencias requeridas.
 - f) Calificaciones y programas de formación.
 - g) Obligaciones de la dirección.
- 2.2.2.4. Mantener registros de las autorizaciones, la competencia, el nivel de estudios, formación, habilidades y experiencia de todo el personal técnico (incluido el contratado).

2.3. *INSTALACIONES Y CONDICIONES AMBIENTALES*

2.3.1. Las instalaciones deben facilitar la realización correcta de los ensayos.

2.3.2. El laboratorio debe:

- a) Asegurar que las condiciones ambientales no invaliden los resultados ni comprometan la calidad de las mediciones.
- b) Tomar precauciones especiales cuando el muestreo y los ensayos se realicen en sitios distintos al laboratorio.
- c) Controlar y registrar las condiciones ambientales según lo requieran las especificaciones, métodos y procedimientos correspondientes.

2.3.3. Debe haber una separación entre áreas en las que se realicen actividades incompatibles.

2.3.4. Controlar el acceso y uso de las áreas que afectan la calidad de los ensayos.

2.3.5. Tomar medidas para asegurar el orden y limpieza del laboratorio.

2.4. *MÉTODOS DE ENSAYO Y VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS*

2.4.1. Generalidades:

2.4.1.1. El laboratorio debe:

- a) Aplicar métodos y procedimientos para todos los ensayos, incluyendo muestreo, manipulación, transporte, almacenamiento y preparación de los ítems a ensayar.
- b) Tener instrucciones para el uso y funcionamiento de todo el equipamiento pertinente, y para la manipulación y preparación de los ítems a ensayar.

2.4.1.2. Todas las instrucciones, normas, manuales y datos de referencia del trabajo del laboratorio se deben mantener actualizados y disponibles al personal.

2.4.2. Selección de los métodos:

2.4.2.1. El laboratorio debe:

- a) Utilizar los métodos de ensayo que satisfagan las necesidades del cliente.
- b) Utilizar los métodos publicados en normas internacionales, regionales o nacionales.
- c) Asegurar utilizar la última versión vigente de la norma.
- d) Seleccionar los métodos apropiados, si el cliente no especifica el método a utilizar, y debe ser informado del método elegido.
- e) Confirmar la aplicación de los métodos normalizados antes de utilizarlos para los ensayos.
- f) Informar al cliente, si considera inapropiado el método propuesto por él.

2.4.3. Métodos desarrollados por el laboratorio.

2.4.3.1. La introducción de los métodos de ensayo debe ser una actividad planificada y debe ser asignada a personal calificado.

2.4.3.2. Los planes deben ser actualizados en el avance del desarrollo.

2.4.4. Métodos no normalizados.

2.4.4.1. Al utilizar métodos no normalizados, deben:

2.4.4.1.1. Ser acordados con el cliente.

2.4.4.1.2. Incluir una especificación de los requisitos del cliente y del objetivo del ensayo.

2.4.4.1.3. Haber sido validados los métodos antes de su uso.

2.4.4.1.4. Contener:

- a) Una identificación apropiada.
- b) Alcance.
- c) Descripción del tipo de ítem a ensayar.
- d) Parámetros y rangos a ser determinados.

- e) Aparatos y equipos, incluidos los requisitos técnicos de funcionamiento.
- f) Patrones y materiales de referencia.
- g) Condiciones ambientales requeridas y cualquier período de estabilización.
- h) Descripción del procedimiento.
- i) Criterios de aprobación y rechazo.
- j) Datos, método de análisis y presentación.
- k) Incertidumbre o procedimiento para estimarla.

2.4.5. Validación de métodos.

2.4.5.1. La validación es la confirmación de que se cumplen los requisitos particulares para un uso específico previsto.

2.4.5.2. El laboratorio debe:

- a) Validar, para confirmar que los métodos son aptos para el fin previsto, los métodos no normalizados, los que diseña o desarrolla, los normalizados empleados fuera del alcance previsto así como las ampliaciones y modificaciones de los normalizados.
- b) Registrar los resultados obtenidos, el procedimiento utilizado para la validación y una declaración sobre la aptitud del método.

2.4.5.3. La validación debe:

- a) Ser tan amplia como sea necesario para satisfacer las necesidades del tipo de aplicación.

2.4.6. Estimación de la incertidumbre de la medición.

2.4.6.1. El laboratorio debe:

- a) Tener y aplicar un procedimiento para estimar la incertidumbre de la medición.
- b) Identificar los componentes de la incertidumbre y hacer una estimación razonable.

- c) Asegurarse que la forma de informar el resultado no dé una impresión equivocada de la incertidumbre.
- d) Al estimar la incertidumbre, tener en cuenta los componentes que sean de importancia, utilizando métodos apropiados.

2.4.7. Control de los datos

2.4.7.1. Los cálculos y la transferencia de los datos deben estar sujetos a verificaciones adecuadas llevadas a cabo de manera sistemática.

2.4.7.2. Cuando se utilicen computadoras o equipos automatizados, el laboratorio debe asegurarse de que:

- a) El software esté documentado con el detalle suficiente y haya sido validado.
- b) Establecer e implementar procedimientos para proteger los datos.
- c) Hacer el mantenimiento de las computadoras y equipos automatizados con el fin de asegurar que funcionan adecuadamente.

2.5. EQUIPOS

2.5.1. El laboratorio debe:

- a) Estar provisto con todos los equipos para el muestreo, la medición, y el ensayo, requeridos para la ejecución de los ensayos.
- b) Tener procedimientos para la manipulación segura, transporte, almacenamiento, uso y mantenimiento planificado de los equipos de medición.

2.5.2. Los equipos y su software deben:

- a) Permitir lograr la exactitud requerida.
- b) Cumplir con las especificaciones pertinentes para los ensayos.
- c) Establecer programas de calibración para las magnitudes o los valores esenciales de instrumentos cuando éstas afecten los resultados.
- d) Antes de ponerlos en servicio, ser verificados o calibrados.

- e) Ser operados por el personal autorizado, manteniendo actualizados las instrucciones de uso y el mantenimiento de los equipos.
 - f) Estar identificados.
- 2.5.3. Establecer registros de cada componente del equipo y su software, incluyendo:
- a) Identificación del equipo y su software.
 - b) Nombre del fabricante, identificación de modelo, número de serie u otra identificación única.
 - c) Verificación de la conformidad del equipo.
 - d) Ubicación actual.
 - e) Instrucciones del fabricante.
 - f) Fechas, resultados, copias de los informes y certificados de todas las calibraciones, ajustes, criterios de aceptación, y fecha de próxima calibración.
 - g) Plan de mantenimiento, y el mantenimiento realizado para la fecha.
 - h) Daño, mal funcionamiento, modificación o reparación del equipo.
- 2.5.4. Los equipos que hayan sido sometidos a una sobrecarga o a un uso inadecuado, den resultados dudosos, son defectuosos o están fuera de los límites especificados, deben ser puestos fuera de servicio, aislándolos, rotulándolos o marcándolos como que están fuera de servicio hasta su reparación. Cuando esto suceda el laboratorio debe aplicar el procedimiento de control del trabajo no conforme.
- 2.5.5. Cuando:
- a) Todos los equipos del laboratorio requieran una calibración, deben ser rotulados, codificados o identificados para indicar el estado y la última fecha de calibración y su fecha de vencimiento.
 - b) El equipo quede fuera del control directo del laboratorio, debe verificarse el funcionamiento y estado de calibración antes de ser reintegrado al servicio.

- c) Se necesite hacer comprobaciones intermedias para mantener la confianza de la calibración, se deben efectuar según un procedimiento definido.
 - d) Las calibraciones generen un conjunto de factores de corrección, el laboratorio debe tener procedimientos para asegurar que las copias se actualizan correctamente.
- 2.5.6. Se deben proteger los equipos de ensayo contra ajustes que pudieran invalidar los resultados de los ensayos.

2.6. *TRAZABILIDAD DE LAS MEDICIONES*

2.6.1. Generalidades:

- 2.6.1.1. Todos los equipos, utilizados para los ensayos, que tengan un efecto significativo en la exactitud o validez del resultado del ensayo, deben ser calibrados antes de ser puestos en servicio.
- 2.6.1.2. El laboratorio debe establecer un programa y un procedimiento para la calibración de sus equipos.

2.6.2. Requisitos específicos:

2.6.2.1. Ensayos:

- 2.6.2.1.1. Para los laboratorios de ensayo, el programa de calibración debe ser diseñado y operado de modo que asegure que los ensayos y las mediciones hechas por el laboratorio sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).
- 2.6.2.1.2. En caso de que ciertos ensayos no se puedan hacer estrictamente en unidades SI, el ensayo debe proporcionar patrones de medición apropiados, como:
 - a) Uso de materiales de referencia certificados provistos por un proveedor competente con el fin de caracterizar un material de manera confiable.
 - b) Utilización de métodos especificados o normas consensuadas, descritos y acordados por todas las partes concernientes.

2.6.2.1.3. Participación en un programa adecuado de comparaciones interlaboratorios.

2.6.2.1.4. Cuando:

- a) Se haya establecido que la incertidumbre contribuye muy poco a la incertidumbre total del resultado de ensayo, el laboratorio debe asegurarse de que el equipo utilizado puede proveer la incertidumbre de medición requerida.
- b) La trazabilidad de las mediciones a las unidades SI no sea posible o no sea pertinente, se deben exigir los mismos requisitos para la trazabilidad que para los laboratorios de calibración.

2.6.3. Patrones de referencia y materiales de referencia.

2.6.3.1. Patrones de referencia.

2.6.3.1.1. El laboratorio debe tener un programa y un procedimiento para la calibración de sus patrones de referencia.

2.6.3.1.2. Los patrones de referencia deben:

- a) Ser calibrados por un organismo que pueda proveer la trazabilidad como se indica en 2.6.2.1.
- b) Ser utilizados sólo para la calibración.
- c) Ser calibrados antes y después de cualquier ajuste.

2.6.3.2. Materiales de referencia.

2.6.3.2.1. Cada vez que sea posible se debe establecer la trazabilidad de los materiales de referencia a las unidades de medida SI o a materiales de referencia certificados.

2.6.3.2.2. Los materiales de referencia internos deben ser verificados en la medida que sea técnica y económicamente posible.

2.6.3.3. Verificaciones intermedias.

2.6.3.3.1. Se deben llevar a cabo las verificaciones que sean necesarias para mantener la confianza en el estado de calibración de los patrones de referencia, primarios, de transferencia o de trabajo y de los materiales de referencia de acuerdo con procedimientos y una programación definidos.

2.6.3.4. Transporte y almacenamiento.

2.6.3.4.1. El laboratorio debe tener procedimientos para la manipulación segura, el transporte, el almacenamiento y el uso de los patrones de referencia con el fin de prevenir su contaminación o deterioro y preservar su integridad.

2.7. MUESTREO

2.7.1. El laboratorio debe tener:

2.7.1.1. Un plan y procedimientos para el muestreo de sustancias, materiales o productos que luego ensaye. Y éstos deben estar disponibles en el lugar donde se realiza el muestreo. Los planes de muestreo deben estar basados en métodos estadísticos apropiados. El proceso de muestreo debe tener en cuenta los factores que deben ser controlados para asegurar la validez de los resultados de ensayo.

2.7.1.2. Procedimientos para registrar los datos y las operaciones relacionados con el muestreo. Estos registros deben incluir:

- a) El procedimiento de muestreo utilizado.
- b) La identificación de la persona que lo realiza.
- c) Las condiciones ambientales.
- d) Los diagramas para identificar el lugar del muestreo.
- e) Las técnicas estadísticas en que se basan los procedimientos de muestreo.

2.7.2. Cuando el cliente requiera desviaciones, adiciones o exclusiones del procedimiento de muestreo documentado, deben ser registradas en detalle

con los datos del muestreo correspondiente e incluidas en todos los documentos que contengan los resultados.

2.8. MANIPULACIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO

2.8.1. El laboratorio debe:

- a) Tener procedimientos para el transporte, la recepción, la manipulación, la protección, el almacenamiento, la conservación o la disposición final de los ítems de ensayo.
- b) Tener un sistema para la identificación de los ítems de ensayo. La identificación debe conservarse durante la permanencia del ítem en el laboratorio. El sistema debe ser diseñado y operado de manera tal que asegure que los ítems no sean confundidos físicamente ni en referencias en registros.
- c) Registrar las anomalías o los desvíos en relación con las condiciones normales o especificadas de cada ítem recibido.
- d) Cuando exista cualquier duda respecto a la adecuación de un ítem para un ensayo, solicitar al cliente instrucciones adicionales antes de proceder y registrar lo tratado.
- e) Procedimientos e instalaciones para evitar el deterioro, la pérdida o el daño del ítem de ensayo durante el almacenamiento, manipulación y preparación.
- f) Seguir las instrucciones para la manipulación provistas con el ítem.
- g) Tener disposiciones para el almacenamiento y la seguridad que protejan la condición del ítem.

2.9. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS DE ENSAYO.

2.9.1. El laboratorio debe:

- 2.9.1.1. Tener procedimientos de control de la calidad para realizar el seguimiento de la validez de los ensayos.

- 2.9.1.2. Registrar los datos resultantes de manera tal que se puedan detectar las tendencias.
- 2.9.1.3. Planear y revisar dicho seguimiento, incluyendo:
- a) Uso regular de materiales de referencia certificados o un control de calidad interno utilizando materiales de referencia secundarios.
 - b) Participación en comparaciones interlaboratorios o programas de ensayos de aptitud.
 - c) Repetición de ensayos utilizando el mismo método o métodos diferentes.
 - d) Repetición del ensayo de los objetos retenidos.
 - e) Correlación de los resultados para diferentes características de un ítem.
- 2.9.1.4. Analizar los datos de control de calidad, y de no satisfacer los criterios predefinidos, tomar las acciones planificadas para corregir el problema y evitar consignar resultados incorrectos.

2.10. INFORME DE LOS RESULTADOS

2.10.1. Generalidades:

2.10.1.1. Los resultados:

- a) Deben ser informados en forma exacta, clara, no ambigua y objetiva, en un informe de ensayo e incluir toda la información requerida por el cliente y necesaria para la interpretación de los mismos.
- b) Pueden ser informados en forma simplificada cuando los ensayos sean para cliente internos.

2.10.2. Informes de ensayo.

2.10.2.1. Cada informe de ensayo debe incluir:

- a) Título.
- b) Nombre y dirección del laboratorio, y el lugar donde se realizaron los ensayos.

- c) Identificación única del informe de ensayo y cada página ser identificada para asegurar que la página es reconocida como parte del informe de ensayo.
- d) Nombre y dirección del cliente.
- e) Identificación del método utilizado.
- f) Descripción, condición e identificación no ambigua del o los ítems ensayados.
- g) Fecha de recepción de los ítems sometidos a ensayo.
- h) Fecha de ejecución del ensayo.
- i) Referencia al plan y a los procedimientos de muestreo utilizados por el laboratorio.
- j) Resultados de los ensayos con sus unidades de medida.
- k) Nombres, funciones, firmas o una identificación equivalente de las personas que autorizan el informe de ensayo.
- l) Declaración de que los resultados sólo están relacionados con los ítems ensayados, cuando corresponda.

2.10.3. Informes de ensayos.

2.10.3.1. Además los informes de ensayos deben incluir:

- a) Desviaciones, adiciones o exclusiones del método de ensayo e información sobre condiciones de ensayo específicas.
- b) Declaración sobre el cumplimiento o no cumplimiento con los requisitos o especificaciones, cuando corresponda.
- c) Declaración sobre la incertidumbre de medición estimada, cuando sea aplicable.
- d) Opiniones e interpretaciones, cuando sea apropiado y necesario.
- e) Información adicional que pueda ser requerida por métodos específicos o clientes.

2.10.3.2. Los informes de ensayo que contengan los resultados del muestreo deben incluir:

- a) Fecha del muestreo.
- b) Identificación inequívoca de la sustancia, material o producto muestreado, conteniendo:
 - Nombre del fabricante.
 - Modelo o tipo de designación.
 - Números de serie:
- c) Lugar del muestreo, incluyendo cualquier diagrama, croquis o fotografía.
- d) Referencia al plan y los procedimientos de muestreo utilizados.
- e) Detalles de condiciones ambientales durante el muestreo que afecten la interpretación de resultados de ensayo.
- f) Cualquier norma o especificación sobre el método o procedimiento de muestreo, y las desviaciones, adiciones o exclusiones de la especificación.

2.10.4. Opiniones e interpretaciones.

2.10.4.1. Cuando se incluyan opiniones e interpretaciones, el laboratorio debe asentar por escrito las bases las respaldan, y deben estar identificadas en un informe de ensayo. Pueden consistir en:

- a) Opinión o declaración de la conformidad o no conformidad de los resultados con los requisitos.
- b) Cumplimiento con los requisitos contractuales.
- c) Recomendaciones sobre la forma de utilizar los resultados.
- d) Recomendaciones para las mejoras.

2.10.5. Resultados de ensayo obtenidos de los subcontratistas.

2.10.5.1. Cuando el informe contenga resultados de ensayo realizados por los subcontratistas, deben estar identificados, y el subcontratista debe informar sobre los resultados por escrito o electrónicamente.

2.10.6. Transmisión electrónica de los resultados.

2.10.6.1. Cumplir con los requisitos de esta norma internacional, en el caso de que los resultados de ensayo se transmitan por teléfono, télex, facsímil u otros medios electrónicos o electromagnéticos.

2.10.7. Presentación de los informes.

2.10.7.1. La presentación elegida debe ser concebida para responder a cada tipo de ensayo y minimizar la posibilidad de mala interpretación o mal uso.

2.10.8. Modificaciones a los informes de ensayo.

2.10.8.1. Las modificaciones de fondo a un informe después de su emisión deben ser hechas solamente en la forma de un nuevo documento, o de una transferencia de datos.

DISCUSIÓN: EL NIVEL DE CUMPLIMIENTO ACTUAL (ABRIL 2009) DEL SISTEMA DE GESTION PROPUESTO

REQUISITOS DE GESTIÓN

Los requisitos de gestión describen todos los elementos que se deben cumplir para el desempeño de las actividades administrativas del sistema de gestión de la calidad. El análisis que se presenta a continuación a modo de discusión, permite delinear un escenario en cuanto al estatus de las condiciones o potencialidades del Laboratorio de Suelos del IMME, para la implementación del

sistema de gestión de calidad y la posible acreditación de los seis ensayos que se desean acreditar. Este análisis se presenta para cada requisito en particular.

Organización:

El Laboratorio de Suelos del IMME cuenta con el personal directivo y técnico adecuado para desempeñar la implementación, mantenimiento y mejora del Sistema de Gestión. Así mismo, existen procedimientos para asegurar la protección de la información confidencial y el almacenamiento de los resultados. Una vez obtenidos los resultados de los ensayos, éstos son plasmados en un informe técnico con un código específico y luego llevados a la administración del Instituto, para ser resguardados en el archivo del mismo por personal calificado.

En base a la propuesta, y en cuanto a los apartados 1.1.1.5., 1.1.1.6., 1.1.1.7. y 1.1.1.8., se tiene que en el Instituto existe la figura encargada de la dirección técnica y supervisión al personal encargado de los ensayos; igualmente está designada la persona responsable de la calidad en el Instituto, aunque no están incluidas en el organigrama.

Por otra parte, es necesario incluir y definir dentro del organigrama del Instituto, la organización y estructura de gestión del laboratorio. Además, se debe generar un documento, donde se especifique la responsabilidad, autoridad e interrelación de todo el personal que afecte la calidad de los ensayos. Es importante nombrar sustitutos para el personal directivo clave, que pueda intervenir ante la ausencia de los primeros.

Sistema de Gestión:

El laboratorio no cuenta con un documento similar al Manual de Calidad que responda a todos los requisitos de la norma ISO/IEC 17025:2005, por lo que se hace necesaria la realización del mismo, cumpliendo con los aspectos indicados en el apartado 1.2.2. de la propuesta. Por otro lado, cuando se realicen

cambios al sistema de gestión, es importante asegurar que la documentación asociada refleje dichos cambios.

Control de los documentos:

Al no contar con un Manual de Calidad, el laboratorio aún no posee los documentos y por ende tampoco es posible llevar un control de los mismos. Una vez generado el Manual de Calidad, es necesario cumplir con los requerimientos del apartado 1.3. de la propuesta.

Revisión de los pedidos, ofertas y contratos:

Actualmente en el IMME se utiliza la planilla de solicitud de ensayos, donde se toma nota tanto de los datos del cliente como de la actividad solicitada por el mismo, el método de ensayo a emplear y la normativa a aplicar. En el laboratorio no se cumple con lo exigido en el apartado 1.4.3. de la propuesta, por lo que se debe llevar a cabo el almacenamiento de dicha planilla.

Subcontratación de ensayos:

La política del laboratorio de suelos del IMME es limitarse sólo a la realización de ensayos de laboratorio para los cuales están técnicamente capacitados, por lo que no se generan subcontrataciones de ningún tipo a otras empresas o laboratorios.

Compras de servicios y suministros:

El IMME cuenta con políticas, más no con procedimientos, para la selección y compra de servicios y suministros, es decir, tiene la disposición, tal como lo declara en su política de calidad, de mantener sus laboratorios dotados, más no existe ningún procedimiento formal para la reposición de materiales consumibles distinto a la normativa propia de la administración pública. En tal sentido, el encargado del laboratorio, debe verificar constantemente el inventario de

consumibles, la disponibilidad de los insumos, para así establecer con antelación qué materiales deben ser adquiridos. Considerando los tiempos de respuesta de la administración de la Facultad de ingeniería, se debe establecer un criterio que permita delimitar cuando es el momento más oportuno para realizar la petición de reposición de materiales. Adicionalmente, como parte de la implementación del sistema de calidad, se debe generar un documento donde se pueda formalizar la petición para la reposición de dichos insumos, además de cumplir con los requisitos de los apartados 1.6.1.2., 1.6.1.3. y 1.6.1.4. de la propuesta. En todo caso, existen documentos y procedimientos en el IMME para emitir órdenes de compra para cualquiera de sus laboratorios.

Servicio al cliente:

En cuanto a lo exigido en el apartado 1.7 de la propuesta, el laboratorio tiene la plena disposición de cooperar con sus clientes en pro del buen desempeño del trabajo contratado. A fin de obtener información de retorno por parte de sus clientes, se debe crear un documento tipo encuesta, donde se pueda cuantificar la satisfacción de los mismos una vez culminado el trabajo.

Quejas:

En el laboratorio, las quejas que puedan presentarse por parte de sus clientes, se manejan de forma verbal y directa. Por ende, se debe generar un documento, donde se asegure que las quejas sean recibidas y a su vez se pueda contar con un registro de ellas.

Control de trabajos de ensayos no conformes, Acciones correctivas y Acciones preventivas:

En el laboratorio no existe un procedimiento donde se puedan registrar las no conformidades sobre los ensayos, aunque existe la política de atender las inquietudes que puedan surgir por los resultados de algún ensayo. Para dar

cumplimiento al apartado 1.9. de la propuesta, se recomienda que un trabajo no conforme, sea llevado a una instancia competente tal como el Consejo Técnico del IMME, donde se evalúe su importancia, se dicten medidas correctivas y se defina al responsable para llevarlas a cabo. En caso de que se determine que un trabajo no conforme pueda volver a ocurrir, se deben seguir los procedimientos de acciones correctivas y acciones preventivas, como se expone en los apartados 1.11. y 1.12. de la propuesta.

Control de los registros:

En cuanto a los registros de calidad y técnicos, el laboratorio cuenta con un archivo donde almacenarlos. En dicho archivo se encontraron formatos de registro de ensayos, documentos referentes a servicios técnicos de años anteriores y algunos catálogos de equipos. Sin embargo, durante la realización de este trabajo, se comprobó que actualmente no se está utilizando el archivo del laboratorio para la conservación de los registros y documentos de ensayo. En tal sentido, y a fin de cumplir con el apartado 1.13. de la propuesta, se debe retomar el uso de este archivo para el resguardo de formatos de registro y registro de datos. Esto a fin de garantizar que los formatos, registros y documentos sean accesibles para su uso por parte del personal del laboratorio, y ser accesibles en caso de auditoría. Adicionalmente es necesario generar una codificación para los registros y documentos.

En cuanto a los registros técnicos, los datos y cálculos deben ser registrados al momento de hacerlos. Es importante destacar que los errores en los registros deben ser tachados y no borrados.

Auditorías internas y Revisiones por la Dirección:

Estos son aspectos de suma importancia a ser tomados en cuenta una vez que el sistema de gestión sea implementado en el laboratorio, ya que permitiría

saber dónde existen deficiencias en el sistema y así poder aplicar acciones correctivas.

REQUISITOS TÉCNICOS

Los requisitos técnicos describen todos los elementos que determinan la exactitud y confiabilidad de los ensayos realizados. En cuanto al estatus del cumplimiento de este aspecto por parte del Laboratorio de Suelos del IMME, se tiene el siguiente análisis:

Personal:

El espacio físico donde funciona el Laboratorio de Suelos no dispone de registros actualizados sobre cualificación, experiencia y formación del personal. Sin embargo, en el archivo del IMME y en el archivo de la Facultad, reposan los expedientes del personal, donde se pueden encontrar datos más o menos actualizados sobre los cursos de capacitación y mejoramiento profesional del personal docente, administrativo, técnico y de servicio en general.

Instalaciones y condiciones ambientales:

Según las verificaciones realizadas durante la ejecución de este trabajo, se puede indicar que los ensayos que se realizan en el Laboratorio de Suelos se han venido ejecutando cumpliendo con los lineamientos estipulados por las normas ASTM referentes a cada ensayo, asegurando la obtención de resultados válidos.

En cuanto al apartado 2.3.4. de la propuesta, debido a que el Laboratorio de Suelos funciona también para la realización de actividades docentes, es necesario asegurar el control del acceso y uso de las áreas que puedan afectar la calidad de los ensayos.

Métodos de ensayo y validación de los métodos:

Si bien el laboratorio cuenta con una guía basada en las normas ASTM, donde se documentan los métodos de ensayo que allí se ejecutan, ésta no se encuentra actualizada y data de hace más de 20 años. La norma ISO/IEC 17025:2005 exige que los métodos de ensayo a utilizar deben estar publicados en normas internacionales, nacionales o regionales, vigentes.

En el presente trabajo de investigación, se elaboraron los métodos de ejecución para seis (6) ensayos, a partir de las normas ASTM actualizadas, en tal sentido, Thomas (2009) afirma que:

ASTM International es una de las organizaciones más grandes del mundo para el desarrollo voluntario de normas, una fuente confiable de normas técnicas para materiales, productos, sistemas, y servicios. Conocidas por su alta calidad técnica y relevancia en el mercado, las normas ASTM desempeñan un papel importante en la infraestructura de la información que orienta el diseño, la fabricación y el comercio en la economía mundial.

Como anteriormente se dijo, se está proponiendo la implementación de seis (6) métodos de ensayo actualizados; los cuales son: compresión sin confinar, corte directo consolidado en condiciones drenadas, consolidación unidimensional, ensayo triaxial, ensayo de compactación Proctor normal y modificado, y por último el ensayo de penetración C.B.R, tal como se exige en el apartado 2.4.2.1. de la propuesta. En cada método de ensayo, se desarrollan los procedimientos o instrucciones en cuanto a la manipulación y preparación de los ítems a ensayar. En cuanto a los procedimientos para el muestreo, transporte y almacenamiento de los ítems, esa responsabilidad descansa en el ente o persona solicitante que aporta la muestra al laboratorio.

Los apartados 2.4.3 y 2.4.4. de la propuesta, referentes a métodos desarrollados por el laboratorio y métodos no normalizados, no aplican actualmente para el Laboratorio de Suelos. En caso de que el laboratorio necesite

implementar alguno de estos métodos, debe seguir los pasos especificados en dichos apartados.

Antes de ser implementados, dichos métodos deben ser validados para confirmar que son aptos para el fin previsto (apartado 2.4.5.). Adicionalmente, los métodos de ensayo se deben mantener disponibles al personal, situando un ejemplar de cada uno de éstos en el archivo del laboratorio.

Para garantizar el control de los datos, tanto en equipos manuales como en equipos automatizados que se utilizan para el registro y la transferencia de datos, se realizó un cronograma de calibración y verificación (Ver Tabla II). Los computadores asociados a los equipos automatizados, son de uso restringido, y sólo pueden ser manejados por el encargado del laboratorio o en su defecto alguna persona autorizada por el mismo.

Equipos:

En el Laboratorio de Suelos del IMME, no existía control estricto de los equipos y materiales que allí se encuentran, en tal sentido, como uno de los propósitos de este trabajo, se realizó un inventario (Ver Tabla II) y clasificación de los equipos, codificándolos internamente e identificándolos mediante una etiqueta; así mismo, con el uso de otra etiqueta, fueron rotulados los equipos que están calibrados y los que están fuera de uso.

En el apartado 2.5.1. de la propuesta, se exige que el laboratorio tenga procedimientos para la manipulación, transporte, almacenamiento, uso y mantenimiento de los equipos de medición. La realidad es que, una vez que se investigó tanto en el archivo del laboratorio, como en el archivo del IMME, se encontró solamente el manual de uso de uno de los equipos en funcionamiento. Es por ello, que se deben generar manuales de uso, transporte, almacenamiento, mantenimiento y manipulación para cada equipo dentro del laboratorio. Algunos equipos tales como balanzas, requieren de una manipulación especial, que puede prevenir su descalibración.

Mucho de los equipos utilizados en el laboratorio poseen cierta antigüedad; y han sido adquiridos con el fin de cumplir especificaciones de normativas fuera de uso. Sin embargo, una vez redactado el método de cada ensayo, se pudo observar que en el laboratorio los equipos empleados cumplen con las especificaciones exigidas en las normas ASTM vigentes.

En cuanto al correcto funcionamiento de equipos y software, en el Laboratorio de Suelos, son pocos los equipos que están recientemente calibrados o verificados; en tal sentido y como anteriormente se expuso, se realizó un cronograma de calibración y verificación. Adicionalmente, se debe crear en el laboratorio, un documento donde se expongan las fechas de mantenimiento que le corresponda a cada equipo de acuerdo a su condición o uso, denominado “Plan de Mantenimiento”.

Trazabilidad de las mediciones:

Varios de los equipos existentes en el laboratorio pueden ser verificados, por tal motivo, los patrones de referencia deben tener un programa y un procedimiento para su calibración. Estos patrones deben ser utilizados sólo para la calibración, y ser calibrados antes y después de cada ajuste.

Muestreo:

El laboratorio no se encarga de realizar muestreo, directamente el cliente lleva al laboratorio las muestras a ser ensayadas. El solicitante puede ser un ente público o privado, así como personal docente encargado de algún estudio o proyecto de carácter más general.

Manipulación de los ítems de ensayo:

Los clientes son los que llevan directamente las muestras al IMME, el responsable del laboratorio es el encargado de darle entrada a las mismas. En la actualidad no se tiene ningún procedimiento formal para su recepción y ubicación

dentro del laboratorio, en tal sentido, se debe habilitar un espacio físico donde almacenar las muestras, además de anexarles una copia de la planilla de solicitud de ensayos, con la finalidad de conocer el ensayo aplicable a cada muestra. Además debe generarse un documento que permita registrar anomalías o desvíos en relación con las condiciones normales de las muestras.

Si bien no existe el procedimiento formal para la recepción de las muestras, el encargado del laboratorio les asigna un código único que permite su identificación, evitando la confusión entre ellas durante su estadía dentro del laboratorio.

Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo:

Una vez verificados y aprobados los métodos de ensayo propuestos, se debe cumplir con procedimientos para el control de calidad de los resultados, tal como lo especifica la propuesta en el apartado 2.9.

Informe de los resultados:

El laboratorio tiene un formato predeterminado para emitir los resultados de los ensayos, por lo que se debe complementar con lo estipulado en el apartado 2.10.2.1. de la propuesta.

A fin de visualizar mejor el estatus del laboratorio, en cuanto a su conformidad con respecto a lo exigido en la norma ISO/IEC 17025:2005 y partiendo de la discusión realizada previamente, se elaboró una tabla resumen, donde se presentan y clasifican los aspectos contemplados en la norma, de acuerdo a la siguientes condiciones:

- SI: Definido documentalmente e implementado eficazmente.

- NO: No cumple con ningún requisito exigido y no se realizan acciones para el cumplimiento.
- IN: Incompleto. No cumple estrictamente con las exigencias de la norma, pero cumple con algún documento, política y/o procedimiento.
- NA: No aplica al laboratorio.

Tabla I. Resumen de conformidades.

CAPÍTULO	SI	NO	IN	NA
Organización			X	
Sistema de Gestión		X		
Control de los documentos		X		
Revisión de los pedidos, ofertas y contratos			X	
Subcontratación de ensayo				X
Compras de servicios y suministros			X	
Servicio al cliente			X	
Quejas			X	
Control de trabajos de ensayos no conformes, acciones correctivas y acciones preventivas			X	
Control de los registros		X		
Auditorías internas y revisiones por la Dirección		X		
Personal			X	
Instalaciones y condiciones ambientales	X			
Métodos de ensayo y validación de los métodos			X	
Equipos		X		
Trazabilidad de las mediciones		X		
Muestreo				X
Manipulación de los ítems de ensayo			X	
Aseguramiento de la calidad		X		
Informe de los resultados			X	
TOTALES	1	7	10	2
	5%	35%	50%	10%

II. REQUISITOS TÉCNICOS DESARROLLADOS

La implementación del sistema de gestión de calidad propuesto, requiere de la planificación y consecución de gran cantidad de actividades. Partiendo de que el Laboratorio de Suelos del IMME, no cuenta con un sistema de gestión de calidad, se puede afirmar que para lograr la implementación del mismo, se requiere de un lapso de tiempo considerable, que pudiera abarcar incluso un año o más. Lo extenso del tiempo estipulado para la implementación, se justifica en la necesidad de generar numerosos documentos, políticas, procedimientos, organigramas, métodos de ensayo, validaciones, entre otros aspectos, los cuales deben ser revisados y aprobados por la Dirección del IMME, previo a la solicitud de una evaluación por parte de SENCAMER.

Además de proponer el sistema de gestión de calidad, el alcance de este trabajo de investigación se limita a desarrollar varios de los principales requisitos técnicos, relacionados con: métodos de ensayo, clasificación de equipos, elaboración de formatos de registro para ensayos y evaluación de requisitos relativos a seguridad e higiene ocupacional en el laboratorio.

II.A. CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS, APARATOS Y SISTEMAS DE MEDICIÓN

II.A.1. INVENTARIO DE EQUIPOS, APARATOS Y SISTEMAS DE MEDICIÓN

En el Laboratorio de Suelos del IMME, no se sabía con exactitud la cantidad de materiales y equipos que posee el mismo; por tal motivo y como lo exige la propuesta en el apartado 2.5.3., se realizó un inventario donde se puede apreciar la clasificación de los equipos por su nombre, marca, modelo, código del equipo, código de la UCV, cantidad, condición y algunas observaciones pertinentes. Adicionalmente se generó una codificación interna para cada equipo, compuesta de seis (6) caracteres alfanuméricos, donde los tres (3) primeros son letras y los tres (3) últimos son números. Las letras iniciales representan el nombre del equipo, mientras que los números indican su posición en cuanto al total de cada equipo similar. Este código fue plasmado en los equipos mediante una etiqueta.

La realización de este inventario detallado significa un aporte importante para el laboratorio de suelos, ya que no posee más que una persona adscrita, que es el ingeniero Leonel Rodríguez. Esto aunado al hecho que el ingeniero responsable tiene muchas ocupaciones en la ejecución y supervisión de ensayos, elaboración de informes, actividades administrativas, carga docente, y hasta participación en el mantenimiento y limpieza de la infraestructura.

Tabla II. Inventario.

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
	Abrazadera					5	NO	
	Accesorio de triaxial					1	NO	Para colocar camisa
	Accesorio para anillo de 50mm					3	NO	
	Accesorio para anillo de 65mm					1	NO	Para compactar muestras
	Accesorios para cámara triaxial					1	NO	
	Accesorios para muestras circulares						NO	
	Accesorios para muestras cuadradas						NO	
	Accesorios propios del laboratorio						NO	
	Aceite para bomba de vacío					1L	NO	
AIR001	Aire acondicionado	FRIGILUX				1	NO	De ventana
AIR002	Aire acondicionado	FRIGILUX				1	NO	De ventana
	Anillo de 35mm					12	NO	
	Anillo de 40mm					1	NO	
	Anillo de 43mm					4	NO	
	Anillo de 50mm					15	NO	
	Anillo de 65mm					16	NO	
ANI006	Anillo de carga	Wykeham Farrance			14632		NO	
ANI007	Anillo de carga	Clockhouse	2000KG		2506		NO	
ANI008	Anillo de carga	Clockhouse	C5000KGT	08-13298	1946		NO	
ANI009	Anillo de carga	Clockhouse	200KG		2454		NO	
ANI010	Anillo de carga	Clockhouse	500KG		2560		NO	
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
ANI011	Anillo de carga				63187	1	SI	
ANI012	Anillo de carga					1	SI	
ANI013	Anillo de carga					1	SI	
	Apoyo de flexímetro					7	NO	
AQU001	Aquarium Header	Second Natural				1	NO	
ARC001	Archivo						NO	4 Gavetas
BAL001	Balanza	OHAUS		08-13242		1	NO	Cap 2610g.
BAL002	Balanza	Central Scientific		08-10169	CLE 8-36	1	NO	
BAL003	Balanza Análoga	Mettler	P3	08-12719	202881	1	NO	Máx 3000g / Div 1g.
BAL004	Balanza Análoga	Mettler	P323N	08-25075	429955	1	NO	Máx 320g / 0.001g.
BAL005	Balanza Digital	Setra	BL-410S	08-55263	CB7674	1	NO	410g.
BAL006	Balanza Digital	Setra	HI-4100S		3158630	1	NO	Máx 410g / Mín 0.5g / d=0.01g / e=0.1g.
BAL007	Balanza Digital	Setra	HI-4100S		3158629	1	NO	Máx 410g / Mín 0.5g / d=0.01g / e=0.1g.
BAL008	Balanza Torsional			08-10149		1	NO	
BAL009	Balanza	Mettler		08-13219		1	NO	Máx 1000g /Div 1g.
BAL010	Balanza	Mettler		08-10147		1	NO	Máx 800g / Div 0.1g.
BAL011	Balanza	Mettler	P10N			1	NO	Máx 10000g / Div 1g.
BAL012	Balanza	OHAUS				1	NO	
	Balón aforado					5	NO	1->335ml, 1->200ml, 1->1000ml, 2->250ml (1 Roto)
	Balón aforado					1	NO	2000cm3 (con solución de azul de metileno)
	Bandeja de metal					19	NO	
BAN001	Bandeja para det. de peso unit. en campo					1	NO	
BAN002	Bandeja para det. de peso unit. en campo					1	NO	
BAN003	Bandeja para det. de peso unit. en campo					1	NO	
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
	Barras para flexímetro					13	NO	
BFT001	Base final de tamiz					1	SI	
BFT002	Base final de tamiz					1	NO	
BFT003	Base final de tamiz					1	NO	
BFT004	Base final de tamiz					1	NO	
BFT005	Base final de tamiz					1	NO	
BFT006	Base final de tamiz					1	NO	
BFT007	Base final de tamiz					1	NO	
BFT008	Base final de tamiz					1	NO	
BFT009	Base final de tamiz					1	NO	
BCT001	Base para cámara triaxial					1	SI	
BPM001	Base para moldear muestra					1	NO	
BPM002	Base para moldear muestra					1	NO	
BPM003	Base para moldear muestra					1	NO	
	Bata blanca de Laboratorio					11	NO	Manga larga. 5P/S, 2M/M, 4L/G
BAT001	Batidora de cerámica	Mediaspec		08-13254			NO	
BAT002	Batidora de cerámica	Mediaspec		08-13253			NO	
BAT003	Batidora magnética	Gallenkamp		08-25051			NO	
	Bolsa con equipo de pegamento					1	NO	
	Bolsa de clavos 4x6"					1	NO	
	Bolsa de ligas para cabezales					1	NO	
	Bolsa de membrana para triaxial					3	NO	1->50mm, 1->70mm, 1->38mm
	Bolsa de O-ring					3	NO	Para muestras de 1->50mm, 1->70mm, 1->45mm.
	Bolsa o-ring para cámara triaxial					1	NO	
BOM001	Bomba de vacío	Air Admiral	P-79202-00		EE 22827		NO	
BOM002	Bomba de vacío	GE Motors	5KH33DN1 6JX				NO	
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
BOM003	Bomba de vacío	Gast	DOA0185A-AA				NO	
BOB001	Bombona						NO	Gas carbónico
	Bureta					2	NO	
	Bureta graduada					2	NO	25ml.
	Cabezal triaxial nuevo					6	NO	3->70mm, 3->50mm.
	Cabezal triaxial transparente					23	NO	4->70mm, 10->50mm, 9->35mm.
	Cabezales de triaxial					8	NO	3->70mm, 5->50mm.
	Caja de bolsas plásticas	Ziploc				1	NO	
	Caja de filtros de 88m					1	NO	
	Caja de tornillos					3	NO	y accesorios varios
	Caja equipo elemental de mec.	ENOSA					NO	Metálica
CAA001	Cámara de aire y agua	Wykeham Farrance	13000		103768-2		NO	
CAA002	Cámara de aire y agua	Wykeham Farrance	13000		03768-26	1	NO	
CCO001	Cámara de consolidación					1	NO	Con accesorios para 50mm y 35mm.
CCO002	Cámara de consolidación					1	NO	Con accesorios para 50mm y 35mm.
CCO003	Cámara de consolidación					1	NO	Con accesorios para 50mm y 35mm.
CCO004	Cámara de consolidación					1	NO	Con accesorios para 50mm y 35mm.
CCO005	Cámara de consolidación					1	NO	Con accesorios para 50mm y 35mm.
CCO006	Cámara de consolidación					1	NO	Con accesorios para 50mm y 35mm.
CCO007	Cámara de consolidación					1	NO	Con accesorios para 50mm y 35mm.
CCO008	Cámara de consolidación					1	NO	Con accesorios para 50mm y 35mm.
CMC001	Cámara para muestras cuadradas					1	NO	Ensayo de corte
CAT001	Cámara triaxial	GEONOR OSLO NORWAY				1	NO	
CAT002	Cámara triaxial	GEONOR OSLO NORWAY				1	NO	
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
CAT003	Cámara triaxial pequeña	GEONOR OSLO NORWAY				1	NO	
CAT004	Cámara triaxial pequeña	GEONOR OSLO NORWAY				1	NO	
CAT005	Cámara triaxial pequeña	GEONOR OSLO NORWAY				1	NO	
CAT006	Cámara triaxial pequeña	GEONOR OSLO NORWAY				1	NO	
CAT007	Cámara triaxial pequeña	GEONOR OSLO NORWAY				1	SI	
CAT008	Cámara triaxial pequeña	GEONOR OSLO NORWAY				1	NO	
CAT009	Cámara triaxial pequeña	GEONOR OSLO NORWAY				1	NO	
	Camisa para muestra de triaxial					8	NO	1->70mm, 1->80mm, 3->50mm, 3->38mm
CPS001	Careta para soldar					1	NO	
	Carrete de alambre					1	NO	
CDC001	Celda de Carga	HBM	S35-10K	08-55267	3E+07	1	NO	
CDC002	Celda de Carga	HBM	S35-10K		3E+07	1	NO	
CDP001	Celda de presión	Sensotec	LV-8183-18		538473	1	NO	
CDP002	Celda de presión	Sensotec	LV-8183-18		538473	1	NO	
CDP003	Celda de presión					1	NO	
CDP004	Celda de presión					1	NO	
CDP005	Celda de presión					1	NO	
	Cilindro de 1000ml					7	NO	
	Cilindro graduado					7	NO	4->100ml, 1->250ml, 2->25ml
	Cilindro graduado					1	NO	250ml nuevo
	Cinzel					1	NO	
CME001	Cinta métrica de 3m/10ft	Lobster			507004	1	NO	
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
CME002	Cinta métrica de 5m/16ft	Komelon	KCM-73			1	NO	
CME003	Cinta métrica de 5m/16ft	Komelon	KCM-73			1	NO	
CME004	Cinta métrica de 5m/16ft	Levomes				1	NO	Con nivelador de burbuja incluido
CME005	Cinta métrica plegable					1	SI	
CME006	Cinta métrica plegable					1	SI	
CPT001	Compactadora manual					1	NO	
CPR001	Compresor	Rednal Pneumatics-GB	Clase 2		06071-004		NO	
COM001	Computador						NO	Asociado a máquina de corte
COM002	Computador						NO	
DEC001	Conos para medir densidad en campo	Soiltest				1	NO	
DEC002	Conos para medir densidad en campo	Soiltest				1	NO	
DEC003	Conos para medir densidad en campo					1	NO	
CON001	Consolidómetro	GEONOR OSLO NORWAY		08-13235			NO	
CON002	Consolidómetro	GEONOR OSLO NORWAY		08-13236			NO	
CON003	Consolidómetro	GEONOR OSLO NORWAY		08-13237			NO	
CON004	Consolidómetro	GEONOR OSLO NORWAY		08-13238			NO	
CON005	Consolidómetro	Farnell		08-12749	3763		NO	2 aparatos en una mesa
CON006	Consolidómetro	Farnell		08-12748	3762		NO	2 aparatos en una mesa
CRO001	Cronómetro	MACNOPT	1010-94			1	NO	30mín
CRO002	Cronómetro	MACNOPT	1010-94			1	NO	30mín
CRO002	Cronómetro	MACNOPT	1010-94			1	NO	30mín
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
CUA001	Cuartheador	Soiltest	CL 280 A			1	NO	
CUA002	Cuartheador	Sin marca		08-10917		1	SI	
CUA003	Cuartheador	Sin marca				1	SI	
CUA004	Cuartheador	Sin marca				1	NO	
DEA001	Desaireador	MIT-Glaswork Wortheim				1	NO	
DEA002	Desaireador	MIT-Glaswork Wortheim				1	NO	
DEA003	Desaireador	MIT-Glaswork Wortheim				1	NO	
DST001	Destilador	AERATOR			742	1	NO	Desairedor de agua
	Embudo					1	NO	Vidrio
	Embudo					1	NO	Vidrio
	Embudo					1	NO	Plástico
EQU001	Equipo de adquisición de data						NO	Elaborado en el laboratorio
EQU002	Equipo de adquisición de data						NO	Asociado a corte directo
EQU003	Equipo de cambio volumétrico	Wykeham Farrance	17044		104671-16		NO	
EQU004	Equipo de ensayo triaxial dinámico			08-24902			NO	
EQU005	Equipo de permeabilidad	Soiltest				1	NO	Carga variable
EQU006	Equipo de permeabilidad	Soiltest				1	NO	Carga variable
EQU007	Equipo de permeabilidad	Soiltest				1	NO	Carga variable
EQU008	Equipo de permeabilidad	Soiltest				1	NO	Carga variable
EQU009	Equipo			08-13226		1	SI	
ESC001	Escalera de 1m					1	NO	
	Espátula					8	NO	
	Espátula grande					1	NO	
	Espátula pequeña	Humboldt				2	NO	Nuevas
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
	Estante equipo de limpieza de lab.						NO	
	Extensión					2	NO	
FLE001	Flexímetro	Brown&Sharpe				1	NO	Tipo araña
FLE002	Flexímetro digital	ELAP	PLS 505KMR	08-55268			NO	
FLE003	Flexímetro digital	ELAP	PLS 505KMR			1	NO	
FLE004	Flexímetro Grande	Humboldt	46304CV-HUM		7.1E+07	1	NO	0.001", tiene certificado de calibración (10033)
FLE005	Flexímetro Grande	CDI				1	NO	0,001", sin certificado
FLE006	Flexímetro Grande	CDI				1	NO	0,001", sin certificado
FLE007	Flexímetro Grande	CDI				1	NO	0,001", sin certificado
FLE008	Flexímetro Grande	CDI				1	NO	0,001", sin certificado
FLE009	Flexímetro LVDT					1	NO	
FLE010	Flexímetro Pequeño	AMES				1	SI	0.01mm
FLE011	Flexímetro Pequeño	Mitutoyo				1	NO	0.01mm / 0.0001mm
FLE012	Flexímetro Pequeño	Mitutoyo				1	NO	0.01mm / 0.0001mm
FLE013	Flexímetro Pequeño	Mitutoyo				1	NO	0.01mm / 0.0001mm
FLE014	Flexímetro Pequeño	Mitutoyo				1	NO	0.01mm / 0.0001mm
FLE015	Flexímetro Pequeño	Mitutoyo				1	NO	0.01mm / 0.0001mm
FLE016	Flexímetro Pequeño	A/S Lowener				1	NO	
FLE017	Flexímetro Pequeño	A/S Lowener				1	NO	
FLE018	Flexímetro Pequeño	CSE				1	NO	
FLE019	Flexímetro Pequeño	CSE				1	NO	
FLE020	Flexímetro Pequeño	Farnell				1	NO	
FLE021	Flexímetro Pequeño	RochFrance				1	NO	
FLE022	Flexímetro Pequeño	Federal				1	NO	
	Frasco con NaCl					1	NO	
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
	Frasco graduado					1	NO	1000ml
	Frascos de vidrio para det. de peso unit. en campo					6	NO	
GDF001	Generador de frecuencia	PHILIPS	PM 5132	08-30612	9445 051 32008	1	NO	
HID001	Hidrómetro					1	NO	
HID002	Hidrómetro					1	NO	
HID003	Hidrómetro					1	NO	
HID004	Hidrómetro					1	NO	
HID005	Hidrómetro					1	NO	
HID006	Hidrómetro					1	NO	
	Hongo					1	NO	
HOR001	Horno			08-13233		1	NO	Horno azul grande
HOR002	Horno	Memmert		08-13251		1	NO	Horno blanco pequeño
HOR003	Horno Microondas	Sanyo				1	NO	
HOR004	Horno Microondas	Emerson	MW8675W		H7NF	1	NO	
HOR005	Horno	Heraeus		08-25142		1	NO	
HOR006	Horno	Memmert		08-25077		1	NO	
PES001	Kit de pesas	OHAUS				1	SI	2g, 50g, 100g, 2->200g, 300g
PES002	Kit de pesas	OHAUS				1	SI	30g, 20g, 50g, 100g, 200g
	Llave de paso					5	NO	
	Llave de prensa					6	NO	
	Llave de tubo 12"	BELLOTA				1	NO	
	Manguera					1	NO	5m
MNM001	Manómetro	Pennwalt Wallace&Tiernan	62A-2A- 0300Q	08-24896	ZZ12793	1	NO	
MNM002	Manómetro	EMPEO				1	NO	
MNM003	Manómetro					1	NO	
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
MNM004	Manómetro	Duradauge				1	SI	
MNM005	Manómetro	TUBE				1	SI	
MNM006	Manómetro	TG				1	NO	
MNM007	Manómetro	TG				1	NO	
MNM008	Manómetro					1	NO	
MNM009	Manómetro					1	NO	
CGA001	Máquina CasaGrande automática	Humbolt	H-4226		191		NO	ASTM D4318
CGM001	Máquina Casagrande Manual	Soiltest	CL-207			1	SI	
CGM002	Máquina Casagrande Manual	Soiltest	CL-207			1	NO	
CGM003	Máquina Casagrande Manual	Soiltest	CL-207			1	NO	
CGM004	Máquina Casagrande Manual	Soiltest	CL-207			1	NO	
CGM005	Máquina Casagrande Manual	Soiltest	CL-207			1	NO	
CGM006	Máquina Casagrande Manual	Humboldt		08-13244			SI	
CGM007	Máquina Casagrande Manual	Humboldt		08-12711			NO	
MCA001	Máquina para compactación automática	Baldor			W2-96	1	NO	
MCD001	Máquina de corte directo	Wykeham Farrance	25403		103318	1	NO	
MTM001	Máquina para tallar muestras					1	NO	Muestras en anillo, con accesorios de 70mm y 50mm
MTM002	Máquina para tallar muestras					1	NO	Ensayo de compresión, con accesorios de 70mm y 50mm
MDC001	Martillo de Compactación					1	NO	
MDC002	Martillo de Compactación					1	NO	
MDC003	Martillo de Compactación					1	NO	
MDS001	Martillo de Smith	Testlab				1	NO	
	Matraz					2	NO	
	Matraz con boquilla					2	NO	1000ml
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
	Medidor de tamiz					1	NO	
	Membrana de 101mm					2	NO	
	Mini tamiz					5	NO	
	Molde de 35mm					3	NO	Con sus accesorios. Para remoldear
	Molde de 50mm					2	NO	Con sus accesorios. Para remoldear
	Molde 6" para compactación					20	NO	Con accesorios
	Molde 4" para compactación					7	NO	Con accesorios
	Mortero					4	NO	de cerámica
	Mortero de cerámica					4	NO	Nuevos
	Muestra						NO	De accesorios varios (o-ring, membranas,etc)
	Nivel de burbuja					3	NO	
	Palas					5	NO	2 pequeñas, 2 medianas, 1 grande.
	Pega loca					2	NO	
PEN001	Penetrómetro					1	NO	
PEN002	Penetrómetro de Bolsillo	Testlab	F-560			1	NO	
PEN003	Penetrómetro de Bolsillo	Humboldt	H4200			1	NO	Nuevo
PEN004	Penetrómetro Grande					1	NO	
PEN005	Penetrómetro para corte	Soiltest				1	NO	Corte en campo
PRF001	Perforadora manual					1	NO	A percusión, con sus accesorios
PRM001	Permeámetro					1	SI	
PRM002	Permeámetro					1	NO	
PRM003	Permeámetro					1	NO	
PRM004	Permeámetro					1	NO	
PRM005	Permeámetro					1	NO	
PES003	Pesa de calibración					1	NO	
PES004	Peso	Chatillon				1	SI	5lbs (incompleto)
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
PES005	Peso de 1 1/4Kg					1	NO	Negra
PES006	Peso de 1 1/4Kg					1	NO	Negra
PES007	Peso de 1 1/4Kg					1	NO	Negra
PES008	Peso de 1 1/4Kg					1	NO	Negra
PES009	Peso de 1 1/4Kg					1	NO	Negra
PES010	Peso de 100g					1	NO	Plateada pequeña
PES011	Peso de 100g					1	NO	Plateadas plana
PES012	Peso de 100g					1	NO	Plateadas plana
PES013	Peso de 100g					1	NO	Plateadas plana
PES014	Peso de 100g					1	NO	Plateadas plana
PES015	Peso de 100g					1	NO	Plateadas plana
PES016	Peso de 100g					1	NO	Plateadas plana
PES017	Peso de 100g					1	NO	Plateadas plana
PES018	Peso de 100g					1	NO	Plateadas plana
PES019	Peso de 100g					1	NO	Plateadas plana
PES020	Peso de 100g					1	NO	Plateadas plana
PES021	Peso de 100g					1	NO	Plateadas plana
PES022	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES023	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES024	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES025	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES026	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES027	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES028	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES029	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES030	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
PES031	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES032	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES033	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES034	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES035	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES036	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES037	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES038	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES039	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES040	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES041	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES042	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES043	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES044	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES045	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES046	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES047	Peso de 10Kg					1	NO	Plateada
PES048	Peso de 10Kg					1	NO	Negra
PES049	Peso de 10Kg					1	NO	Negra
PES050	Peso de 10Kg					1	NO	Negra
PES051	Peso de 10Kg					1	NO	Negra
PES052	Peso de 10Kg					1	NO	Negra
PES053	Peso de 10Kg	Farnell				1	NO	Negra
PES054	Peso de 10Kg	Farnell				1	NO	Negra
PES055	Peso de 10Kg	Farnell				1	NO	Negra
PES056	Peso de 10Kg	Farnell				1	NO	Negra
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
PES057	Peso de 10Kg	Farnell				1	NO	Negra
PES058	Peso de 10Kg	Farnell				1	NO	Negra
PES059	Peso de 16Kg					1	NO	Rectangular
PES060	Peso de 16Kg					1	NO	Rectangular
PES061	Peso de 16Kg					1	NO	Rectangular
PES062	Peso de 1Kg					1	NO	Verde
PES063	Peso de 1Kg					1	NO	Verde
PES064	Peso de 1Kg					1	NO	Verde
PES065	Peso de 1Kg					1	NO	Verde
PES066	Peso de 1Kg					1	NO	Verde
PES067	Peso de 1Kg					1	NO	Verde
PES068	Peso de 1Kg					1	NO	Verde
PES069	Peso de 1Kg					1	NO	Verde
PES070	Peso de 1Kg					1	NO	Negra
PES071	Peso de 1Kg					1	NO	Negra
PES072	Peso de 1Kg					1	NO	Negra
PES073	Peso de 1Kg					1	NO	Negra
PES074	Peso de 1Kg					1	NO	Negra
PES075	Peso de 1Kg					1	NO	Negra
PES076	Peso de 1Kg					1	NO	Plateada
PES077	Peso de 1Kg					1	NO	Plateada
PES078	Peso de 1Kg					1	NO	Plateada
PES079	Peso de 1Kg					1	NO	Hexagonal
PES080	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES081	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES082	Peso de 250g					1	NO	Plateada
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
PES083	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES084	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES085	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES086	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES087	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES088	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES089	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES090	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES091	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES092	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES093	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES094	Peso de 250g					1	NO	Plateada
PES095	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES096	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES097	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES098	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES099	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES100	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES101	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES102	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES103	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES104	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES105	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES106	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES107	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
PES108	Peso de 2Kg					1	NO	Verde
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
PES109	Peso de 2Kg					1	NO	Negra
PES110	Peso de 2Kg					1	NO	Negra
PES111	Peso de 2Kg					1	NO	Negra
PES112	Peso de 2Kg					1	NO	Negra
PES113	Peso de 2Kg					1	NO	Negra
PES114	Peso de 2Kg					1	NO	Hexagonal
PES115	Peso de 2Kg					1	NO	
PES116	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES117	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES118	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES119	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES120	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES121	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES122	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES123	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES124	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES125	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES126	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES127	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES128	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES129	Peso de 4Kg					1	NO	Verde
PES130	Peso de 4Kg					1	NO	Negra
PES131	Peso de 4Kg					1	NO	Negra
PES132	Peso de 500g					1	NO	Plateada pequeña
PES133	Peso de 500g					1	NO	Plateada pequeña
PES134	Peso de 500g					1	NO	Plateada pequeña
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
PES135	Peso de 500g					1	NO	Plateada pequeña
PES136	Peso de 500g					1	NO	Plateada pequeña
PES137	Peso de 500g					1	NO	Plateada pequeña
PES138	Peso de 500g					1	NO	Plateada pequeña
PES139	Peso de 500g					1	NO	Plateada pequeña
PES140	Peso de 500g					1	NO	Negra
PES141	Peso de 500g					1	NO	Negra
PES142	Peso de 500g					1	NO	Negra
PES143	Peso de 500g					1	NO	Negra
PES144	Peso de 500g					1	NO	Negra
PES145	Peso de 500g					1	NO	Negra
PES146	Peso de 50g					1	NO	Plateada
PES147	Peso de 50g					1	NO	Plateada
PES148	Peso de 50g					1	NO	Plateada
PES149	Peso de 50g					1	NO	Plateada
PES150	Peso de 50g					1	NO	Plateada
PES151	Peso de 5Kg					1	NO	Negra
PES152	Peso de 5Kg					1	NO	Negra
PES153	Peso de 5Kg					1	NO	Negra
PES154	Peso de 6Kg					1	NO	Verde
PES155	Peso de 6Kg					1	NO	Verde
PES156	Peso de 6Kg					1	NO	Verde
PES157	Peso de 6Kg					1	NO	Verde
PES158	Peso de 6Kg					1	NO	Verde
PES159	Peso de 6Kg					1	NO	Verde
PES160	Peso de 6Kg					1	NO	Verde
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
PES161	Peso de 6Kg					1	NO	Verde
PES162	Peso de 8Kg					1	NO	Negra
PES163	Peso de 8Kg					1	NO	Negra
PCN001	Picnómetro de aire	Tonindustrie		08-13271			SI	Con 1 manómetro. Manual de uso (archivo laboratorio).
PCN002	Picnómetros					1	NO	50ml
PCN003	Picnómetros					1	NO	50ml
PCN004	Picnómetros					1	NO	50ml
PCN005	Picnómetros					1	NO	50ml
PCN006	Picnómetros					1	NO	100ml
PCN007	Picnómetros					1	NO	100ml
PCN008	Picnómetros					1	NO	100ml
	Pico	Bellota				1	NO	
	Piedra porosa de 26mm					1	NO	
	Piedra porosa de 32mm					4	NO	
	Piedra porosa de 35.5mm					11	NO	
	Piedra porosa de 38mm					1	NO	
	Piedra porosa de 41.3mm					4	NO	
	Piedra porosa de 41mm					10	NO	Nuevas
	Piedra porosa de 45mm					1	NO	
	Piedra porosa de 49.1mm					10	NO	
	Piedra porosa de 50mm					10	NO	Nuevas
	Piedra porosa de 54mm					12	NO	Nuevas
	Piedra porosa de 55mm					1	NO	
	Piedra porosa de 61mm					1	NO	
	Piedra porosa de 70mm					6	NO	Nuevas
	Piedra porosa de 75mm					5	NO	
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
	Piedra porosa de 77mm					2	NO	
	Piedra porosa de 88mm					2	NO	
	Pinza					5	NO	
	Pipeta graduada					10	NO	4->25ml, 4->10ml, 1->100ml, 1->30ml
	Pipeta volumétrica					2	NO	1->20ml, 1->25ml
	Pipotes de 85lts					7	NO	De plástico
	Pistola de silicon	U.L.S.A.	PIS-04			1	NO	
	Pistón de triaxial					2	NO	
	Pistón de triaxial					3	NO	
	Pistón hidráulico					1	NO	
PLP001	Plato de presión						NO	
	Plomada					1	NO	
	Polea					6	NO	
	Ponchera					1	NO	
	Pote 3 en 1					1	NO	
	Pote de azul de metileno					1	NO	
PRN001	Prensa	Soiltest Incorporated	U-130	08-13252			SI	
PRN002	Prensa	Soiltest Incorporated	U-131	08-10143			SI	
PRN003	Prensa Hidráulica	Clockhouse		08-13228			NO	
PRN004	Prensa Hidráulica	Farnell	350				NO	Para carga estática. Especificaciones y Manual de uso.
	Ranurador	CONTROLS				10	NO	Nuevos
	Ranurador					13	NO	
	Recipientes					3	NO	Balones con recipiente superior
REG001	Regulador de Voltaje	BK Precision	1760		2670200/ 0369		NO	Manual de uso (archivo laboratorio).
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
	Removedores					9	NO	
	Retén para cámara triaxial					8	NO	
	Saca muestra					1	NO	Elaborado en el laboratorio
SEC001	Secador de pelo					1	NO	
	Segueta de alambre					2	NO	Para cortar muestras
	Sujetador (Perro)					8	NO	3->Nuevos
	Sujetador de flexímetro	Humboldt				1	NO	
TAT001	Tablero de Triaxial	Varias		08-24901			NO	
	Taco de madera					5	NO	
	Talco	Mennen				1	NO	
TAM001	Tamiz #200					1	SI	
TAM002	Tamiz #10	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM003	Tamiz #10	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM004	Tamiz #200					1	SI	
TAM005	Tamiz #100	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM006	Tamiz #100	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM007	Tamiz #100	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM008	Tamiz #100	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM009	Tamiz #100	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM010	Tamiz #200					1	SI	
TAM011	Tamiz #12	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM012	Tamiz #200					1	SI	
TAM013	Tamiz #120	Normatest				1	NO	
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
TAM014	Tamiz #200					1	SI	
TAM015	Tamiz #14	Normatest				1	NO	
TAM016	Tamiz #200					1	SI	
TAM017	Tamiz #140	Normatest				1	NO	
TAM018	Tamiz #140	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM019	Tamiz #200					1	SI	
TAM020	Tamiz #16	Mecánica Científica S.A.				1	NO	
TAM021	Tamiz #100					1	SI	
TAM022	Tamiz #170	Normatest				1	NO	
TAM023	Tamiz #170	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM024	Tamiz #200					1	SI	
TAM025	Tamiz #18	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM026	Tamiz #18	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM027	Tamiz 1 1/4"	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM028	Tamiz #20	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM029	Tamiz #20	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM030	Tamiz #20	Normatest				1	NO	
TAM031	Tamiz 1 1/4"	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM032	Tamiz #200	Sin marca				1	NO	
TAM033	Tamiz #200	Mecánica Científica S.A.				1	NO	
TAM034	Tamiz #200	Test-Sieve ASTM				1	NO	
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
TAM035	Tamiz #200	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM036	Tamiz #200	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM037	Tamiz #200	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM038	Tamiz #230					1	SI	
TAM039	Tamiz #230	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM040	Tamiz #230	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM041	Tamiz #230	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM042	Tamiz 1 3/4"	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM043	Tamiz #25	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM044	Tamiz #25	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM045	Tamiz 1"	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM046	Tamiz #30	The tayler standard				1	NO	
TAM047	Tamiz #30	Proeti S.A.				1	NO	
TAM048	Tamiz #30	Mecánica Científica S.A.				1	NO	
TAM049	Tamiz #30	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM050	Tamiz #325	Sin marca				1	NO	
TAM051	Tamiz 1"	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM052	Tamiz #35	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM053	Tamiz #35	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM054	Tamiz 1"	Normatest				1	NO	
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
TAM055	Tamiz #4	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM056	Tamiz #4	Sin marca				1	NO	
TAM057	Tamiz #4	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM058	Tamiz 1/2"	Mecánica Científica S.A.	Serie ASTM			1	NO	
TAM059	Tamiz #40	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM060	Tamiz #40	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM061	Tamiz #44	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM062	Tamiz 1/2"	Normatest				1	NO	
TAM063	Tamiz #50	Mecánica Científica S.A.				1	NO	
TAM064	Tamiz #50	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM065	Tamiz 1/2"	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM066	Tamiz #6	Normatest				1	NO	
TAM067	Tamiz 1/2"	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM068	Tamiz #60	Normatest				1	NO	
TAM069	Tamiz 1/4"	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM070	Tamiz #8	Mecánica Científica S.A.				1	NO	
TAM071	Tamiz #8	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM072	Tamiz #8	The taylor standard				1	NO	
TAM073	Tamiz 1/4"	Normatest				1	NO	
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
TAM074	Tamiz #80	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM075	Tamiz #80	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM076	Tamiz #80	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM077	Tamiz #80	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM078	Tamiz #80	Normatest				1	NO	
TAM079	Tamiz 1/4"	Sin marca				1	NO	
TAM080	Tamiz 1 1/2"	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM081	Tamiz 1 1/2"	Normatest				1	NO	
TAM082	Tamiz 1/4"	Mecánica Científica S.A.				1	NO	
TAM083	Tamiz 2 1/2"	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM084	Tamiz 2"	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM085	Tamiz 2"	Normatest				1	NO	
TAM086	Tamiz 3/4"	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM087	Tamiz 3/4"	Normatest				1	NO	
TAM088	Tamiz 3/8"	U.S. Standard Sieve Series				1	NO	
TAM089	Tamiz 3/8"	Test-Sieve ASTM				1	NO	
TAM090	Tamiz 3/8"	Normatest				1	NO	
TAM091	Tamiz sin numeración					1	SI	
TAM092	Tamiz sin numeración					1	SI	
TDT001	Tapa de tamiz					1	NO	Nueva
TDT002	Tapa de tamiz					1	NO	Nueva
TDT003	Tapa de tamiz					1	NO	Nueva
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
TDT004	Tapa de tamiz					1	NO	Nueva
TDT005	Tapa de tamiz					1	NO	
TDT006	Tapa de tamiz					1	NO	
TDT007	Tapa de tamiz					1	NO	
	Tara de cerámica					5	NO	
	Tara de cerámica					6	NO	Cápsula de 190. Nuevas
	Taras de aluminio					99	NO	
	Taras mini					13	NO	de cerámica
TER001	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	94F-108F, apreciación 0.2F
TER002	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	203F-218F, apreciación 0.2F
TER003	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	203F-218F, apreciación 0.2F
TER004	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	120F-134F, apreciación 0.2F
TER005	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	120F-134F, apreciación 0.2F
TER006	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	134F-148F, apreciación 0.2F
TER007	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	134F-148F, apreciación 0.2F
TER008	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	79°C-87°C, apreciación 0.2°C
TER009	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	79°C-87°C, apreciación 0.2°C
TER010	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	49°C-57°C, apreciación 0.2°C
TER011	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	49°C-57°C, apreciación 0.2°C
TER012	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	34°C-42°C, apreciación 0.2°C
TER013	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	57°C-65°C, apreciación 0.2°C
TER014	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	174F-188F, apreciación 0.2F
TER015	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	174F-188F, apreciación 0.2F
TER016	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	66F-80F, apreciación 0.2F
TER017	Termómetro	ETCHED Stem				1	NO	66F-80F, apreciación 0.2F
TER018	Termómetro	Total Immersion				1	NO	0°C-110°C, apreciación 0.2°C
N.B. / V.D.								

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
TER019	Termómetro digital					1	NO	Nuevo
TER020	Termómetro digital					1	NO	Nuevo
TER021	Termómetro digital					1	NO	Nuevo
TER022	Termómetro digital					1	NO	Nuevo
TER023	Termómetro digital					1	NO	Nuevo
TER024	Termómetro	Marienfeld				1	NO	8°C-34°C
TER025	Termómetro	Marienfeld				1	NO	8°C-34°C
TER026	Termómetro	Marienfeld				1	NO	8°C-34°C
TSN001	Transductor	Transducer Techniques	SBO-2K		108787		NO	Cap. 2000lbs / Celda de carga
	Tubo con copa					1	NO	
	Tubo doblado					2	NO	
	Tubos					3	NO	
	Tubos de ensayo					3	NO	
	Tubos graduados					2	NO	1->25ml, 1->10ml
	Válvula					4	NO	Para equipos varios
	Válvula de cámara					1	NO	
	Varillas					3	NO	Accesorio cámara de corte
	Vaso precipitado					3	NO	2->200ml, 1->80ml
VER001	Vernier				300-058		NO	
VER002	Vernier	Mitutoyo			519-600		NO	Nuevo (sin abrir), 1mm
VER003	Vernier	SOMET				1	NO	
VER004	Vernier					1	NO	
N.B. / V.D.								

II.A.2. CRONOGRAMA DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACIÓN

El crear un cronograma de calibración y/o verificación, no formó parte de los objetivos propuestos para esta investigación, sin embargo, debido a la importancia que se le da a este aspecto en el apartado 2.5.2. de la propuesta, se incorporó la elaboración de tal documento como aporte de este trabajo.

Cabe destacar que gracias a haber realizado el inventario, se pudo realizar un cronograma de calibración detallado, en donde se indican, en caso de poseerlas, las fechas de la última calibración o verificación de los equipos involucrados en los ensayos desarrollados en este trabajo, así mismo se indica cuáles equipos y cuándo deben ser calibrados y/o verificados. Para identificar físicamente los equipos que requieren de una calibración o verificación, cumpliendo con lo estipulado en los apartados 2.5.4. y 2.5.5. de la propuesta, se crearon etiquetas del estado del equipo, y de las fechas de calibración (última y de vencimiento).

A continuación se presenta el cronograma elaborado:

Tabla III. Cronograma de calibración y/o verificación.

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009					
CÓDIGO	INSTRUMENTO	CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN	FECHA		OBSERVACIONES
			ÚLTIMA	PRÓXIMA	
ANI006	Anillo de carga	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
ANI007	Anillo de carga	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
ANI008	Anillo de carga	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
ANI009	Anillo de carga	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
ANI010	Anillo de carga	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
ANI011	Anillo de carga	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
ANI012	Anillo de carga	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
BAL002	Balanza	SI	26/10/2007		
BAL003	Balanza Análoga	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
BAL004	Balanza Análoga	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
BAL005	Balanza Digital	SI	08/02/1995		
N.B. / V.D.					

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009					
CÓDIGO	INSTRUMENTO	CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN	FECHA		OBSERVACIONES
			ÚLTIMA	PRÓXIMA	
BAL006	Balanza Digital	SI	24/10/2007		
BAL007	Balanza Digital	SI	16/11/2007		
BAL008	Balanza Torsional	SI	16/11/2007		
FLE006	Flexímetro LVDT	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
FLE008	Flexímetro Pequeño	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
FLE009	Flexímetro Pequeño	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
FLE010	Flexímetro Pequeño	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
FLE011	Flexímetro Pequeño	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
FLE012	Flexímetro Pequeño	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
FLE013	Flexímetro Pequeño	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
FLE014	Flexímetro Pequeño	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
FLE015	Flexímetro Pequeño	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
FLE016	Flexímetro Pequeño	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
FLE017	Flexímetro Pequeño	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
FLE018	Flexímetro Pequeño	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
FLE019	Flexímetro Pequeño	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
HOR001	Horno	SI	18/04/2008		
HOR002	Horno	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES005	Peso de 1 1/4Kg	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES006	Peso de 1 1/4Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES007	Peso de 1 1/4Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES008	Peso de 1 1/4Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES009	Peso de 1 1/4Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES010	Peso de 100g	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES011	Peso de 100g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES012	Peso de 100g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES013	Peso de 100g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES014	Peso de 100g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES022	Peso de 10Kg	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES023	Peso de 10Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
N.B. / V.D.					

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009					
CÓDIGO	INSTRUMENTO	CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN	FECHA		OBSERVACIONES
			ÚLTIMA	PRÓXIMA	
PES024	Peso de 10Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES025	Peso de 10Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES026	Peso de 10Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES059	Peso de 16Kg	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES060	Peso de 16Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES061	Peso de 16Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES062	Peso de 1Kg	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES064	Peso de 1Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES065	Peso de 1Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES066	Peso de 1Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES080	Peso de 250g	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES081	Peso de 250g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES082	Peso de 250g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES083	Peso de 250g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES084	Peso de 250g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES095	Peso de 2Kg	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES096	Peso de 2Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES097	Peso de 2Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES098	Peso de 2Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES099	Peso de 2Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES116	Peso de 4Kg	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES117	Peso de 4Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES118	Peso de 4Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES119	Peso de 4Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES120	Peso de 4Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES132	Peso de 500g	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES133	Peso de 500g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES134	Peso de 500g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES135	Peso de 500g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES136	Peso de 500g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES146	Peso de 50g	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES147	Peso de 50g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES148	Peso de 50g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES149	Peso de 50g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES150	Peso de 50g	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES151	Peso de 5Kg	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES152	Peso de 5Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
N.B. / V.D.					

Laboratorio de Suelos IMME-UCV / Marzo 2009					
CÓDIGO	INSTRUMENTO	CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN	FECHA		OBSERVACIONES
			ÚLTIMA	PRÓXIMA	
PES153	Peso de 5Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES154	Peso de 6Kg	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES155	Peso de 6Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES156	Peso de 6Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES157	Peso de 6Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES158	Peso de 6Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
PES162	Peso de 8Kg	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
PES163	Peso de 8Kg	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
TAM055	Tamiz #4	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
TAM056	Tamiz #4	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
TAM057	Tamiz #4	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
TAM086	Tamiz 3/4"	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
TAM087	Tamiz 3/4"	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
TAM088	Tamiz 3/8"	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
TAM080	Tamiz 3/8"	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
TAM090	Tamiz 3/8"	NO	-	INMEDIATA	VERIFICAR
TSN001	Transductor	NO	-	INMEDIATA	CALIBRAR
N.B. / V.D.					

II.B. MÉTODOS DE ENSAYO Y FORMATOS DE REGISTRO

En el Laboratorio de Suelos del IMME, desde hace más de 20 años, se utiliza la Guía de Laboratorio de Mecánica de Suelos, desarrollada por el profesor Celso Ugas. Este documento presenta los métodos para la ejecución de los ensayos que se realizan en el laboratorio, los cuales están basados en normas ASTM de la época. Siendo que estas normas no han evolucionado significativamente, el personal docente y técnico involucrado en las actividades del laboratorio han continuado trabajando con el documento original.

En realidad, al comparar los métodos descritos en la Guía del profesor Ugas con los generados en este trabajo a partir de las normas ASTM vigentes, se puede apreciar que no varían considerablemente, aunque las normas

actuales son más específicas en algunos aspectos. La propuesta en el apartado 2.4.2., indica que deben utilizarse métodos publicados en normas internacionales, regionales o nacionales, asegurando que sean de la última versión vigente. Por lo tanto, se generaron los métodos de ensayo, utilizando las normas ASTM internacional vigentes para cada uno de los ensayos a ser acreditados.

Es importante resaltar que la elaboración de estos métodos implicó un esfuerzo importante de este trabajo debido a la necesaria familiarización con el funcionamiento de los equipos, dispositivos y procedimientos para una correcta interpretación de los textos durante la traducción de las normas, las cuales se editan en inglés.

En cuanto a los formatos de registro, en el laboratorio se emplean formatos de registro de datos no actualizados, que resultan incompletos para algunas de las exigencias de las normas ASTM vigentes. Por tal motivo, se realizó igualmente una actualización de los formatos incluyendo las especificaciones contempladas en la normativa vigente.

ENSAYO: Compresión sin confinar en muestras de suelo cohesivos.

1. **Objeto:** Determinar la resistencia a la compresión no confinada en muestras de suelo cohesivos intactas, remoldeadas o reconstituidas.
2. **Alcance:** Muestras de materiales cohesivos, que no escurran o expelan agua durante la aplicación de carga, tales como arcillas o suelos cementados.
3. **Responsables:** Director del IMME.

4. **Definiciones y siglas:**

- 4.1. Resistencia a la compresión no confinada (q_u): Esfuerzo de compresión no confinada en el que una muestra cilíndrica de suelo fallará al ensayo de compresión simple. En este método de ensayo, la resistencia a la compresión no confinada es tomada como la máxima carga alcanzada por unidad de área o la carga por unidad de área al 15% de esfuerzo axial, lo que es garantizado durante la realización de un ensayo.
- 4.2. Resistencia al corte (S_u): Resistencia de la compresión no confinada de las muestras de ensayo, la resistencia al corte es calculada con $\frac{1}{2}$ del esfuerzo de compresión de falla, como es definido en el punto 1.

5. **Referencias Normativas:** ASTM D 2166 - 06

6. **Equipos e instrumentos:**

- 6.1. Prensa.
- 6.2. Saca muestras (Sample Extruder).
- 6.3. Vernier.
- 6.4. Flexímetro para medir deformaciones verticales con apreciación de 0.001 pulgadas.
- 6.5. Balanza.

6.6. Horno.

6.7. Cronómetro o reloj segundero.

6.8. Molde cilíndrico metálico con todas sus piezas, esto en el caso de preparar muestras remoldeadas.

6.9. Martillo de compactación, en el caso de ensayar muestras compactadas.

6.10. Torno manual o motorizado.

6.11. Cuchillos, espátula, sierra con hilo de acero, recipientes.

7. Preparación de la muestra:

Las muestras deben tener un diámetro mínimo de 30mm; adicionalmente el tamaño de partícula más grande contenido en la muestra a ser ensayada, debe ser menor que una décima parte del diámetro de la muestra.

Para muestras que tengan un diámetro igual o superior a 72mm, el tamaño de partícula más grande debe ser menor a una sexta parte del diámetro de la muestra.

Si luego de terminar el ensayo de una muestra no perturbada, basándose en una observación, se encuentra que el tamaño de las partículas es mayor al permitido, esto debe ser anotado en la hoja de reporte (Se le debe realizar un análisis de tamaño de partículas de acuerdo al método D6913, con la intención de corroborar la identificación visual y los resultados obtenidos en el ensayo).

La relación de esbeltez de la muestra debe oscilar entre 2 y 2.5. Mediante el uso del vernier, a cada muestra se le deben realizar al menos tres mediciones de altura y tres de diámetro.

7.1. Muestras no perturbadas.

7.1.1. En caso de obtener muestras cilíndricas, estas deben ser ensayadas sin ser cortadas, excepto por las irregularidades de los extremos y si las condiciones de la muestra lo justifican. Se hace necesario manejar la muestra cuidadosamente para prevenir

perturbaciones, cambios en la sección principal o pérdida en el contenido de humedad.

7.1.2. Preparar muestras talladas con perturbación mínima y en la medida de lo posible, en una habitación con humedad controlada. Se debe hacer todo lo necesario para evitar cambios en el contenido de humedad del suelo.

7.1.3. Las muestras deben ser de sección circular uniforme, y sus extremos deben ser perpendiculares a la dirección longitudinal de la muestra.

7.1.4. Durante el tallado, remover aquellas pequeñas irregularidades encontradas en la muestra. Rellenar cuidadosamente las aberturas encontradas con suelo remoldeado obtenido de los cortes previos.

7.1.5. Cuando en los extremos de la muestra las irregularidades son excesivas, tapar la muestra con un espesor mínimo de yeso o un material similar.

7.1.6. Tallar la muestra haciendo uso del torno para emparejar respectivamente la superficie lateral y los extremos de la muestra cilíndrica con las dimensiones requeridas en diámetro y altura.

7.1.7. Cuando se determina que es posible la acción de fuerzas capilares, inmediatamente después de haber terminado la muestra y durante el ensayo, esta se debe sellar con una membrana o papel plástico.

7.1.8. Determinar el peso y las dimensiones de la muestra, registrándolos en el formato de registro COMPRESIÓN NO CONFINADA I (04/09). Si la muestra va a ser sellada, realizar la medición antes de que esto ocurra.

7.1.9. En el caso de que no se use toda la muestra para la obtención del contenido de humedad, guardar una porción aparte para tal fin.

7.2. Muestras remoldeadas o perturbadas.

7.2.1. Las muestras pueden remodelarse a partir del material proveniente de una muestra no perturbada ya ensayada, o a partir de una muestra perturbada. En el caso de muestras no perturbadas ya ensayadas, envolver el material en una membrana de goma y desterronarlo vigorosamente con los dedos hasta asegurarse que se disgregue el material. Se debe evitar que quede aire atrapado en la muestra durante la compactación y procurar obtener una densidad uniforme. Para formar la muestra se utilizará un molde de sección circular con las dimensiones requeridas.

7.2.2. Una vez extraída la muestra del molde, determinar el peso y las dimensiones del espécimen, registrándolos en el formato de registro COMPRESIÓN NO CONFINADA I (04/09).

7.3. Muestras reconstituidas.

7.3.1. Las muestras deben ser preparadas con un contenido de humedad y densidad estipuladas para el ensayo. Una vez que la muestra esté colocada en el molde, cortar los extremos de forma perpendicular a la dirección longitudinal, retirar del molde y determinar el peso y las dimensiones del espécimen.

8. Método de ensayo:

8.1. Colocar la muestra en el aparato de ensayos con su eje vertical, centrado con la plataforma de cargas. Ajustar el equipo cuidadosamente, de tal forma que el plato superior de la prensa apenas haga contacto con la muestra.

8.2. Fijar las lecturas iniciales o lecturas cero en el flexímetro del anillo de carga y en el flexímetro de deformación vertical.

8.3. Aplicar la carga vertical, de tal forma que se produzcan deformaciones verticales con una rata que oscile entre el 0.5 y 2%. Poner en marcha el cronómetro para determinar la duración del ensayo. La

velocidad debe ser tal que la rotura se produzca en no menos de 5 minutos ni más de 15.

8.4. Si no se dispone de un sistema automatizado de adquisición de datos, efectuar lecturas de carga, deformación vertical y tiempo, en suficientes intervalos que permitan definir de 10 a 15 puntos de la curva esfuerzo-deformación. Para el registro de los datos utilice el formato COMPRESIÓN NO CONFINADA II (04/09). Comprimir la muestra hasta que los valores de carga disminuyan junto con el incremento de los valores de deformación, o hasta que se obtenga un 15% de deformación vertical de la muestra.

8.5. Indicar el rango de deformación en la hoja de reporte.

8.6. Determinar el contenido de humedad de la muestra utilizándola toda, a menos que se obtengan cortes representativos durante el tallado, tal como en el caso de muestras no perturbadas.

8.7. Realice un esquema de la rotura de la muestra o Tome una foto de la muestra una vez ensayada, mostrando el ángulo de la superficie de falla.

9. Fórmulas y modos de cálculo:

9.1. Calcular la deformación axial (ϵ_1), con una aproximación de 0,1%, para una determinada carga aplicada, de la siguiente manera:

$$\epsilon_1 = \frac{\Delta L}{L_0}$$

donde:

ΔL = cambio de longitud de la muestra según las lecturas de deformación (mm o in.).

L_0 = longitud inicial de la muestra ensayada (mm o in.).

9.2. Calcular el área media de la sección transversal (A) para una determinada carga aplicada, de la siguiente manera:

$$A = \frac{A_0}{1 - \epsilon_1}$$

donde:

A_0 = área media inicial de la sección transversal de la muestra (mm^2 o in^2).

ϵ_1 = deformación axial para cada carga (%).

9.3. Calcular el esfuerzo de compresión (σ_0) con tres cifras significativas, o más cercana a 1kPa (0.01 ton/ft²), para una determinada carga aplicada, de la siguiente manera:

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

donde:

P = carga aplicada dada (kPa o ton/ft²).

A = área media correspondiente a la sección transversal (mm^2 o in^2).

9.4. Gráfico: Si lo desea, realizar un gráfico que muestre la relación entre el esfuerzo de compresión (ordenada) y la deformación axial (abscisa). Seleccione el valor máximo de esfuerzo de compresión, o el esfuerzo de compresión axial en el 15% de deformación axial, según lo que ocurra primero, y reportarlo como resistencia a la compresión no confinada (q_u). Cuando se considera necesario para la correcta interpretación, incluir el gráfico de esfuerzo-deformación como parte de los datos reportados.

9.5. Si para una misma muestra se determina la resistencia a la compresión en estado no perturbado y luego en estado remoldeado, determinar la sensibilidad (S_T) como sigue:

$$S_T = \frac{q_u(\text{muestra no perturbada})}{q_u(\text{muestra remoldeada})}$$

10. Consideraciones de seguridad, higiene y ambiente:

Cumplir con las normas expuestas en el “Manual de Seguridad e Higiene en el Laboratorio”.

11. Formularios y registros:

Los registros de datos iniciales de la muestra y los registros tomados durante el ensayo, correspondientes a los formatos COMPRESIÓN NO

CONFINADA I (04/09) y COMPRESIÓN NO CONFINADA II (04/09) respectivamente, deberán archivarse durante un lapso de tiempo no menor a 1 año. Los datos manuales deben escribirse con bolígrafo, quedando completamente prohibido el registro de datos con lápiz de grafito.

COMPRESIÓN NO CONFINADA I (04/09)

Obra/Sitio: _____

Profundidad: _____

Color/Textura: _____

Humedad natural: _____

Imuestra: _____

Asec.transv.: _____

Altura inicial: _____

Volumen: _____

Peso húmedo: _____

Peso seco: _____

Relación de vacíos: _____

Grado de Saturación: _____

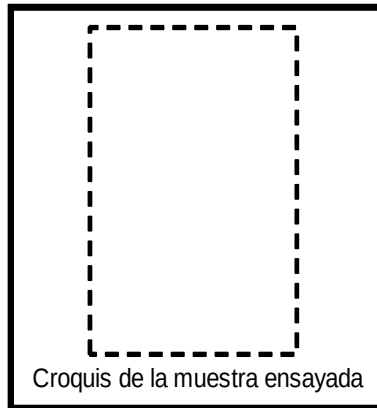
Peso unitario natural: _____

Peso unitario seco: _____

Perforación/Muestra: _____

Clasificación: _____

Peso Específico: _____



Croquis de la muestra ensayada

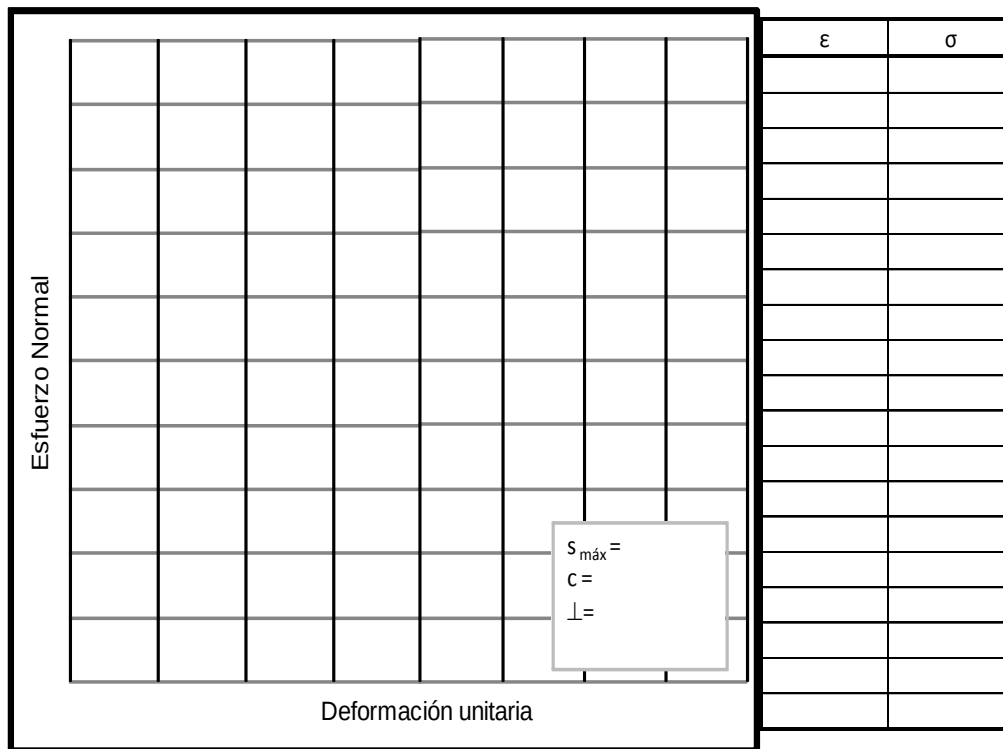
Condición de la muestra: _____

Tiempo transcurrido hasta la rotura: _____

Velocidad de carga: _____

DIAGRAMA: Esfuerzo-Deformación

TABLA



COMPRESIÓN NO CONFINADA II (04/09)

Obra/Sitio: _____

Perforación/Muestra: _____

Profundidad: _____

Clasificación: _____

Color/Textura: _____

Peso Específico: _____

Humedad natural: _____

	CARGA	DEF. VERT.	TIEMPO
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

ENSAYO: Corte directo consolidado en condiciones drenadas.

1. **Objeto:** Determinar la resistencia al corte de un suelo en condición consolidada - drenada.
2. **Alcance:** Todo tipo de muestras de suelo, no perturbadas, remoldeadas o compactadas.
3. **Responsables:** Director del IMME.
4. **Definiciones y siglas:**
 - 4.1. Desplazamiento lateral relativo: Desplazamiento horizontal de la parte superior e inferior de la caja de corte.
 - 4.2. Falla: La condición del esfuerzo de falla para una muestra de ensayo. La falla es a menudo tomada para el máximo esfuerzo de corte alcanzado, o el esfuerzo de corte al 15% o 20% del desplazamiento lateral relativo. Dependiendo del comportamiento del suelo y el campo de aplicación, otros criterios adecuados pueden ser definidos.
5. **Referencias Normativas:** ASTM D 3080 – 04
6. **Equipos e instrumentos:**
 - 6.1. Aparato de corte directo.
 - 6.2. Caja de corte.
 - 6.3. Piedra porosa.
 - 6.4. Accesorio para aplicar la carga vertical: Activado por peso muerto (pesas) o por un sistema neumático o electromecánico de aplicación de carga. El dispositivo debe ser capaz de mantener la fuerza normal dentro del $\pm 1\%$ de la fuerza especificada rápidamente sin excederla.
 - 6.5. Accesorio para cortar la muestra: El equipo debe ser capaz de cortar la muestra a una rata uniforme de desplazamiento con menos del $\pm 5\%$ de

desviación, y debe permitir ajustes en la rata de desplazamiento desde 0.0001 hasta 0.04 pulg./min. El peso en el tope de la caja de corte debe ser menor que el 1% del aplicado por la fuerza normal durante el corte.

6.6. Pesas de distintas magnitudes.

6.7. Recipiente para la caja de corte: Caja metálica que soporta la caja de corte y que además, ejerce una reacción contra la mitad de la caja de corte que está restringida.

6.8. Balanza.

6.9. Anillo de carga para 2.5 Newton o 1% de la fuerza de corte que produzca la falla.

6.10. Flexímetro para medir la deformación vertical, con apreciación de por lo menos 0.0001 pulg.

6.11. Flexímetro para medir la deformación horizontal, con apreciación de por lo menos 0.001 pulg.

6.12. Elementos para preparar la muestra.

6.13. Vernier.

7. Preparación de la muestra:

El suelo utilizado para preparar la muestra debe ser lo suficientemente abundante como para realizar tres (3) muestras similares.

Determinar el peso inicial de la muestra húmeda, para posteriormente usarlo en el cálculo del contenido de humedad inicial y el peso unitario de la muestra.

Para muestras circulares, el mínimo espesor debe ser 50mm y el máximo espesor no debe sobrepasar 10 veces el diámetro máximo de partícula.

El espesor mínimo inicial debe ser 12mm, pero no menos de 6 veces el máximo diámetro de partícula.

La mínima relación diámetro – espesor de la muestra debe ser 2:1.

7.1. Muestras no perturbadas.

7.1.1. Se hace necesario manejar la muestra cuidadosamente para prevenir perturbaciones, cambios en la sección principal o pérdida en el contenido de humedad.

7.1.2. Preparar muestras talladas con perturbación mínima y en la medida de lo posible, en una habitación con humedad controlada. Se debe hacer todo lo posible por evitar cambios en el contenido de humedad del suelo.

7.2. Muestras compactadas.

7.2.1. Las muestras deben ser compactadas, utilizando el método de compactación, contenido de humedad y peso unitario preestablecidos por el individuo que solicita el ensayo.

7.2.2. Ensamblar y asegurar la caja de corte.

7.2.3. Insertar una piedra porosa en el fondo de la caja de corte.

7.2.4. El material debe ser dispuesto por capas, alcanzando una densidad o una energía de compactación indicada por el que solicita el ensayo. Una vez compactada la capa, la superficie superior debe ser escarificada antes de añadir el material de la siguiente capa.

7.2.5. Las capas deben estar posicionadas de tal manera que la unión entre dos de estas no coincida con el plano de corte definido por las dos mitades de la caja de corte, a menos que esto sea uno de los propósitos del ensayo.

7.2.6. El elemento utilizado para compactar el material debe tener un área en contacto con el suelo igual o menor que la mitad del área del molde.

7.2.7. Determinar la masa de suelo húmedo requerida para una sola capa y colocarla en la caja de corte.

7.2.8. Compactar el suelo hasta obtener el peso unitario deseado.

7.2.9. Continuar colocando y compactando las capas de suelo hasta que la muestra completa esté compactada.

7.2.10. Las muestras compactadas también pueden ser preparadas usando los procedimientos y equipos empleados en los métodos de ensayo correspondientes a los ensayos Proctor Normal y Proctor Modificado, extrayendo del espécimen compactado la muestra a ser utilizada en el ensayo de corte, tal como si fuera una muestra no perturbada.

8. Método de ensayo:

8.1. Ensamblar la caja de corte

8.2. Para muestras no perturbadas

8.2.1. Colocar las piedras porosas a los extremos, junto con la muestra no perturbada en la caja de corte. Insertar estos elementos en la máquina de corte.

8.3. Para muestras compactadas

8.3.1. Colocar las piedras porosas a los extremos, junto con la muestra perturbada en la caja de corte. Insertar estos elementos en la máquina de corte.

8.4. Colocar y registrar la lectura inicial del dispositivo de desplazamiento horizontal.

8.5. Colocar el pistón de transferencia de carga en la superficie de la muestra.

8.6. En el caso que el aparato de corte esté provisto de un sistema de palancas para la aplicación de la carga vertical, colocar el sistema de palanca para la carga normal en posición y posteriormente nivelar la palanca.

8.7. Aplicar una pequeña carga inicial y verificar que todos los componentes del sistema de carga estén en su posición y alineados.

8.8. Colocar y registrar la lectura inicial del dispositivo de desplazamiento vertical.

8.9. Llenar de agua la caja de corte y mantenerla llena durante el ensayo. Si el material utilizado tiene la tendencia de asentarse, se debe permitir

que se logre el equilibrio bajo el esfuerzo mínimo de contacto que transmite el sistema de aplicación de carga.

8.10. Calcular y anotar el peso requerido para generar el esfuerzo normal deseado.

8.11. Aplicar el esfuerzo normal seleccionado y anotar las deformaciones en la dirección vertical a lo largo del lapso de tiempo estipulado. Para los incrementos de carga verificar que se complete la consolidación primaria (Según el método prescrito para el ensayo de consolidación unidimensional). Hacer una gráfica del desplazamiento vertical versus el logaritmo del tiempo en minutos.

8.12. Una vez que la consolidación primaria este completa, remover los pines de alineamiento de la caja de corte, separar las dos mitades de la caja aprox. 0.64mm. Unir de nuevo las dos mitades y sellarlas.

8.13. Para el corte de la muestra, seleccionar la rata de desplazamiento adecuada para cortar la muestra lentamente, de manera que no se produzcan incrementos de presión de poros durante el ensayo y garantizar así la condición drenada.

8.14. A modo de referencia, la siguiente ecuación debe ser utilizada para determinar el tiempo mínimo requerido para la duración del ensayo.

$$t_f = 50 * t_{50}$$

donde:

t_f = Tiempo total estimado para la falla en min.

t_{50} = Tiempo requerido por la muestra para lograr el 50% de su consolidación bajo es esfuerzo normas impuesto, en min.

Adicionalmente, el t_{50} puede ser calculado mediante:

$$t_{50} = t_{90} / 4.28$$

donde:

t_{90} = Tiempo requerido para alcanzar el 90% de consolidación bajo el esfuerzo normal establecido en min.

8.15. Seleccionar la rata de desplazamiento, utilizando la siguiente expresión:

$$d_r = d_f / t_f$$

donde:

d_r = Rata de desplazamiento, en mm/min.

d_f = Desplazamiento horizontal estimado para que se dé la falla de la muestra (mm).

t_f = Tiempo total estimado para la falla en min.

8.16. Anotar la hora de inicio, desplazamientos verticales, horizontales y el peso inicial.

8.17. Encender la máquina de corte y obtener lecturas de tiempo, desplazamiento horizontal, vertical y carga en el intervalo de desplazamiento decidido. Las lecturas deben ser hechas en intervalos de desplazamiento menores o iguales al 2% del diámetro de la muestra.

8.18. Una vez que falle la muestra, se debe apagar el aparato. El desplazamiento obtenido debe ser alrededor del 10 al 20 por ciento del diámetro o longitud original.

8.19. Remover el peso del aparato y sacar la caja de corte.

8.20. En suelos cohesivos, separar las dos partes de la caja de corte mediante el deslizamiento a lo largo del plano de falla. No se debe separar las dos mitades de la caja de corte perpendicularmente ya que esto podría dañar la muestra.

8.21. Fotografiar la muestra en la caja de corte y posteriormente determinar el contenido de humedad.

8.22. Calcular y dibujar el esfuerzo a corte contra el desplazamiento relativo lateral.

9. Fórmulas y modos de cálculo:

Calcular lo siguiente:

9.1. El esfuerzo nominal de corte, sobre la base de la muestra es:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

donde:

τ = esfuerzo nominal de corte (lbf/in², kPa).

F = fuerza de corte (lbf, N).

A = área inicial de la muestra (in², mm²).

9.2. El esfuerzo normal que actúa en la muestra es:

$$n = \frac{N}{A}$$

donde:

n = esfuerzo normal (lbf/in², kPa).

N = fuerza normal vertical que actúa sobre la muestra (lbf, N).

NOTA: Los factores que incorporan suposiciones a pesar del área de superficie de la muestra actual sobre las fuerzas de corte y normal se miden y se pueden aplicar a los valores calculados del esfuerzo de corte o del esfuerzo normal o ambos. Si una corrección se hace, el factor y la justificación para el uso de la corrección se explica con los resultados de la prueba.

9.3. Rata de desplazamiento: Calcular la tasa de desplazamiento dividiendo el desplazamiento lateral relativo por el tiempo transcurrido, o reportar la tasa utilizada para el ensayo:

$$d_y = \frac{d_h}{t_e}$$

donde:

d_y = tasa de desplazamiento (in., min; mm, min).

d_h = desplazamiento lateral relativo (in., mm).

t_e = tiempo transcurrido del ensayo (min).

9.4. Porcentaje de desplazamiento lateral relativo: Calcular el porcentaje de desplazamiento lateral relativo para cada lectura de fuerza de cizallamiento:

$$d_p = \frac{d_i}{d_h}$$

donde:

d_p = porcentaje de desplazamiento lateral relativo (%).

d_i = incremento de los desplazamientos (in., mm).

9.5. Calcular el índice de vacío inicial, peso unitario seco y el grado de saturación basado en la gravedad específica, contenido de agua inicial, la masa y el volumen total de la muestra. El volumen de la muestra se determina mediante la medición de la caja de corte o el diámetro y la longitud de la medición de espesor de la muestra.

10. Consideraciones de seguridad, higiene y ambiente

Cumplir con las normas expuestas en el “Manual de Seguridad e Higiene en el Laboratorio”.

11. Formularios y registros:

Los registros de datos iniciales de la muestra y los registros tomados durante el ensayo, correspondientes al formato CORTE (04/09), deberán archivarlos durante un lapso de tiempo no menor a 1 año. Los datos manuales deben escribirse con bolígrafo, quedando completamente prohibido el registro de datos con lápiz de grafito.

CORTE (04/09)

Obra/Sitio: _____

Clasificación: _____

Color/Textura: _____

Tipo de dispositivo: _____

Diámetro del anillo, mm: _____

Altura del anillo, mm: _____

Peso del anillo, g: _____

Pesp del anillo+muestra, g: _____

Peso inicial de la muestra, g: _____

Perforación/Muestra: _____

Esfuerzo vertical, σ_n , kg/cm²: _____

Rata de deformación, mm/min: _____

Peso de la tara, g: _____

Peso muestra húmeda + tara, g: _____

Peso muestra seca + tara, g: _____

Peso muestra húmeda, g: _____

Peso muestra seca, g: _____

Humedad, %: _____ Gs: _____

Lec. Flexí. Hor (0.01mm)	Lec. Flexí. Ver (0.01mm)	Lec. Anillo
0		
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		
90		
100		
110		
120		
130		
140		
150		
160		
170		
180		
190		
200		
210		
220		
230		
240		
250		
260		
270		
280		
290		
300		
310		
320		
330		
340		
350		
360		
370		
380		
390		
400		

Lec. Flexí. Hor (0.01mm)	Lec. Flexí. Ver (0.01mm)	Lec. Anillo
410		
420		
430		
440		
450		
460		
470		
480		
490		
500		
510		
520		
530		
540		
550		
560		
570		
580		
590		
600		
610		
620		
630		
640		
650		
660		
670		
680		
690		
700		
710		
720		
730		
740		
750		
760		
770		
780		
790		
800		

ENSAYO: Consolidación unidimensional. Propiedades de suelos usando incrementos de carga.

1. **Objeto:** Obtener la magnitud y el grado de consolidación de un suelo cuando este se somete a incrementos del esfuerzo vertical, mientras la deformación es restringida lateralmente y el suelo es drenado axialmente.
2. **Alcance:** Muestras no perturbadas de suelos finos, naturalmente sedimentados en agua, aunque el test básico es aplicable a muestras de suelos compactados y muestras no perturbadas formadas por otros procesos tales como alteración química.
3. **Responsables:** Director del IMME.
4. **Definiciones y siglas:** ASTM D 653-03
5. **Referencias Normativas:** ASTM D 2435 – 04
6. **Equipos e instrumentos:**
 - 6.1. Anillo para consolidómetro: En cuanto a la rigidez del anillo bajo esfuerzos hidrostáticos, el diámetro interno no debe aumentar en más del 0.03% del diámetro original. El anillo debe ser realizado con un material no corrosivo en relación al suelo que se va a emplear.
 - 6.2. Consolidómetro: Equipo capaz de soportar la muestra en un anillo que a su vez es sujetado a la base o se deja flotando (soportado por la fricción generada por la muestra en su periferia). El diámetro interno del anillo debe ser medido con una tolerancia de 0.075mm. El consolidómetro debe ser además un medio para sumergir la muestra, transmitiendo la carga vertical concéntrica a la piedra porosa, para poder así realizar la medición de cambio de altura en la muestra.

6.3. Banco de consolidación: Debe ser capaz de mantener la carga por largos períodos de tiempo, con una precisión de $\pm 5\%$ de la carga aplicada, y debe permitir la aplicación de incrementos rápidos sin generar un impacto considerable.

6.4. Piedras porosas: Estas deben ser realizadas con un material no corrosivo. El tamaño de las aberturas debe ser considerado de tal forma que se prevenga la intrusión de suelo en los poros; en estos casos se puede utilizar un papel de filtro adicional. El diámetro de la piedra porosa debe ser de 0.2 a 0.5mm menos que el diámetro interno del anillo para evitar que esta se trabe dentro del mismo. El espesor del disco poroso debe ser suficiente para prevenir su rompimiento.

6.5. Membrana Plástica.

6.6. Flexímetro con apreciación de 0,0001pulg.

6.7. Cronómetro o reloj segundero.

6.8. Balanza.

6.9. Horno.

6.10. Cuchillos, espátulas, recipientes.

6.11. Equipo para cortar la muestra: Debe tener el mismo diámetro interno que el anillo, de tal forma que la muestra calce perfectamente en el mismo.

6.12. El ensayo debe ser ejecutado a $\pm 4^{\circ}\text{C}$ respecto a la temperatura media del laboratorio, y preferiblemente sin la incidencia directa de la luz solar.

7. Preparación de la muestra:

El mínimo diámetro de muestra debe ser 35mm

La mínima relación diámetro - altura debe ser 2.5, pero la altura mínima de muestra debe ser mayor de diez veces el tamaño máximo de partícula.

7.1. Muestras perturbadas y no perturbada.

7.1.1. Reducir al mínimo cualquier perturbación en el suelo o cambios en el contenido de humedad y densidad, durante la preparación de la muestra.

7.1.2. Preparar la muestra en un ambiente donde se eviten los cambios en el contenido de humedad.

7.1.3. Cortar la muestra e insertarla en el anillo de consolidación. Cuando la forma de cortar la muestra es con un torno, realizar un corte perimetral completo, para luego ir reduciendo el diámetro hasta obtener el requerido por el anillo de consolidación. Introducir la muestra en el anillo con mucho cuidado, sin ejercer mucha fuerza sobre la muestra. Cuando se usa un anillo cilíndrico de corte, hacer una pequeña muesca con el anillo en el sitio donde se va a extraer la muestra; avanzar el anillo poco a poco hasta llegar al final de la muestra.

7.1.4. Aquellos suelos que sufren daños cuando se cortan para darle las dimensiones adecuadas, deben ser transferidos al anillo directamente del tubo de muestra, siempre garantizando que el tubo tenga el mismo diámetro que el anillo.

7.1.5. Enrazar la muestra con el plano de superficie del anillo. Tal vez sea necesario disminuir algunos milímetros de superficie de muestra a partir de la superficie del anillo, para lograr colocar la piedra porosa en posición. Para suelos suaves y medianamente duros, se debe utilizar una segueta de alambre para reducir el tope y el fondo de la muestra. Una vez eliminado el exceso de suelo se debe utilizar un cortador filoso para darle el acabado final a la muestra. En suelos duros, se debe utilizar este tipo de cortador para llevar la muestra a las dimensiones deseadas. Si alguna pequeña partícula es encontrada durante el enrasado de la superficie, esta debe ser removida y su espacio relleno con suelo sobrante del corte previo.

7.1.6. Registrar el peso húmedo de la muestra, pesándola una vez que está puesta en el anillo y restándole el peso de este último.

7.1.7. Determinar la altura inicial de la muestra, realizando por lo menos cuatro mediciones en distintas zonas de la misma.

7.1.8. Calcular el volumen inicial de la muestra, utilizando los valores de diámetro del anillo y la altura inicial de la muestra medida previamente.

7.1.9. Utilizar dos o tres muestras del material sobrante para realizarles contenido de humedad.

8. Método de ensayo:

8.1. Preparar las piedras porosas, ensamblar el consolidómetro de tal manera que se prevengan cambios en el contenido de humedad de la muestra.

8.2. Colocar la muestra en el anillo. En caso de usar papel de filtro, este debe estar libre cualquier película de agua que altere la humedad de la muestra. Lo mismo aplica a las piedras porosas. Para evitar la pérdida de contenido de humedad, la muestra de suelo, anillo, papel del filtro y piedras porosas, deben ser envueltas en una membrana plástica que no quede muy ajustada al conjunto.

8.3. Aplicar una presión de confinamiento de 5KPa. Inmediatamente después de la aplicación de la carga, ajustar el flexímetro a una lectura de cero (0) inicial. Si de antemano se conoce que una presión de 5KPa va a conducir a la muestra a un asentamiento significativo, reducir la presión a 2 o 3 KPa. o menos.

8.4. Si el ensayo es realizado sobre una muestra intacta que fue saturada por las condiciones del sitio donde se encontraba o estaba bajo el nivel freático, inundar la celda después de aplicar la presión de confinamiento. Una vez que se haya colocado el agua, aumentar la carga tanto como sea requerido para prevenir el hinchamiento y variaciones en las lecturas iniciales. Anotar en el formato de registro la carga requerida para prevenir el hinchamiento y la lectura del flexímetro apreciada luego del incremento de carga. Si la inundación va a ser demorada para simular condiciones específicas, esta debe ocurrir a una presión suficiente para evitar el

hinchamiento. En estos casos, aplicar la carga y posteriormente inundar la muestra. Anotar en el formato de registro la presión y su asociado cambio de altura.

8.5. El cronograma de incrementos de carga debe ser realizado considerando que cada incremento obedece como máximo al doble de la carga anterior. Asimismo, el cronograma de decrementos de carga. Puede ser utilizado un cronograma de cargas, descargas o recargas cualquiera, respetando lo anterior, que reproduzca los cambios de esfuerzo durante la construcción.

8.6. Antes de realizar un cambio de esfuerzo vertical, registrar la altura o el cambio de esta.

8.7. Mientras la presión se mantiene constante, efectuar lecturas del espesor o cambios en el espesor de la muestra al menos a los siguientes intervalos de tiempo: 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4, 8, 15, 30 minutos, 1, 2, 4, 8, y 24 horas, medidas a partir del momento de aplicar el incremento de carga. La duración de los incrementos de carga, deberán exceder el tiempo requerido para completar la consolidación primaria. Para cada incremento, sabiendo que es imposible saber cuándo culmina la consolidación primaria, la duración de los incrementos debe ser constante y exceder el tiempo requerido para la consolidación primaria. Cuando se deba evaluar la consolidación secundaria, aplicar presiones por períodos más largos. En el reporte se deberá evidenciar el tiempo de duración de cada incremento realizado.

8.8. Para minimizar el hinchamiento durante el desmontaje, una vez que los cambios en la altura hayan cesado luego de la última descarga, dismantelar rápidamente el equipo una vez quitada la carga final sobre la muestra.

8.9. Quitar el anillo y la muestra del consolidómetro.

8.10. Limpiar el agua excedente alrededor del anillo y muestra.

8.11. Determinar el peso de la muestra, pesando el anillo con la muestra y quitándole el peso del anillo. Para determinar el peso seco y contenido de

humedad de la muestra, esta debe ser secada en su totalidad luego de culminar el ensayo. Para el contenido de humedad inicial, si la muestra es homogénea y hay suficientes recortes sobrantes de la preparación de la muestra, se puede también usar alguno de estos para determinar el contenido de humedad, mientras que el peso seco debe ser obtenido usando toda la muestra. En caso de ser muestras heterogéneas, usar una pequeña cuña extraída de la muestra para hallar el contenido de humedad.

9. **Fórmulas y modos de cálculo:**

Como se muestra, los cálculos se basan en el uso de unidades SI. Otras unidades están permitidas, siempre que la correspondiente conversión de factores mantenga la coherencia de las unidades de los cálculos.

9.1. ***Propiedades de la muestra:***

9.1.1. Obtener la masa seca total de la muestra (M_d) por medición directa o para el caso en que parte de la muestra se utiliza para otros ensayos, calcular el peso en seco de la siguiente manera:

$$M_d = \frac{M_{Tf}}{1 + w_{fp}}$$

donde:

M_{Tf} = Masa total húmeda de la muestra después del ensayo (g o Mg).

w_{fp} = Contenido de agua de la muestra tomado después del ensayo (forma decimal).

9.1.2. Calcular los valores iniciales y finales del contenido de agua, en porcentaje, de la siguiente manera:

$$\text{Contenido de agua inicial: } w_o = \frac{M_{To} - M_d}{M_d} 100$$

$$\text{Contenido de agua final: } w_o = \frac{M_{Tf} - M_d}{M_d} 100$$

donde:

M_d = Masa seca de la muestra (g o Mg).

M_{To} = Masa total húmeda de la muestra antes del ensayo (g o Mg).

9.1.3. Calcular la densidad seca inicial de la muestra:

$$\rho_d = \frac{M_d}{V_o}$$

donde:

ρ_d = densidad seca de la muestra (g/cm³ o Mg/m³).

V_o = Volumen inicial de la muestra (cm³ o m³).

9.1.4. Calcular el peso unitario de la muestra:

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \left(\frac{\text{lbf}}{\text{ft}^3} \right) = 9.8 \rho_d \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

9.1.5. Calcular el volumen de los sólidos:

$$V_s = \frac{M_d}{G \rho_w}$$

donde:

G = gravedad específica de los sólidos.

ρ_w = densidad del agua (1,0 g/cm³ o Mg/m³).

9.1.6. Desde que la sección transversal del área de la muestra es constante durante el ensayo, es conveniente para los cálculos subsecuentes introducir el término “altura equivalente de sólidos” definido como:

$$H_s = \frac{V_s}{A}$$

donde:

A = área de la muestra (cm² o m²).

9.1.7. Calcular el coeficiente de vacíos antes y después del ensayo:

$$\text{Coeficiente de vacíos antes del ensayo: } e_o = \frac{H_o - H_s}{H_s}$$

$$\text{Coeficiente de vacíos después del ensayo: } e_f = \frac{H_f - H_s}{H_s}$$

donde:

H_o = altura inicial de la muestra (cm o m).

H_f = altura final de la muestra (cm o m).

9.1.8. Calcular el grado de saturación, en porcentaje, antes y después del ensayo:

$$\text{Grado de saturación inicial: } S_o = \frac{M_{To} - M_d}{A \rho_w (H_f - H_s)} 100$$

$$\text{Grado de saturación final: } S_f = \frac{M_{Tf} - M_d}{A \rho_w (H_f - H_s)} 100$$

9.2. Propiedades de tiempo-deformación: De los incrementos de carga donde son obtenidas lecturas de tiempo-deformación, dos procedimientos alternativos (ver 9.2.1. o 9.2.2.) son provistos para determinar la consolidación primaria y calcular la rata de consolidación. Alternativamente, la solicitud de ensayo puede especificar un método de su escogencia y aun en concordancia con éste ensayo. Las lecturas de deformación se pueden presentar como medidas de deformación, deformaciones corregidas para aparatos de compresibilidad o convertirlas en tensiones (ver 9.3.).

9.2.1. Tomando de referencia la fig. 2, plotear las lecturas de deformación (d) versus el tiempo de registro (normalmente en minutos) por cada incremento de carga.

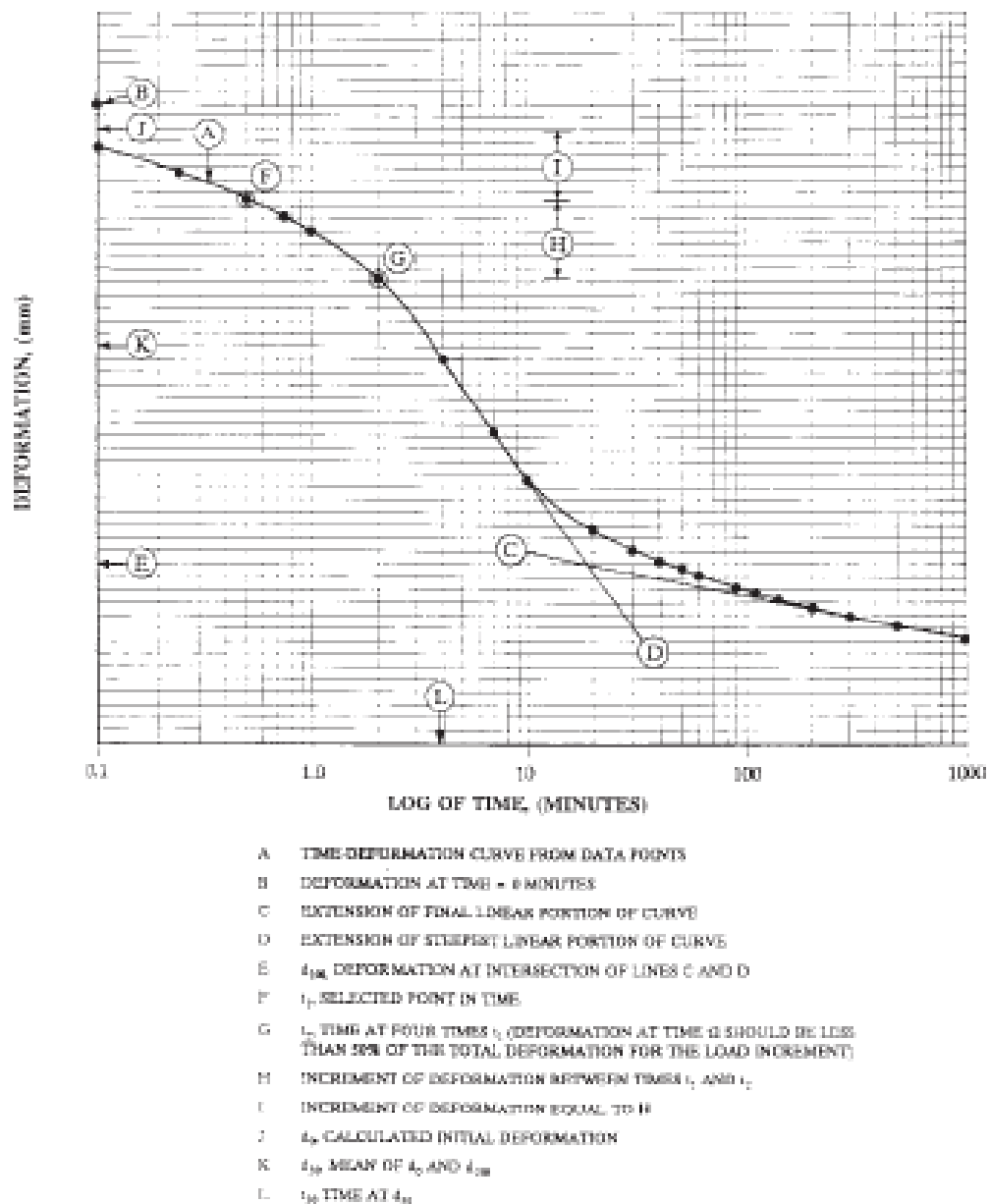


FIG. 2 Time-Deformation Curve From Log of Time Method

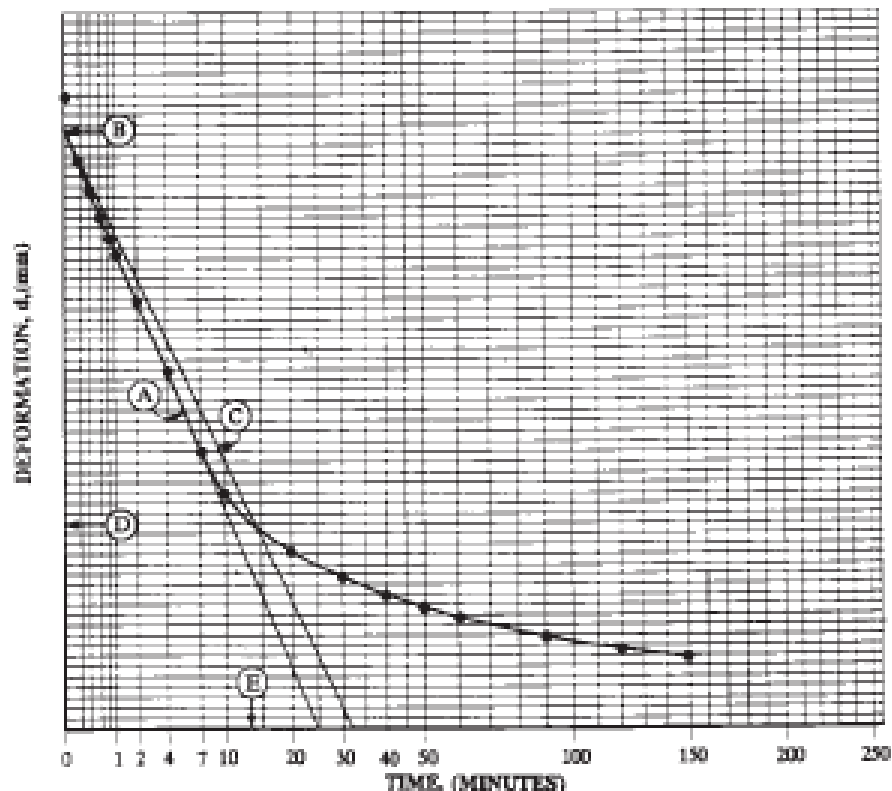
9.2.1.1. En primer lugar dibuje una línea recta a través de los puntos que representan las lecturas finales, ajustando dicha recta a una tendencia lineal con una pendiente constante (C). Dibuje una segunda línea recta tangente a la parte más empinada de la deformación de la curva logarítmica de tiempo (D). La intersección representa la deformación d_{100} , y el tiempo t_{100} , correspondiente a

100% de consolidación primaria (E). La compresión secundaria es definida como el exceso de compresión del 100% de la consolidación primaria estimada anteriormente.

9.2.1.2. Encontrar la deformación que representa el 0% de consolidación primaria, seleccionando cualquiera de los dos puntos que tienen una rata tiempo de 1 a 4. La deformación más grande de las dos debe ser superior a $\frac{1}{4}$, pero menor de $\frac{1}{2}$ de la deformación total para el incremento de carga. La deformación correspondiente al 0% de consolidación primaria es igual a la deformación en el menor tiempo, menos la diferencia entre la deformación de las dos seleccionadas.

9.2.1.3. La deformación d_{50} , correspondiente al 50% de consolidación primaria es igual a la media de las deformaciones entre el 0% y 100% de las deformaciones. El tiempo t_{50} , necesario para la consolidación del 50% se puede encontrar gráficamente en la curva logarítmica deformación-tiempo, observando el tiempo que corresponde al 50% de la consolidación primaria de la curva.

9.2.2. Tomando de referencia la fig. 3, plotear las lecturas de deformación (d) versus la raíz cuadrada del tiempo (normalmente en minutos) por cada incremento de carga.



- A TIME-DEFORMATION CURVE FROM DATA POINTS
- B d_0 EXTENSION OF INITIAL LINEAR PORTION OF CURVE A TO TIME = 0 MINUTES
- C CONSTRUCTION LINE WITH SLOPE = 1.15 TIMES INITIAL LINEAR PORTION OF CURVE A
- D d_{90} DEFORMATION AT POINT WHERE CURVE A CROSSES LINE C
- E t_{90} TIME AT POINT WHERE CURVE A CROSSES LINE C

FIG. 3 Time-Deformation Curve From Square Root of Time Method

9.2.2.1. En primer lugar, dibuje una línea recta a través de los puntos que representan las lecturas iniciales, ajustando dicha recta a una tendencia lineal. Extrapolar la línea atrás del $t=0$ y obtener la deformación en la ordenada que representa el 0% de consolidación primaria.

9.2.2.2. Dibuje una segunda línea recta a través de la ordenada 0% de manera que la abscisa de esta línea es 1.15 veces la abscisa de la primera línea recta. La intersección de esta segunda línea con la

curva deformación-raíz cuadrada del tiempo es la deformación d_{90} , y tiempo t_{90} , correspondiente al 90% de la consolidación primaria.

9.2.2.3. La deformación al 100% de consolidación es 1/9 más que la diferencia en deformación entre 0% y 90% de consolidación. El tiempo de consolidación primaria t_{100} , se puede tomar en la intersección de la curva deformación-raíz cuadrada del tiempo y esta ordenada de deformación. La deformación d_{50} , correspondiente al 50% de consolidación es igual a la deformación a 5/9 de la diferencia entre 0% y 90% de consolidación.

9.2.3. Calcular el coeficiente de consolidación para cada incremento de carga mediante la siguiente ecuación y los valores adecuados para la interpretación del método escogido:

$$C_v = \frac{TH^2_{D_{50}}}{t}$$

donde:

T = factor adimensional de tiempo (para el método 9.2.1. usar 50% de consolidación con $T = T_{50} = 0.197$, para el método 9.2.2. usar 90% de consolidación con $T = T_{90} = 0.848$).

t = tiempo correspondiente al particular grado de consolidación (s o min).

Para el método 9.2.1. usar $t = t_{50}$, para el método 9.2.2. usar $t = t_{90}$.

$H_{D_{50}}$ = longitud de la ruta de drenaje en el 50% de consolidación (cm o m). Para drenaje por dos caras de la muestra, $H_{D_{50}}$ es la mitad de la altura de la muestra, y para drenaje de un lado $H_{D_{50}}$ es la altura completa de la muestra, para el escalón de carga correspondiente,

9.3. Propiedades carga-deformación:

9.3.1. Tabular la deformación o cambio en la deformación (df), lectura correspondiente al final de cada escalón de carga.

9.3.2. Calcular el cambio de altura relativa, $\Delta H = d - d_0$, de la altura de la muestra inicial para cada lectura. Si es necesario, corrija la deformación para el aparato de flexibilidad restando el valor de

calibración obtenido en la sección 7 (preparación de la muestra) para cada lectura.

9.3.3. Representar los resultados de deformación en uno de los siguientes formatos:

9.3.3.1. Calcular el coeficiente de vacíos de la siguiente manera:

$$e = e_o - \frac{\Delta H}{H_s}$$

9.3.3.2. Alternativamente, calcular la tensión vertical, en porcentaje:

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H_o} 100$$

9.3.4. Calcular el esfuerzo vertical:

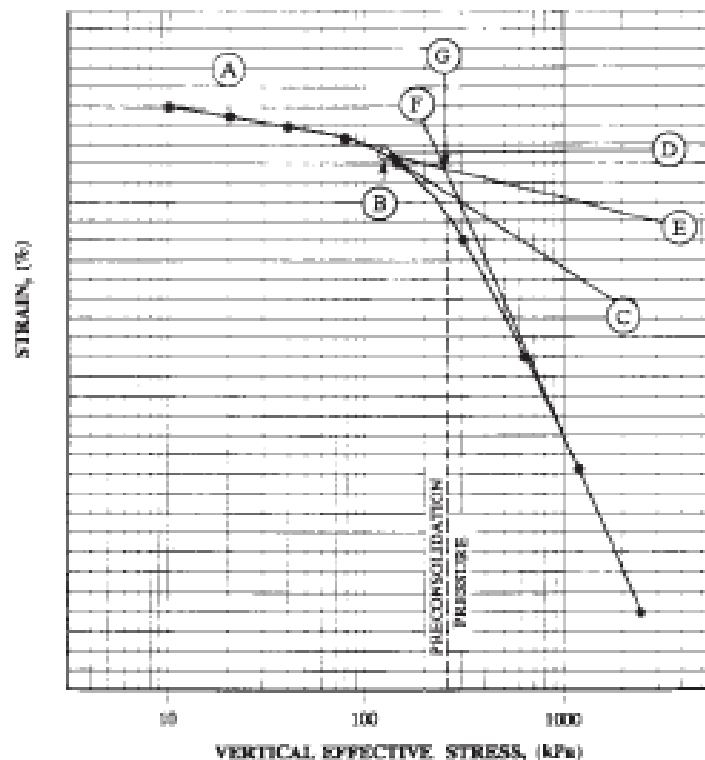
$$\sigma_v = \frac{P}{A}$$

donde:

P = carga aplicada (N).

σ_v = esfuerzo vertical (kPa).

9.3.5. Tomando de referencia la fig. 4, graficar los resultados de deformación (índice de vacíos o esfuerzos) correspondientes al final de cada incremento, si se utiliza el final de la consolidación primaria versus el logaritmo de la presión.



- A STRESS STRAIN CURVE FROM DATA POINTS
- B POINT OF MAXIMUM CURVATURE
- C TANGENT LINE TO CURVE AT POINT B
- D HORIZONTAL LINE THROUGH POINT B
- E LINE BISECTING ANGLE BETWEEN LINES C AND D
- F TANGENT TO LINEAR PORTION OF CURVE IN VIRGIN COMPRESSION RANGE
- G INTERSECTION OF LINES E AND F (VERTICAL EFFECTIVE STRESS AT POINT G EQUALS THE PRECONSOLIDATION PRESSURE)

FIG. 4 Evaluation for Preconsolidation Pressure From Casagrande Method

NOTA: En algunos casos, puede ser preferible presentar la curva carga-deformación en escala aritmética.

9.3.6. Tomando de referencia la fig. 4, determinar el valor de la presión de preconsolidación mediante el siguiente procedimiento:

NOTA: Cualquier otro método reconocido de cálculo de la presión de preconsolidación también pueden utilizarse, siempre que el método sea identificado en el informe.

9.3.6.1. Estimar el punto de máxima curvatura en la curva de consolidación (B).

9.3.6.2. Dibujar la tangente a la curva de consolidación en este punto (C), y una línea horizontal por el punto B (D), ambas extenderlas incrementando los valores en el eje de las abscisas.

9.3.6.3. Trazar la línea bisectriz del ángulo entre estas líneas (E).

9.3.6.4. Extender la tangente a la empinada, porción lineal de la curva de consolidación (rama virgen de compresión) (F), hacia arriba a la intersección con la línea bisectriz (E). La presión (G) (abscisa) correspondiente a este punto de intersección es la estimación de la presión de preconsolidación.

10. Consideraciones de seguridad, higiene y ambiente

Cumplir con las normas expuestas en el “Manual de Seguridad e Higiene en el Laboratorio”.

11. Formularios y registros:

Los registros de datos iniciales de la muestra y los registros tomados durante el ensayo, correspondientes al formato CONSOLIDACIÓN (04/09), deberán archivarlos durante un lapso de tiempo no menor a 1 año. Los datos manuales deben escribirse con bolígrafo, quedando completamente prohibido el registro de datos con lápiz de grafito.

[illegible]

ENSAYO: Ensayo de compresión triaxial, en condición no consolidada y no drenada.

1. **Objeto:** Determinar la fuerza y la relación de esfuerzo – deformación de una muestra cilíndrica, sometida a una presión de confinamiento, generada por un fluido en una cámara triaxial, restringiendo el drenaje de la misma durante el ensayo. Los esfuerzos no son corregidos por presión de poros.
2. **Alcance:** Cualquier tipo de muestra no perturbada o remoldeada de suelo cohesivo.

3. **Responsables:** Director del IMME.

4. **Definiciones y siglas:**

4.1 Falla: La condición del esfuerzo de falla para una muestra de ensayo. La falla es a menudo tomada para la máxima diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) alcanzada o la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) al 15% de carga axial, lo que es obtenido durante la realización de un ensayo.

4.2 Resistencia a la compresión no consolidada, no drenada: Valor de la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) a la falla.

5. **Referencias Normativas:** ASTM D 2850 – 03^a07

6. **Equipos e instrumentos:**

6.1. Prensa hidráulica: Debe garantizar que el valor de carga seleccionado no presente una desviación no mayor del $\pm 5\%$.

6.2. Celda de carga: Capaz de dar resultados con una exactitud de 1% de la carga axial de falla.

6.3. Cámara triaxial.

6.4. Pistón para carga axial: Diseñado de tal forma que la variación en la carga axial debido a la fricción, no exceda el 0.1% de la carga axial medida a la falla.

6.5. Dispositivo para el control de presión (Manómetros, tuberías, conexiones, etc. Debe ser capaz de aplicar y controlar la presión en la cámara con $\pm 0.25\text{psi}$ para presiones menores de 28psi y con $\pm 1\%$ para presiones mayores de 28psi.

6.6. Sellos para la muestra: Se deben emplear una tapa y base rígidas e impermeables para evitar el drenaje de la muestra. Estos elementos deben ser contruidos de un metal no corrosivo e impermeable; deben tener una superficie plana circular. La tapa a emplear debe producir sobre la muestra un esfuerzo axial de menos de 1Kn/m^2 . El diámetro de tapa y base debe ser igual al diámetro inicial de la muestra. La base debe estar conectada a la cámara triaxial, para así evitar movimientos laterales. Se debe garantizar que la excentricidad entre la tapa y el pistón de fuerza axial no exceda de 1.3mm. La superficie de contacto entre la membrana, tapa y base, debe estar libre de irregularidades, de tal manera que se forme un sello.

6.7. Indicador de deformación vertical (LVDT): La deformación vertical de la muestra debe ser medida con una precisión de por lo menos 0.03% de la altura de la muestra. El medidor de deformación debe tener un rango de por lo menos el 20% de la altura de la muestra.

6.8. Membrana: Debe ser chequeada antes de ser utilizada. En caso de tener huecos se debe desechar. El espesor de la membrana no debe exceder del 1% del diámetro de la muestra. Para ensamblar la membrana con la muestra, tapa y base se deben utilizar O-rings.

6.9. Anillos de goma (O-rings).

6.10. Saca muestras.

6.11. Cronómetro: Con precisión de 1seg.

6.12. Balanza de capacidad de 500gr y apreciación de 0,01gr.

6.13. Cilindro ensanchador.

6.14. Misceláneos: Vernier, espátula, cuchillos, sierra con hilo de acero, recipientes, etc.

7. Preparación de la muestra:

Las muestras deben ser cilíndricas y con un diámetro mínimo de 3.3cm. La relación altura – diámetro debe ir entre 2 y 2.5. La partícula más larga debe ser más pequeña que 1/6 del diámetro de la muestra. Si después de terminar el ensayo se observan partículas mayores a las indicadas, indicarlo en la hoja de registro del ensayo.

7.1.Preparación de muestras no perturbadas.

7.1.1 En caso de obtener muestras cilíndricas, estas deben ser ensayas sin ser cortadas, excepto por las irregularidades de los extremos y si las condiciones de la muestra lo justifican. Se hace necesario manejar la muestra cuidadosamente para prevenir perturbaciones, cambios en la sección principal o pérdida en el contenido de humedad.

7.1.2 Preparar muestras talladas con perturbación mínima y en la medida de lo posible, en una habitación con humedad controlada. Se debe hacer todo lo necesario para evitar cambios en el contenido de humedad del suelo.

7.1.3 Las muestras deben ser de sección circular uniforme, y sus extremos deben ser perpendiculares a la dirección longitudinal de la muestra.

7.1.4 Durante el tallado, remover aquellas pequeñas irregularidades encontradas en la muestra. Rellenar cuidadosamente las aberturas encontradas con suelo remoldeado obtenido de los cortes previos.

7.1.5 Cuando en los extremos de la muestra las irregularidades son excesivas, tapar la muestra con un espesor mínimo de yeso o un material similar.

7.1.6 Tallar la muestra haciendo uso del torno para emparejar respectivamente la superficie lateral y los extremos de la muestra cilíndrica con las dimensiones requeridas en diámetro y altura.

7.1.7 Cuando se determina que es posible la acción de fuerzas capilares, inmediatamente después de haber terminado la muestra y durante el ensayo, esta se debe sellar con una membrana o papel plástico.

7.1.8 Determinar el peso y las dimensiones de la muestra, registrándolos en el formato de registro TRIAXIAL I (04/09). Si la muestra va a ser sellada, realizar la medición antes de que esto ocurra.

7.1.9 En el caso de que no se use toda la muestra para la obtención del contenido de humedad, guardar una porción aparte para tal fin.

7.2.Preparación de muestras compactadas.

7.2.1El suelo requerido para la preparación de las muestras compactadas deben ser mezcladas con suficiente agua para lograr el contenido de humedad deseado.

7.2.2En caso de agregar agua, almacenar la muestra en un envase cubierto durante por lo menos 16 horas previo a la compactación.

7.2.3Las muestras deben ser compactadas en por lo menos seis capas, empleando un molde con dimensiones adecuadas para cumplir con los requerimientos establecidos para la dimensión de muestras.

7.2.4Para muestras compactadas con una densidad definida, apisonar cada capa de suelo hasta obtener el volumen conocido, o ajustar el número de capas, golpes y fuerza por golpe.

7.2.5La superficie de cada capa debe ser escarificada antes de colocar la siguiente capa. El apisonador utilizado para compactar el material, debe tener un diámetro igual o menos a la mitad del diámetro del molde.

7.2.6Una vez culminada la compactación, retirar la muestra del molde y determinar sus dimensiones y peso.

7.2.7 Determinar uno o más contenidos de humedad utilizando el material sobrante.

8. Método de ensayo:

8.1. Con ayuda de un cilindro ensanchador, estirar la membrana y colocarla sobre la muestra evitando en lo posible perturbarla. Luego sujetar la membrana con anillos de goma para asegurar el aislamiento de la muestra dentro de la cámara y poner la tapa de la cámara teniendo el cuidado de levantar el pistón para no tocar la muestra.

8.2. Verificar con la tapa y la base si la muestra está bien centrada.

8.3. Ensamblar la cámara triaxial.

8.4. Poner el pistón en contacto con la tapa de la muestra tantas veces como sea necesario para que el pistón quede alineado.

8.5. Registrar en el formato TRIAXIAL II (04/09), la lectura en el indicador de deformación con tres cifras significativas.

8.6. Colocar la cámara en la prensa. Se debe tener cuidado al alinear la prensa con el LVDT, y la cámara triaxial, a fin de prevenir la aplicación de fuerzas laterales al pistón durante el ensayo.

8.7. Conectar el dispositivo para mantener y medir la presión y llenar la cámara con agua.

8.8. Adecuar el dispositivo a la presión deseada y transmitirla al fluido.

8.9. Esperar por lo menos 10 minutos para que la muestra se estabilice a la presión de cámara.

8.10. Aplicar la carga axial de tal forma que se produzca una rata de deformación de aprox. 1%/min. para materiales plásticos y 0.3%/min. para materiales quebradizos.

8.11. Mantener el esfuerzo desviador máximo durante 15 o 20 min.

8.12. Continuar la carga hasta obtener el 15% de la deformación.

8.13. Registrar en el formato TRIAXIAL II (04/09), los valores de carga y deformación con tres cifras significativas, a los 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5% de deformación, luego a intervalos de incremento de 0.5% hasta llegar a 3% y

luego a cada 1%. Tomar suficientes lecturas para definir la curva esfuerzo deformación.

8.14. Remover la muestra de la cámara y tomarle una foto mostrando el modo de falla.

8.15. Determinarle su contenido de humedad.

9. Fórmulas y modos de cálculo:

Las medidas y los cálculos tendrán tres cifras significativas.

9.1. Calcular la deformación axial (ε), expresada como decimal, para una determinada carga axial aplicada, de la siguiente forma:

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H_c}$$

donde:

ΔH = cambio en la altura de la muestra, determinado a partir de las lecturas del indicador de deformación.

H_c = altura inicial de la muestra menos cualquier cambio en la longitud antes de la carga.

9.2. Calcular el área media de la sección transversal (A) en función de la deformación axial:

$$A = \frac{A_c}{1 - \varepsilon}$$

donde:

A_c = promedio inicial del área de la sección transversal de la muestra

ε = deformación axial para cada carga axial aplicada (expresada en tanto por uno).

NOTA: En el caso de que la aplicación de la presión de la cámara resulta un cambio en la longitud de la muestra (A_o), debe ser corregida para reflejar este cambio en el volumen. Frecuentemente, esto es hecho asumiendo que los esfuerzos laterales son iguales a los verticales. El diámetro después del cambio de volumen sería $D = D_o (1 - \Delta H/H)$.

9.3. Calcular la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador), ($\sigma_1 - \sigma_3$), para una determinada carga axial aplicada de la siguiente manera:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$$

donde:

P = carga axial aplicada dada (corregida en función del levantamiento y de la fricción del pistón, si es necesario)

A = área de la sección transversal correspondiente.

9.4. Curva esfuerzo-deformación: Preparar una gráfica mostrando la relación entre los cambios de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) y la deformación axial, dibujar el esfuerzo desviador como ordenada y la deformación axial (en %) como abscisa. Esta gráfica permitirá seleccionar parámetros de diseño como la resistencia a la compresión y deformación axial de falla, según los criterios del solicitante del ensayo.

9.5. Corrección para la membrana de caucho: Asumiendo que las unidades son consistentes, la siguiente ecuación debe ser utilizada para corregir la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) para el efecto de la membrana de caucho si el error de la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) debido a la resistencia de la membrana excede al 5%:

$$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{4E_m t_m \varepsilon}{D_c}$$

donde:

$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3)$ = corrección que será restada de la medida de la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador).

$D_c = \sqrt{4A_c/\pi}$ = diámetro de la muestra.

E_m = módulo de Young para el material de la membrana.

t_m = espesor de la membrana.

ε_1 = deformación axial.

9.5.1. El módulo de Young del material de la membrana puede ser determinado sobre una tira de 10 mm de ancho. El valor del módulo puede ser calculado mediante la siguiente ecuación:

$$E_m = \frac{F/A_m}{\Delta L/L}$$

donde:

E_m = módulo de Young del material de la membrana.

F = fuerza aplicada al estiramiento de la membrana.

L = longitud inicial de la membrana.

ΔL = cambio en la longitud de la membrana debido a la fuerza F .

A_m = dos veces el espesor inicial de la membrana, multiplicado por el ancho de banda de la membrana = $2 t_m W_s$.

Un valor típico de E_m para membrana de látex es 1400 kN/m^2 .

NOTA: El efecto de la rigidez de la membrana en el esfuerzo lateral es usualmente asumido como despreciable.

NOTA: Las correcciones para filtros de papel y membranas se basan en hipótesis de su comportamiento durante la aplicación del corte. Su comportamiento real es complejo, y no hay un consenso sobre las correcciones más exactas.

9.6. Determinar el mayor y el menor esfuerzo total principal de falla como sigue.

σ_3 = menor esfuerzo total principal= cambio de presión

σ_1 = mayor esfuerzo total principal

= esfuerzo desviador de falla más cambio de presión.

9.7. Calcular el grado de saturación inicial de la muestra de ensayo utilizando el peso y las dimensiones iniciales.

NOTA: La gravedad específica es determinada en concordancia con el Método de Ensayo D 854, es requerida para el cálculo de la saturación. Una gravedad específica asumida puede ser utilizada, siempre que sea indicado en el informe del ensayo que un valor asumido fue utilizado.

10. Consideraciones de seguridad, higiene y ambiente

En el ensayo triaxial debe cuidarse de no exceder la presión máxima de cámara tanto en la celda triaxial como en las interfases agua/aire si las hubiere según el dispositivo de confinamiento dispuesto. La rotura de una cámara presurizada con aire comprimido puede causar lesiones al operador y personas adyacentes según los niveles de presión utilizados y los elementos de protección dispuestos. Por lo general, en el laboratorio de suelos del IMME la fuente de aire comprimido es menor de 150 psi, que corresponde por lo general a la máxima presión de cámara de los dispositivos para aplicar la presión de confinamiento, existentes en el laboratorio.

Cumplir además con las normas expuestas en el “Manual de Seguridad e Higiene en el Laboratorio”.

11. Formularios y registros:

Los registros de datos iniciales de la muestra y los registros tomados durante el ensayo, correspondientes a los formatos TRIAXIAL I (04/09) y TRIAXIAL II (04/09), deberán archivarse durante un lapso de tiempo no menor a 1 año. Los datos manuales deben escribirse con bolígrafo, quedando completamente prohibido el registro de datos con lápiz de grafito.

[illegible]

TRIAXIAL II (04/09)[illegible]

ENSAYO: Ensayo de compresión triaxial, en condición consolidada y no drenada.

1. **Objeto:** Determinar la fuerza y la relación esfuerzo – deformación de una muestra cilíndrica, sometida a una presión de confinamiento, generada por un fluido en una cámara triaxial, restringiendo el drenaje de la misma durante el ensayo. Los esfuerzos son corregidos por presión de poros.
2. **Alcance:** Cualquier tipo de muestra no perturbada o remoldeada de suelo cohesivo saturado, consolidado isotrópicamente.
3. **Responsables:** Director del IMME.
4. **Definiciones y siglas:**
 - 4.1. Presión de poros: Una presión aplicada a la muestra poros-agua a causa del aire en los poros para comprimir y pasar hacia la solución en poros-agua de modo que aumenta el porcentaje de saturación en la muestra.
 - 4.2. Esfuerzo efectivo de consolidación: Diferencia entre la ceda de presión y la presión de poros antes del corte de la muestra.
 - 4.3. Falla: La condición del esfuerzo de falla para una muestra de ensayo. La falla es a menudo tomada para la máxima diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) alcanzada o la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) al 15% de carga axial, lo que es obtenido durante la realización de un ensayo. Dependiendo del comportamiento del suelo y el campo de aplicación, otro criterio de falla puede ser definido, tal como el máximo esfuerzo efectivo de oblicuidad, σ'_1/σ'_3 , o la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) a una tensión axial seleccionada distinta al 15%.
5. **Referencias Normativas:** ASTM D 4767 – 04

6. Equipos e instrumentos:

6.1. Prensa hidráulica: Debe garantizar que el valor de carga seleccionado no presente una desviación no mayor del $\pm 1\%$ del valor seleccionado. Se debe garantizar que la vibración del equipo sea pequeña para que la muestra o la presión de poros no se vea afectada cuando las válvulas de drenaje estén cerradas.

6.2. Celda de carga: Capaz de dar resultados con una exactitud de 1% de la carga axial de falla.

6.3. Cámara triaxial.

6.4. Pistón para carga axial: Diseñado de tal forma que la variación en la carga axial debido a la fricción, no exceda el 0.1% de la carga axial medida a la falla.

6.5. Dispositivos para el control de presión: Deben ser capaces de aplicar y controlar presión con $\pm 2\text{KPa}$ para una consolidación efectiva de menos de 200KPa y con $\pm 1\%$ para una consolidación efectiva con presiones mayores de 200KPa.

6.6. Dispositivos para el control del vacío: Deben ser capaces de aplicar y controlar vacíos de $\pm 2\text{KPa}$.

6.7. Dispositivo para la medición de presión y vacío: Manómetros, transductores electrónicos de presión, etc.

6.8. Dispositivo para medir la presión de poros: Utilizar un transductor electrónico de presión rígido, o un indicador de posición del agua. Este sistema debe tener conformidad con el volumen de la muestra, por lo que se debe satisfacer la siguiente expresión:

$$(\Delta V/V)/\Delta u < 3.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{kN}$$

Donde:

ΔV = Cambio de volumen en el sistema de medición de la presión de poros, debido al cambio de esta.

V = Volumen total de la muestra.

Δu = Cambio en la presión de poros.

6.9.Dispositivo para la medición del cambio de volumen: El volumen de agua que entra o sale de la muestra debe ser medido con una precisión del $\pm 0.05\%$ del volumen total de la muestra. El instrumento más común a usar para este fin es una bureta.

6.10.Sellos para la muestra: Se deben emplear una tapa y base rígidas e impermeables para evitar el drenaje de la muestra. Estos elementos deben ser contruidos de un metal no corrosivo e impermeable; deben tener una superficie plana circular. La tapa a emplear debe tener una masa con un peso equivalente al 10% de la carga axial de falla. El diámetro de tapa y base debe ser igual al diámetro inicial de la muestra. La base debe estar conectada a la cámara triaxial, para así evitar movimientos laterales. Se debe garantizar que la excentricidad entre la tapa y el pistón de fuerza axial no exceda de 1.3mm. La superficie de contacto entre la membrana, tapa y base, debe estar libre de irregularidades, de tal manera que se forme un sello.

6.11.Indicador de deformación vertical (LVDT): La deformación vertical de la muestra debe ser medida con una precisión de por lo menos 0.25% de la altura de la muestra. El medidor de deformación debe tener un rango de por lo menos el 15% de la altura de la muestra.

6.12.Piedras porosas: Debe tener una permeabilidad aproximada de 1×10^{-4} cm/seg.

6.13.Papel de filtro:

6.14.Membrana: Debe ser chequeada antes de ser utilizada. En caso de tener huecos se debe desechar. El espesor de la membrana no debe exceder del 1% del diámetro de la muestra. Para ensamblar la membrana con la muestra, tapa y base se deben utilizar O-rings.

6.15.Anillos de goma (O-rings).

6.16.Válvulas

6.17.Vernier

6.18.Saca muestras.

6.19.Cronómetro: Con precisión de 1seg.

6.20. Balanza de capacidad de 500gr y apreciación de 0,01gr.

6.21. Desaireador de agua

6.22. Cilindro ensanchador.

6.23. Misceláneos: Vernier, espátula, cuchillos, sierra con hilo de acero, recipientes, etc.

7. Preparación de la muestra:

La consolidación y el corte deben ser realizados en un ambiente donde las fluctuaciones de temperatura sean menores a $\pm 4^{\circ}\text{C}$ y no halla contacto directo con la luz del sol.

Las muestras deben ser cilíndricas y con un diámetro mínimo de 3.3cm. La relación altura – diámetro debe ir entre 2 y 2.5. La partícula más larga debe ser más pequeña que 1/6 del diámetro de la muestra. Si después de terminar el ensayo se observan partículas mayores a las indicadas, indicarlo en la hoja de registro del ensayo.

7.1 Preparación de muestras no perturbadas.

7.1.1 En caso de obtener muestras cilíndricas, estas deben ser ensayas sin ser cortadas, excepto por las irregularidades de los extremos y si las condiciones de la muestra lo justifican. Se hace necesario manejar la muestra cuidadosamente para prevenir perturbaciones, cambios en la sección principal o pérdida en el contenido de humedad.

7.1.2 Preparar muestras talladas con perturbación mínima y en la medida de lo posible, en una habitación con humedad controlada. Se debe hacer todo lo necesario para evitar cambios en el contenido de humedad del suelo.

7.1.3 Las muestras deben ser de sección circular uniforme, y sus extremos deben ser perpendiculares a la dirección longitudinal de la muestra.

7.1.4 Durante el tallado, remover aquellas pequeñas irregularidades encontradas en la muestra. Rellenar cuidadosamente las aberturas encontradas con suelo remoldeado obtenido de los cortes previos.

7.1.5 Cuando en los extremos de la muestra las irregularidades son excesivas, tapar la muestra con un espesor mínimo de yeso o un material similar.

7.1.6 Tallar la muestra haciendo uso del torno para emparejar respectivamente la superficie lateral y los extremos de la muestra cilíndrica con las dimensiones requeridas en diámetro y altura.

7.1.7 Cuando se determina que es posible la acción de fuerzas capilares, inmediatamente después de haber terminado la muestra y durante el ensayo, esta se debe sellar con una membrana o papel plástico.

7.1.8 Determinar el peso y las dimensiones de la muestra, registrándolos en el formato de registro TRIAXIAL I (04/09). Si la muestra va a ser sellada, realizar la medición antes de que esto ocurra.

7.1.9 En el caso de que no se use toda la muestra para la obtención del contenido de humedad, guardar una porción aparte para tal fin.

7.2 Preparación de muestras compactadas.

7.2.1 El suelo requerido para la preparación de las muestras compactadas deben ser mezcladas con suficiente agua para lograr el contenido de humedad deseado.

7.2.2 En caso de agregar agua, almacenar la muestra en un envase cubierto durante por lo menos 16 horas previo a la compactación.

7.2.3 Las muestras deben ser compactadas en por lo menos seis capas, empleando un molde con dimensiones adecuadas para cumplir con los requerimientos establecidos para la dimensión de muestras.

7.2.4 Para muestras compactadas con una densidad definida, apisonar cada capa de suelo hasta obtener el volumen conocido, o ajustar el número de capas, golpes y fuerza por golpe.

- 7.2.5** La superficie de cada capa debe ser escarificada antes de colocar la siguiente capa. El apisonador utilizado para compactar el material, debe tener un diámetro igual o menos a la mitad del diámetro del molde.
- 7.2.6** Una vez culminada la compactación, retirar la muestra del molde y determinar sus dimensiones y peso.
- 7.2.7** Determinar uno o más contenidos de humedad utilizando el material sobrante.

7.3. Colocación de la muestra:

- 7.3.1.** Con ayuda de un cilindro ensanchador, estirar la membrana y colocarla sobre la muestra evitando en lo posible perturbarla.
- 7.3.2.** Verificar que las piedras porosas y los tubos de drenaje no estén obstruidos pasando agua o aire.
- 7.3.3.** La cámara los dispositivos para el control de presión, y los dispositivos para la medición de volumen y presión de poros.
- 7.3.4.** Secar el sistema de drenaje.
- 7.3.5.** Secar las piedras porosas en el horno y luego ponerlas en el desecador para que alcancen la temperatura ambiente.
- 7.3.6.** Colocar una piedra porosa sobre la base, sobre esta la muestra, sobre esta otra piedra porosa y por último colocar la tapa. Verificar que todo el armado este centrado con la base.
- 7.3.7.** En caso de utilizar papel de filtro, colocarlo en tope y en el fondo.
- 7.3.8.** Sujetar la membrana con anillos de goma (O-rings) para asegurar el aislamiento de la muestra dentro de la cámara y poner la tapa de la cámara.
- 7.3.9.** Ensamblar la cámara triaxial.

8. Método de ensayo:

- 8.1.** Poner el pistón en contacto con la tapa de la muestra tantas veces como sea necesario para que el pistón quede alineado.

8.2. Registrar en el formato TRIAXIAL II (04/09), la lectura en el indicador de deformación con tres cifras significativas.

8.3. Llenar la cámara con el líquido confinante. Tener cuidado con el aire atrapado en la muestra, o con los espacios de aire que puedan quedar en la cámara.

8.4. Saturación: Aplicar el máximo vacío posible en el tope de la muestra. Si el esfuerzo para generar la consolidación efectiva deseada es menor que el máximo vacío aplicado, aplicar un vacío menor a la cámara triaxial. La diferencia entre el vacío parcial aplicado a la muestra y a la cámara, nunca debe exceder el esfuerzo de consolidación efectiva y no debe ser menos a 35 KPa, para así permitir el flujo dentro de la muestra.

8.5. Luego de 10 min. dejar fluir el agua desde el fondo hasta el tope de la muestra, aplicando un vacío menor de 20KPa. Durante este proceso, en el fondo de la muestra debe haber siempre esfuerzos efectivos positivos de por lo menos 13KPa. Cuando el agua aparezca en la bureta conectada al tope de la muestra, cerrar la válvula ubicada al fondo de la muestra y llenar la bureta con agua desaireada.

8.6. Reducir el vacío actuante en el tope de la muestra hasta que la bureta alcance la presión atmosférica. Simultáneamente, incrementar la presión de la cámara en igual cantidad. Este proceso se debe realizar pausadamente y así garantizar que las presiones en el fondo y en el tope sean equilibradas. Para verificar esto, cerrar las válvulas de drenaje de la muestra y medir el cambio en la presión de poros hasta que esta sea estable. Si el cambio es menos al 5% de la presión de cámara, se puede asumir que la presión de poros está estable.

8.7. Una vez llenada con agua desaireada la bureta conectada al tope de la muestra, aplicar una presión de cámara de 35 KPa o menos y abra las válvulas de drenaje. Cuando la presión de poros en el fondo de la muestra se estabilice, es posible que se haya iniciado la presión de poros. Para evitar esfuerzos iniciales no deseados en la muestra mientras se aplica la presión de poros, las presiones deben ser aplicadas en incrementos

distanciados adecuadamente, permitiendo que la presión de poros en la muestra se estabilice. El rango de los incrementos puede ir de 35 KPa a 140 KPa. La diferencia entre la presión de cámara y la presión de poros no debe exceder de 35 KPa a menos que se requiere para evitar el hinchamiento de la muestra durante el ensayo, adicionalmente, esta diferencia es tolerable en un $\pm 5\%$ cuando las presiones son elevadas y en $\pm 2\%$ cuando las presiones son constantes.

8.8. Aplicar simultáneamente incrementos de presión de cámara y de poros, en intervalos y con las válvulas de drenaje abiertas, de tal forma que el agua desaireada de la bureta pueda fluir a través de la muestra.

8.9. Para determinar si la saturación fue completada, se debe realizar la medición del parámetro B; se considera que la muestra está saturada si el valor de B es mayor o igual a 0.95, o si B se mantiene constante con incrementos de presión de poros.

8.10. El parámetro B se calcula de la siguiente expresión:

$$B = \Delta u / \Delta \sigma_3$$

Donde:

Δu = Cambios en la presión de poros que ocurren a causa de un cambio de la presión de cámara cuando las válvulas de drenaje están cerradas.

$\Delta \sigma_3$ = Cambio en la presión de poros.

8.11. Cerrar las válvulas de drenaje, registrar la presión de poros e incrementar la presión de cámara a 70 KPa. Luego de 2 min. registrar el máximo valor de presión de poros inducido.

8.12. Calcular B.

8.13. Volver a aplicar el mismo esfuerzo efectivo de consolidación antes de calcular el valor de B, reduciendo la presión de cámara en 70 KPa o incrementando la presión de poros en 70 KPa. Si el valor de B se incrementa, continuar con la saturación por presión de poros. Si B es igual a 0.95, o si la gráfica de B versus presión de poros indica que no hay crecimiento en B mientras se incremente la presión de poros, iniciar la consolidación.

8.14. Consolidación: Cuando la saturación se haya completado, colocar el pistón en posición con la tapa de la muestra y registrar en el formato TRIAXIAL I (04/09) la lectura obtenido del dispositivo para medir deformación, con tres cifras significativas. Una vez realizada la medida, separar ligeramente el pistón de la tapa y trabarlo, dejándolo en posición.

8.15. Cerrar las válvulas de drenaje.

8.16. Mantener constante la máxima presión de poros, e incrementar la presión de cámara, hasta que la diferencia entre ambas se igual al esfuerzo efectivo de consolidación deseado.

8.17. Obtener la lectura de la bureta y luego abrir las válvulas de tal forma que la muestra pueda drenar hacia la bureta.

8.18. A los intervalos de tiempo 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15 y 30min. y a 1, 2, 4 y 8 horas, observar y anotar las lecturas de la bureta, y después de la lectura de 15 min., registrar la lectura de deformación. Si se desea realizar una gráfica de deformación versus raíz cuadrada del tiempo, se pueden seleccionar intervalos de tiempo cuya raíz cuadrada sea sencilla, como por ejemplo 0.09, 0.25, 0.49, 1, 4 y 9 min.

8.19. Realizar una gráfica que contenga las mediciones de la bureta y del indicador de deformación, versus el logaritmo o la raíz cuadrada del tiempo, cualquiera de los dos.

8.20. Permitir que la consolidación siga por lo menos una noche más, una vez que se alcance el 100% de la consolidación primaria. Una marcada desviación entre las pendientes de las lecturas de la bureta y las lecturas de deformación, indica la fuga del fluido de la cámara a la muestra, por lo que el ensayo debe ser finalizado.

8.21. Determinar el tiempo requerido para el 50% de la consolidación primaria t_{50} de acuerdo al procedimiento establecido en el método elaborado para el ensayo de consolidación unidimensional.

8.22. Corte: Durante el corte, la presión de cámara debe permanecer constante mientras avanza el pistón contra la tapa de la muestra, utilizando

un esfuerzo axial controlado. El drenaje de la muestra no es permitido durante el corte.

8.23. Antes de realizar el corte:

8.24. Aislar la muestra abriendo o cerrando las válvulas adecuadas, de tal forma que durante el ensayo, la presión de poros sea medida y no ocurra drenaje alguno.

8.25. Se debe tener cuidado al alinear la prensa con el LVDT, y la cámara triaxial, a fin de prevenir la aplicación de fuerzas laterales al pistón durante el ensayo.

8.26. Colocar el pistón en contacto con la tapa de la muestra. Si el dispositivo para el registro de la fuerza axial es colocado afuera de la cámara, la presión generada por esta última puede producir una fuerza ascendente en el pistón que puede ir en contra de la aplicación de la carga. En este caso, iniciar el corte con el pistón ligeramente apoyado sobre la tapa de la muestra. Registrar la fricción y el empuje ascendente del pistón producido por la presión de cámara. Corregir las mediciones de fuerza axial realizadas. Si el dispositivo para el registro de la fuerza axial es colocado dentro de la cámara, no es necesario corregir o compensar la fuerza ascendente, sin embargo, si el dispositivo para el registro es significativamente flexible, y es usado en combinación con un indicador de deformación externo, se hace necesario la corrección de las lecturas. En ambos casos, realizar la lectura inicial de la presión de poros y deformación, inmediatamente después que el pistón hace contacto con la tapa de la muestra.

8.27. Cerrar las válvulas de drenaje y verificar la presión de poros hasta que sea estable. Si el cambio es menor del 5% de la presión de cámara, se puede considerar estable.

8.28. Aplicar la carga axial a la muestra, utilizando una rata de esfuerzo axial. Asumiendo que la falla va a ocurrir luego del 4%, se puede determinar una adecuada rata de deformación $\dot{\epsilon}$, mediante la siguiente ecuación:

$$\dot{\epsilon} = 4\% / (10 t_{50})$$

8.29. Por lo mínimo, registrar la carga y la deformación con tres cifras significativas, además de registrar la presión de poros, a incrementos de 0.1 a 1% de deformación y después a cada 1%. Tomar suficientes lecturas para definir la curva esfuerzo – deformación. Continuar la carga hasta el 15% de la deformación.

8.30. Retirar la carga axial.

8.31. Reducir tanto la presión de cámara como la presión de poros a cero.

8.32. Manteniendo las válvulas de drenaje cerradas, remover rápidamente la muestra de los aparatos de tal forma que no tenga tiempo de absorber agua de las piedras porosas.

8.33. Retirar la membrana y realizar un contenido de humedad a toda la muestra.

8.34. Antes de colocar la muestra en el horno para realizarle el contenido de humedad, tomar una foto mostrando el modo de falla.

9. Fórmulas y modos de cálculo:

Las medidas y los cálculos tendrán tres cifras significativas.

9.1. *Propiedades iniciales de la muestra:* Usando del peso seco de la muestra total, calcular y registrar el contenido de agua inicial, el volumen de sólidos, relación inicial de vacíos, porcentaje inicial de saturación y el peso seco unitario inicial. Calcular el volumen de la muestra a partir de los valores medidos en 7.1. o 7.2. Calcular el volumen de sólidos dividiendo el peso seco de la muestra por la gravedad específica de los sólidos (NOTA1) y dividiendo por la densidad del agua. Calcular el índice de vacíos dividiendo el volumen de vacíos entre el volumen de sólidos, donde el volumen de los vacíos se supone que es la diferencia entre el volumen de la muestra y el volumen de los sólidos. Calcular la densidad seca dividiendo el peso seco de la muestra entre el volumen de la muestra.

NOTA1: La gravedad específica de los sólidos puede ser determinada con el método de ensayo D854 o puede ser asumida basándose en los resultados de ensayos anteriores.

9.2. Propiedades de la muestra después de la consolidación: Calcular la altura de la muestra después de la consolidación de la siguiente forma:

9.2.1. Altura de la muestra después de la consolidación (H_c) es determinada mediante la siguiente ecuación:

$$H_c = H_0 - \Delta H_0$$

$$H_c = H_0 - \Delta H_0$$

donde:

H_0 = altura inicial de la muestra.

ΔH_0 = cambio en la altura de la muestra al final de la consolidación.

9.2.2. La sección transversal de la muestra después de la consolidación (A_c), se calculará utilizando uno de los métodos siguientes. La elección del método a utilizar depende de si las mediciones de los cambios volumétricos durante la saturación y consolidación son representativas, en la opinión de una persona calificada. En éste caso, se utiliza el método A). Alternativamente, el promedio de las dos áreas calculadas puede ser conveniente.

9.2.2.1. Método A:

$$A_c = \frac{V_0 - \Delta V_{sat} - \Delta V_c}{H_c}$$

donde:

V_0 = volumen inicial de la muestra.

V_c = cambio en el volumen de la muestra durante la consolidación como lo indica las lecturas de la bureta.

ΔV_{sat} = cambio en el volumen de la muestra durante la saturación:

$$\Delta V_{sat} = 3V_0 [\Delta H_s / H_0]$$

donde:

ΔH_s = cambio en la altura de la muestra durante la saturación.

9.2.2.2. Método B:

$$A_c = \frac{V_{wf} + V_s}{H_c}$$

donde:

V_{wf} = volumen de agua final (basado en el contenido de agua final).

V_s = volumen de los sólidos:

$$V_s = \frac{w_s}{(G_s p_w)}$$

donde:

w_s = masa seca de la muestra.

G_s = gravedad específica de los sólidos.

p_w = densidad del agua.

9.2.3. Usando las dimensiones de la muestra calculadas después de la consolidación, y asumiendo que el contenido de agua después de la consolidación es el mismo como el contenido final de agua, calcular índice de vacíos consolidado y el porcentaje de saturación.

NOTA: La muestra absorberá el agua de la porosidad de los discos y las líneas de drenaje durante el tiempo que es removida del equipo. Cuando este efecto sea significativo, el método A producirá valores más razonables.

NOTA: En este método de ensayo, las ecuaciones son escritas de tal forma que la compresión y la consolidación se consideran positivas.

9.3. Datos de corte.

9.3.1. Calcular la deformación axial (ϵ_1), para una determinada carga axial aplicada de la siguiente manera:

$$\epsilon_1 = \frac{\Delta H}{H_c}$$

donde:

ΔH = cambio en la altura de la muestra durante la carga, determinado a partir de las lecturas del indicador de deformación.

H_c = altura de la muestra después de la consolidación.

9.3.2. Calcular el área de la sección transversal de la muestra (A), para una determinada carga axial aplicada:

$$A = \frac{A_c}{1 - \varepsilon_1}$$

donde:

A_c = promedio del área de la sección transversal de la muestra después de la consolidación.

ε_1 = deformación axial para cada carga axial.

NOTA: El área de la sección transversal calculada de esta manera se basa en el supuesto que la muestra se deforma como un cilindro circular recto durante el corte. En los casos donde hay hinchamiento localizado (forma de barril con abombamiento generalmente a media altura), puede ser posible determinar con mayor precisión los valores del área, basándose en las mediciones de la muestra obtenidas al final del ensayo.

9.3.3. Calcular la diferencia de esfuerzos principales, esfuerzo desviador ($\sigma_1 - \sigma_3$), para una determinada carga axial aplicada de la siguiente manera:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$$

donde:

P = carga axial aplicada dada (corregida en función del levantamiento y de la fricción del pistón, si es necesario)

A = área de la sección transversal correspondiente.

9.3.3.1. Corrección para filtros de papel: Para filtros de papel verticales que se extienden más de la longitud total de la muestra, aplicar una corrección de filtro de papel a los valores de la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) calculados, si el error en la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) debido a la fuerza del filtro de papel excede al 5%:

(1) Para valores de deformación axial por encima del 2%, utilice la siguiente ecuación para calcular la corrección:

$$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{K_{fp} P_{fp}}{A_c}$$

donde:

$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3)$ = corrección que será restada de la medida de la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador).

K_{fp} = carga transportada por el filtro de papel por unidad de longitud del perímetro cubierto por el filtro.

P_{fp} = perímetro cubierto por el filtro de papel.

A_c = área de sección transversal de la muestra después de la consolidación.

(2) Para valores de deformación axial de 2% o menos, utilice la siguiente ecuación para calcular la corrección:

$$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{50\varepsilon_1 K_{fp} P_{fp}}{A_c}$$

donde:

ε_1 = deformación axial (en tanto por uno).

Y las demás condiciones son las mismas definidas en el subpárrafo (1) de 9.3.3.1.

NOTA: Para el filtro de papel generalmente utilizados en los ensayos triaxiales, K_{fp} es aproximadamente de 0,19kN/m = 1,1lb/pulg).

9.3.3.2. Corrección para la membrana de caucho: Según lo indicado en 9.3.3.1.

NOTA: Las correcciones para filtros de papel y membranas se basan en hipótesis de su comportamiento durante el ensayo de corte. Su comportamiento real es complejo, y no hay un consenso sobre las correcciones más exactas.

9.3.4. Calcular el esfuerzo principal menor efectivo (σ'_3) para una determinada carga axial aplicada:

$$\sigma'_3 = \sigma_3 - \Delta u$$

donde:

σ_3 = esfuerzo efectivo de consolidación.

Δu = variación de la presión de poros inducida por la aplicación de la carga axial.

9.4. Diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) y curva de presión de poros inducida versus deformación axial: Preparar gráficos que muestren las relaciones entre la diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador) y la presión de poros inducida con la deformación axial, plotear el esfuerzo desviador y la presión de poros inducida en las ordenadas, y la deformación axial en las abscisas. Seleccione el esfuerzo desviador y la deformación axial correspondiente a la falla, según el criterio indicado por el solicitante del ensayo.

9.5. Diagrama p'-q: Prepare gráficos que muestren la relación entre p' y q, colocando los puntos de q en la ordenada y p' en las abscisas usando la misma escala. Los valores de p' y q para una determinada carga axial aplicada pueden ser calculados como:

$$p' = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3) + 2\sigma'_3}{2} ; q = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$$

donde:

$\sigma_1 - \sigma_3$ = diferencia de esfuerzos principales (esfuerzo desviador).

σ'_3 = esfuerzo de confinamiento efectivo.

9.6. Determinar el mayor y el menor esfuerzo principal al error basado en los esfuerzos totales, σ_{1f} y σ_{3f} respectivamente, y en los esfuerzos efectivos σ'_{1f} y σ'_{3f} respectivamente:

σ_{3f} = esfuerzo efectivo de consolidación

$$\sigma_{1f} = (\sigma_1 - \sigma_3) \text{ al error} + \sigma_{3f}$$

$$\sigma'_{3f} = \sigma_3 - \Delta u_f$$

$$\sigma'_{1f} = (\sigma_1 - \sigma_3) \text{ al error} + \sigma'_{3f}$$

donde Δu_f es la presión de poros inducida al error.

9.7. Círculo de esfuerzos de Mohr: Si lo desea, construir el círculo de esfuerzos de Mohr basado en el error total y los esfuerzos efectivos en un gráfico aritmético con los esfuerzos de corte en las ordenadas y esfuerzos normales en las abscisas, usando la misma escala. El círculo basado en el

total de esfuerzos se dibuja con un radio de una mitad de la diferencia de los esfuerzos principales (esfuerzo desviador) al error con su centro por un valor igual a una mitad de la suma del mayor y el menor esfuerzo principal total. El círculo de los esfuerzos de Mohr basado en los esfuerzos efectivos es dibujado de una manera similar, exceptuando que su centro está en un valor igual a la mitad de la suma del menor y mayor esfuerzo efectivo principal.

10. Consideraciones de seguridad, higiene y ambiente

En el ensayo triaxial debe cuidarse de no exceder la presión máxima de cámara tanto en la celda triaxial como en las interfases agua/aire si las hubiere según el dispositivo de confinamiento dispuesto. La rotura de una cámara presurizada con aire comprimido puede causar lesiones al operador y personas adyacentes según los niveles de presión utilizados y los elementos de protección dispuestos. Por lo general, en el laboratorio de suelos del IMME la fuente de aire comprimido es menor de 150 psi, que corresponde por lo general a la máxima presión de cámara de los dispositivos para aplicar la presión de confinamiento, existentes en el laboratorio.

Cumplir además con las normas expuestas en el “Manual de Seguridad e Higiene en el Laboratorio”.

11. Formularios y registros:

Los registros de datos iniciales de la muestra y los registros tomados durante el ensayo, correspondientes a los formatos TRIAXIAL I (04/09) y TRIAXIAL II (04/09), deberán archivararse durante un lapso de tiempo no menor a 1 año. Los datos manuales deben escribirse con bolígrafo, quedando completamente prohibido el registro de datos con lápiz de grafito.

[illegible]

[illegible]

ENSAYO: Características de compactación de un suelo, utilizando un esfuerzo normal. (Proctor normal).

1. **Objeto:** Determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en moldes de 4 o 6 pulgadas, mediante el uso de un martillo de 24.4N, el cual se deja caer desde una altura de 305mm, lo que produce un esfuerzo de compactación de 600 KN-m/m³.
2. **Alcance:** Muestras de suelo que tengan menos del 30% de su peso retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ ".
3. **Responsables:** Director del IMME.
4. **Definiciones y siglas:**
 - 4.1. Fracción Gruesa (Pc), en %: Porción de la muestra total no utilizada en la realización del ensayo de compactación; puede ser la porción de la muestra total retenida en los tamices #4 (4,75mm), 3/8" (9,5mm) o 3/4" (19,0mm).
 - 4.2. Esfuerzo estándar: Término para el esfuerzo de compactación de 12400 lbf/ft³ o 600kN-m/m³ aplicado por el equipo y los métodos de este ensayo.
 - 4.3. Peso unitario seco máximo estándar (γ_{dmax}), en lbf/ft³ (kN/m³): Máximo valor definido por la curva de compactación para un ensayo de compactación utilizando el esfuerzo estándar.
 - 4.4. Contenido de agua óptimo estándar (w), en %: Contenido de agua en el que un suelo puede ser compactado al peso unitario seco máximo utilizando el esfuerzo de compactación estándar.
 - 4.5. Fracción fina (Pf), en %: Porción de la muestra total utilizada en la realización del ensayo de compactación; es la fracción pasante del tamiz #4

(4,75mm) en el método A, del 3/8" (9,5mm) en el método B, o del 3/4" (19,0mm) en el método C.

5. Referencias Normativas: ASTM D 698-00a

6. Equipos e instrumentos:

6.1. Molde para ensamble: Este debe ser de forma cilíndrica, hecho de un metal rígido. Las paredes del molde deben ser sólidas. Cada molde debe tener un plato base y un collar para ensamble, ambos hechos de un metal rígido, y contruidos de tal manera que puedan ser armados y desarmados del molde de forma sencilla. El collar debe tener una altura por encima del límite superior del molde, de por lo menos 50.8mm. El collar de extensión debe estar alineado con la parte interna del molde. El fondo del plato base debe ser plano.

Molde de 4": Debe tener un diámetro interno de $101.6 \pm 0.4\text{mm}$, una altura de $116.4 \pm 0.5\text{mm}$ y un volumen de $944 \pm 14\text{cm}^3$.

Molde de 6": Debe tener un diámetro interno de $152.4 \pm 0.7\text{mm}$, una altura de $116.4 \pm 0.5\text{mm}$ y un volumen de $2124 \pm 25\text{cm}^3$.

6.2. Martillo de compactación: Este puede ser operado manual o mecánicamente. El martillo debe caer libremente desde una altura de $304.8 \pm 1.3\text{mm}$ medida desde la superficie de la muestra. El peso del martillo debe ser de $2.5 \pm 0.01\text{Kg}$, excepto que la masa se ajuste a las especificaciones de otro método. La cara de golpeo del martillo debe ser plana y de forma circular, con un diámetro cuando es nuevo de $50.8 \pm 0.13\text{mm}$.

Martillo manual: Debe estar equipado con una guía de eje suficientemente libre como para que la caída del martillo no sea restringida. La guía del martillo debe tener por lo menos 4 hoyos de ventilación en cada extremo, cuyos centros deben estar colocados a $19.0 \pm 1.6\text{mm}$ de cada extremo, y deben estar

separados entre ellos 90°. El diámetro mínimo para los hoyos de ventilación debe ser 9.5mm.

6.3. Saca muestras.

6.4. Balanza de apreciación 1g.

6.5. Horno: Capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C durante el secado de la muestra.

6.6. Tamices $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ " y N°4.

6.7. Misceláneos: cuchillos, espátulas, recipientes, entre otros.

7. Preparación de muestras:

7.1. Métodos

7.1.1. Método A

Molde: 4"

Material a usar: Pasante N°4

N° de capas a compactar: 3

N° de golpes por capa: 25

Uso: Si el 20% o menos del material es retenido en el tamiz N°4.

7.1.2. Método B

Molde: 4"

Material a usar: Pasante $\frac{3}{8}$ "

N° de capas a compactar: 3

N° de golpes por capa: 25

Uso: Si mas del 20% del material es retenido en el tamiz N°4. y 20% o menos del material es retenido en el tamiz $\frac{3}{8}$ ".

7.1.3. Método C

Molde: 6"

Material a usar: Pasante $\frac{3}{4}$ "

N° de capas a compactar: 3

N° de golpes por capa: 56

Uso: Si mas del 20% del material es retenido en el tamiz 3/8". y 20% o menos del material es retenido en el tamiz 3/4".

7.2.Preparación de la muestra:

7.2.1. El peso de la muestra requerida para los métodos A y B es aproximadamente 16Kg, mientras que para el método C son 29Kg de suelo seco. Por consiguiente, se deben tener por lo menos 23 y 45Kg de muestra de campo respectivamente.

7.2.2. Tamizar la muestra en estado natural por los cedazos N°4, 3/8" o 3/4", con la finalidad de seleccionar el método a utilizar (A, B o C).

8. Método de ensayo: Método de preparación húmedo.

8.1. No utilizar un suelo que ha sido compactado previamente en el laboratorio.

8.2. Sin haberla secado previamente, pasar la muestra por los tamices N°4, 3/8" o 3/4", dependiendo del método que se vaya a utilizar. Determinar el contenido de humedad del suelo procesado.

8.3. Preparar preferiblemente 5 muestras que tengan un contenido de humedad estimado similar al óptimo. Para preparar una muestra con un contenido de humedad cercano al óptimo, se debe probar añadiendo agua y mezclando.

8.4. Seleccionar contenidos de humedad para el resto de las muestras, con la finalidad de proporcionar al menos dos muestras húmedas y dos muestras secas. Los contenidos de humedad deben variar alrededor del 2%. Al menos dos contenidos de humedad húmedos y dos contenidos de humedad seca deben estar a cada lado del contenido de humedad óptimo, esto con la finalidad de definir la curva de compactación.

8.5. Usar aproximadamente 2.3Kg del suelo tamizado para cada muestra a ser compactada por los métodos A y B, o usar aproximadamente 5.9Kg usando el método C.

8.6. Para obtener el contenido de humedad de la muestra, añadir o remover la cantidad de agua necesaria de la siguiente manera: para agregar agua, rociarla sobre el suelo mientras este es mezclado; para remover agua, colocar el suelo en un horno a una temperatura no mayor de 60°. Durante el secado, mezclar frecuentemente el suelo para así mantener la distribución del contenido de agua.

9. Fórmulas y modos de cálculo:

9.1. Calcular el peso unitario seco y el contenido de agua de cada muestra compactada como se explica en 11.3 y 11.4. Colocar los valores y dibujar la curva de compactación a través de los puntos. Ejemplo:

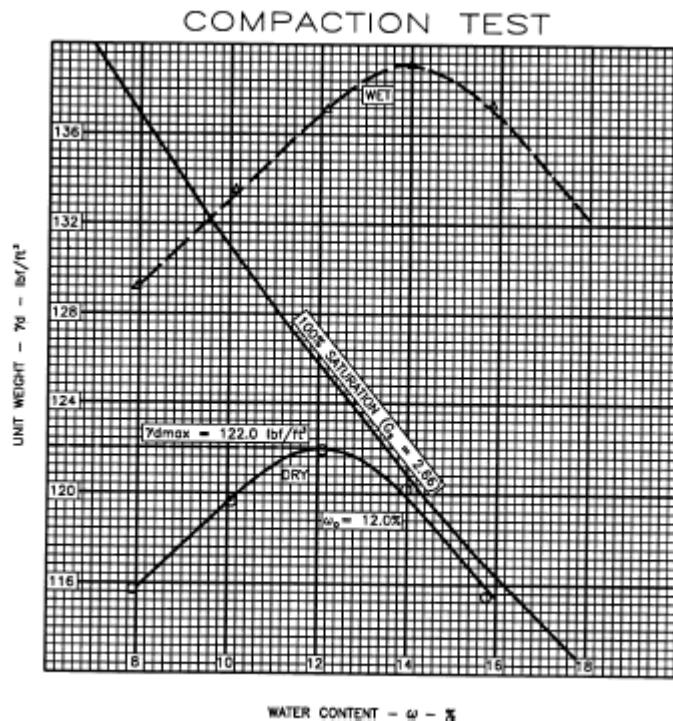


FIG. 3 Example Compaction Curve Plotting

Plotear la unidad de peso seco con una aproximación de 0,1 lbf/ft³ (0,2 kN/m³) y el contenido de agua con una aproximación de 0,1%. A partir de la curva de compactación, determinar el contenido de agua óptimo y la máxima

unidad de peso seco. Si más del 5% en peso de material extra fue retirado de la muestra, calcular el contenido de agua óptimo corregido y la máxima unidad de peso seco corregida del total de los materiales mediante la D4718. Esta corrección puede ser introducida en el campo apropiado en el lugar de la prueba de densidad en lugar del análisis de la muestra de laboratorio.

9.2. Colocar el 100% de saturación de la curva. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% de saturación puede ser calculados como se explica en 11.5. (Ejemplo fig.3).

NOTA: El 100% de saturación de la curva es una ayuda en la preparación de la curva de compactación. Para los suelos que contengan más de aproximadamente un 10% por encima del punto óptimo, las dos curvas en general son más o menos paralelas a la parte húmeda de la curva de compactación entre 92% a 95% de saturación. Teóricamente la curva de compactación no puede estar a la derecha de la curva de saturación de 100%. Si lo hace, hay un error en el peso específico, en las mediciones, en los cálculos, en las pruebas, o en el trazado.

NOTA: El 100% de la curva de saturación es denominada a veces como la curva de los huecos de aire cero o la curva de saturación completa.

9.3. Contenido de agua (w), calcular según D2216.

9.4. Peso unitario seco, calcular la densidad húmeda (ec 1), la densidad seca (eq 2) y luego el peso unitario seco (ec 3), de la siguiente manera:

$$\rho_m = \frac{(M_t - M_{md})}{1000V} \quad \text{Ec. 1}$$

donde:

ρ_m = Densidad húmeda de la muestra compactada (Mg/m³).

M_t = Masa de muestra húmeda más molde (Kg).

M_{md} = Masa de molde de compactación (Kg).

V = Volumen del molde de compactación (m³).

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \left(\frac{w}{100}\right)} \quad \text{Ec. 2}$$

donde:

ρ_d = densidad seca de la muestra compactada (Mg/m³).

w = contenido de humedad (%).

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \left(\frac{\text{lb}_f}{\text{ft}^3} \right) = 9.807 \rho_d \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Ec. 3}$$

donde:

γ_d = Peso unitario seco de la muestra compactada.

9.5. Para calcular los puntos para trazar la curva de saturación de 100%, seleccionar la curva del peso seco unitario, calcular los valores del contenido de agua correspondientes a la condición de 100% de saturación de la siguiente manera:

$$w_{sat} = \frac{\gamma_w G_s - \gamma_d}{\gamma_d G_s} 100 \quad \text{Ec. 4}$$

donde:

w_{sat} = Contenido de agua para saturación completa (%).

γ_w = Peso unitario del agua, 62.32 lb_f/ft³ (9.789 kN/m³) a 20°C.

γ_d = Peso unitario seco del sólido (lb_f/ft³ – kN/m³).

G_s = Gravedad específica del sólido.

NOTA: La gravedad específica puede ser calculada de la prueba sobre la base de datos de pruebas de otras muestras de la misma clasificación del suelo y la fuente. En caso contrario, es necesario un ensayo de gravedad específica (D854).

10. Consideraciones de seguridad, higiene y ambiente

Tener precaución con el uso del martillo de compactación ya que pudiera ocasionar lesiones en las manos del operador.

Cumplir además con las normas expuestas en el “Manual de Seguridad e Higiene en el Laboratorio”.

11. Formularios y registros:

Los registros de datos iniciales de la muestra y los registros tomados durante el ensayo, correspondientes al formato COMPACTACIÓN (04/09), deberán archivar-se durante un lapso de tiempo no menor a 1 año. Los datos manuales deben escribirse con bolígrafo, quedando completamente prohibido el registro de datos con lápiz de grafito.

COMPACTACIÓN (04/09)

Obra/Sitio: _____ Perforación/Muestra: _____

Profundidad: Clasificación:

Color/Textura: _____ Peso Específico: _____

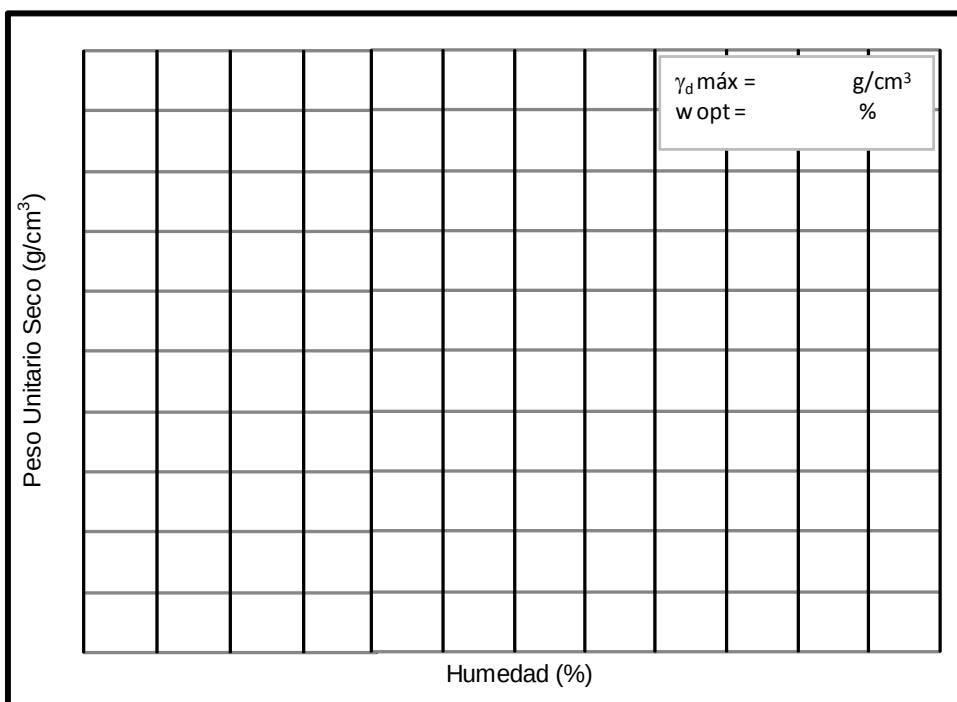
Humedad natural:

Método: _____ Diámetro del molde, cm: _____

Altura de caída del martillo, cm: _____ Altura molde, cm: _____

Peso molde, g: _____ Volumen molde, cm³: _____

ENSAYO	1	2	3	4	5
Peso suelo+molde (g)					
Peso suelo húmedo (g)					
P. unit. húmedo (g/cm ³)					
Tara N° / Peso (g)					
Muestra húmeda (g)					
Muestra seca (g)					
Humedad w (%)					
P. unit. seco yd (g/cm ³)					



Observaciones: _____

ENSAYO: Características de compactación de un suelo, utilizando un esfuerzo modificado. (Proctor modificado).

1. **Objeto:** Determinar la relación entre el contenido de humedad moldeado y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en moldes de 4 o 6 pulgadas, mediante el uso de un martillo de 44.48N, el cual se deja caer desde una altura de 457.2mm, lo que produce un esfuerzo de compactación de 2700 KN-m/m³.
2. **Alcance:** Muestras de suelo que tengan menos del 30% de su peso retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ " y que no hayan sido compactadas previamente en el laboratorio.
3. **Responsables:** Director del IMME.
4. **Definiciones y siglas:**
 - 4.1. Contenido de agua moldeado (n): Contenido de agua de la muestra de suelo en el molde después de que ha sido reconstituida y compactada.
 - 4.2. Esfuerzo modificado: Término para el esfuerzo de compactación de 56000 ft-lbf/ft³ o 2700kN-m/m³ aplicado por el equipo y los métodos de este ensayo.
 - 4.3. Peso unitario seco máximo modificado ($\gamma_{d,max}$), en lbf/ft³ (kN/m³): Máximo valor definido por la curva de compactación para un ensayo de compactación utilizando el esfuerzo modificado.
 - 4.4. Contenido de agua óptimo modificado (w_{opt}), en %: Contenido de agua en el que un suelo puede ser compactado al peso unitario seco máximo utilizando el esfuerzo de compactación modificado.
 - 4.5. Fracción Gruesa (Pc), en %: Porción de la muestra total no utilizada en la realización del ensayo de compactación; puede ser la porción de la muestra

total retenida en los tamices #4 (4,75mm) en el método A, 3/8" (9,5mm) en el método B o 3/4" (19,0mm) en el método C.

4.6. Fracción fina (Pf), en %: Porción de la muestra total utilizada en la realización del ensayo de compactación; es la fracción pasante del tamiz #4 (4,75mm) en el método A, del 3/8" (9,5mm) en el método B, o del 3/4" (19,0mm) en el método C.

5. Referencias Normativas: ASTM D 1557-07

6. Equipos e instrumentos:

6.1. Molde para ensamblaje: Este debe ser de forma cilíndrica, hecho de un metal rígido. Las paredes del molde deben ser sólidas. Cada molde debe tener un plato base y un collar para ensamblaje, ambos hechos de un metal rígido, y contruidos de tal manera que puedan ser armados y desarmados del molde de forma sencilla. El collar debe tener una altura por encima del límite superior del molde, de por lo menos 50.8mm. El collar de extensión debe estar alineado con la parte interna del molde. El fondo del plato base debe ser plano con una tolerancia de $\pm 0.1\text{mm}$.

6.2. Molde de 4": Debe tener un diámetro interno de $101.6 \pm 0.4\text{mm}$, una altura de $116.4 \pm 0.5\text{mm}$ y un volumen de $944 \pm 14\text{cm}^3$.

6.3. Molde de 6": Debe tener un diámetro interno de $152.4 \pm 0.7\text{mm}$, una altura de $116.4 \pm 0.5\text{mm}$ y un volumen de $2124 \pm 25\text{cm}^3$.

6.4. Martillo de compactación: Este puede ser operado manual o mecánicamente. El martillo debe caer libremente desde una altura de $457.2 \pm 1.3\text{mm}$ medida desde la superficie de la muestra. El peso del martillo debe ser de $4.5364 \pm 0.009\text{Kg}$, excepto que la masa se ajuste a las especificaciones de otro método. La cara de golpeo del martillo debe ser plana y de forma circular, con un diámetro cuando es nuevo de $50.8 \pm 0.25\text{mm}$.

Martillo manual: Debe estar equipado con una guía de eje suficientemente libre como para que la caída del martillo no sea restringida. La guía del martillo debe tener por lo menos 4 hoyos de ventilación en cada extremo, cuyos centros deben estar colocados a $19.0 \pm 2\text{mm}$ de cada extremo, y deben estar separados entre ellos 90° . El diámetro mínimo para los hoyos de ventilación debe ser 9.5mm.

6.5. Saca muestras.

6.6. Balanza de apreciación 1g.

6.7. Horno: Capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ durante el secado de la muestra.

6.8. Tamices $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ " y N°4.

6.9. Misceláneos: cuchillos, espátulas, recipientes, entre otros.

7. Preparación de muestras:

7.1. Métodos

7.1.1. Método A

Molde: 4"

Material a usar: Pasante N°4

N° de capas a compactar: 5

N° de golpes por capa: 25

Uso: Si el 25% o menos del material es retenido en el tamiz N°4. Si del 5 al 25% del material es retenido en el tamiz N° 4, el método requiere una corrección por sobredimensionado. En este caso, usar este método no representa ninguna ventaja, por lo que se recomienda utilizar el método B o C.

7.1.2. Método B

Molde: 4"

Material a usar: Pasante $\frac{3}{8}$ "

N° de capas a compactar: 5

Nº de golpes por capa: 25

Uso: Si mas del 25% o menos del material es retenido en el tamiz 3/8". Si del 5 al 25% del material es retenido en el tamiz 3/8", este método puede ser utilizado, pero se debe realizar una corrección por sobredimensionado. En este caso, la única ventaja de utilizar este método en vez de utilizar la variante C es que el tamaño de la muestra y molde es menor, lo que lo hace más sencillo de manipular.

7.1.3. Método C

Molde: 6"

Material a usar: Pasante 3/4"

Nº de capas a compactar: 5

Nº de golpes por capa: 56

Uso: Si mas del 30% o menos del material es retenido en el tamiz 3/4". El molde de 6" no debe ser utilizado en los Métodos A y B.

7.2. Preparación de la muestra:

7.2.1. El peso de la muestra requerida para los métodos A y B es aproximadamente 16Kg, mientras que para el método C son 29Kg de suelo seco. Por consiguiente, se deben tener por lo menos 23 y 45Kg de muestra de campo respectivamente. Cantidades mayores de suelo serán requeridas si la fracción sobredimensionada es mayor, o si un molde adicional para el contenido de agua es tomado para cada punto.

7.2.2. Tamizar la muestra en estado natural por los cedazos Nº4, 3/8" o 3/4", con la finalidad de seleccionar el método a utilizar (A, B o C).

8. Método de ensayo: Método de preparación húmedo.

8.1. No utilizar un suelo que ha sido compactado previamente en el laboratorio.

8.2. Sin haberla secado previamente, pasar la muestra por los tamices Nº4, 3/8" o 3/4", dependiendo del método que se vaya a utilizar.

8.3. Determinar y registrar el peso de ambos materiales, el pasante y el retenido, aproximando al gramo más cercano.

8.4. Hornear la masa con tamaños superiores al del tamiz seleccionado, y determinar y registrar el peso seco aproximado al gramo más cercano. Si eso representa más del 0.5% del peso seco total de la muestra, lavar esa fracción. Luego se debe determinar y registrar su peso seco luego de ser horneado, aproximando al gramo más cercano.

8.5. Determinar y registrar el contenido de humedad de la fracción de suelo a ser utilizada en el ensayo. Utilizando ese contenido de humedad, calcular el peso seco de la muestra, aproximando al gramo más cercano.

8.6. Basándose en ese peso seco, calcular y registrar los porcentajes de la fracción con tamaños superiores al del tamiz seleccionado (P_c) y de la fracción pasante (P_f); a menos que un análisis granulométrico haya sido realizado previamente.

8.7. De la muestra pasante del tamiz indicado según el método, preparar preferiblemente 5 muestras que tengan un contenido de humedad estimado similar al óptimo. Para preparar una muestra con un contenido de humedad cercano al óptimo, se debe probar añadiendo agua y mezclando.

8.8. Seleccionar contenidos de humedad para el resto de las muestras, con la finalidad de proporcionar al menos dos muestras húmedas y dos muestras secas. Los contenidos de humedad deben variar alrededor del 2%. Al menos dos contenidos de humedad húmedos y dos contenidos de humedad seca deben estar a cada lado del contenido de humedad óptimo, esto con la finalidad de definir la curva de compactación.

8.9. Usar aproximadamente 2.3Kg del suelo tamizado para cada muestra a ser compactada por los métodos A y B, o usar aproximadamente 5.9Kg usando el método C.

8.10. Para obtener el contenido de humedad de la muestra, añadir o remover la cantidad de agua necesaria de la siguiente manera: para agregar agua,

rociarla sobre el suelo mientras este es mezclado; para remover agua, colocar el suelo en un horno a una temperatura no mayor de 60°. Durante el secado, mezclar frecuentemente el suelo para así mantener la distribución del contenido de agua.

9. Fórmulas y métodos de cálculo:

9.1. Porcentajes de fracciones: Si los datos de gradación del método de ensayo D 6913 no están disponibles, calcular el peso seco de la fracción ensayada, porcentaje fracción gruesa, y la fracción fina, tal como se contempla abajo, y usando los datos de preparación de muestra húmeda o preparación de muestra seca:

9.1.1. Fracción ensayada: Determinar el peso seco de la fracción ensayada como sigue:

$$M_{d,tf} = \frac{M_{m,tf}}{1 + \left(\frac{w_{tf}}{100}\right)} \quad \text{Ec 1.}$$

donde:

$M_{d,tf}$ = peso seco de la fracción ensayada, más cercano a g o 0.001Kg.

$M_{m,tf}$ = peso húmedo de la fracción ensayada, más cercano a g o 0.001Kg.

w_{tf} = contenido de agua de la fracción ensayada, más cercano a 0.1%.

9.1.2. Porcentaje de fracción gruesa: Determinar el porcentaje de la fracción gruesa de la siguiente manera:

$$P_c = \frac{M_{d,of}}{M_{d,of} + M_{d,tf}} \quad \text{Ec 2.}$$

donde:

P_c = porcentaje de fracción gruesa (%).

$M_{d,of}$ = peso seco de la fracción gruesa, más cercano a g o 0.001Kg.

9.1.3. Porcentaje de fracción ensayada: Determinar el porcentaje de finos de la fracción ensayada como sigue:

$$P_F = 100 - P_c \quad \text{Ec 3.}$$

donde:

P_F = porcentaje de fracción de finos (%).

9.2. Densidad y Peso Unitario: Calcular el contenido de agua, densidad húmeda, densidad seca, y peso unitario seco de cada muestra compactada como se explica abajo:

9.2.1. Contenido de agua (w): Calcular en concordancia con el Método de Ensayo D 2216 más cercano a 0.1%.

9.2.2. Densidad y Pesos Unitarios: Calcular la densidad húmeda total (Ec 4.), la densidad seca (Ec 5.), y luego el peso unitario seco (Ec 6.) como sigue:

9.2.2.1. Densidad húmeda:

$$\rho_m = K \frac{(M_t - M_{md})}{V} \quad \text{Ec. 4}$$

donde:

ρ_m = densidad húmeda de la submuestra compactada, cuatro cifras significativas (g/cm³ o kg/m³).

M_t = masa de muestra húmeda más molde (g).

M_{md} = masa de molde de compactación (g).

V = Volumen del molde de compactación (cm³ o m³) (ver anexo A1. Volumen del molde de compactación).

K = constante de conversión, dependiendo de las unidades de densidad y volumen. Use 1 para g/cm³ y volumen en cm³. Use 1000 para g/cm³ y volumen en m³. Use 0.001 para kg/cm³ y volumen en m³. Use 1000 para kg/m³ y volumen en cm³.

9.2.2.2. Densidad seca:

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \left(\frac{w}{100}\right)} \quad \text{Ec. 5}$$

donde:

ρ_d = densidad seca de la muestra compactada, cuatro cifras significativas (g/cm³ o kg/m³).

w = contenido de humedad (0.1 %).

9.2.2.3. Peso Unitario Seco:

$$\gamma_d = K_1 \rho_d \left(\frac{\text{lbf}}{\text{ft}^3} \right) \quad \text{Ec. 6}$$

$$\gamma_d = K_2 \rho_d \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Ec. 7}$$

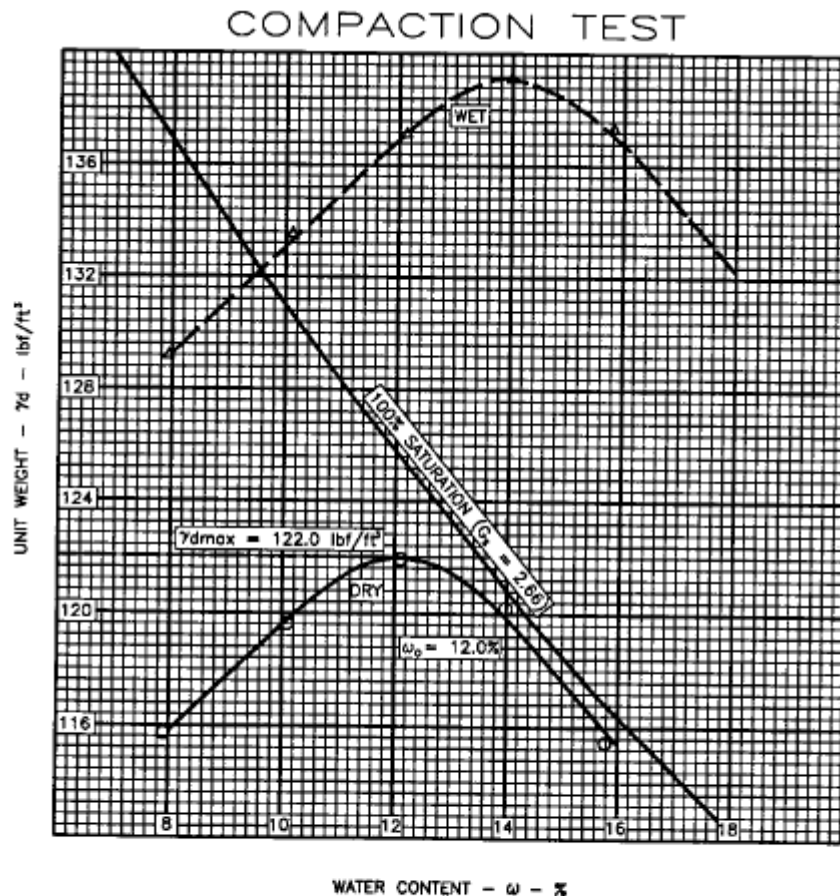
donde:

γ_d = peso unitario seco de la muestra compactada, cuatro cifras significativas (lbf/ft^3 o kN/m^3).

K_1 = constante de conversión dependiendo de las unidades de densidad. Use 62.428 para densidad en g/cm^3 , o use 0.062428 para densidad en kg/m^3 .

K_2 = constante de conversión dependiendo de las unidades de densidad. Use 9.8066 para densidad en g/cm^3 , o use 0.0098066 para densidad en kg/m^3 .

9.3. Curva de compactación: Plotear los valores del peso unitario seco y del contenido de agua, la curva de saturación (ver 9.2.2.4), y dibujar la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (ver ejemplo fig 5.). Para cada punto de la curva de compactación, calcular, registrar y plotear el peso unitario seco lo más cercano a 0.1 lbf/ft^3 (0.02 kN/m^3) y el contenido de humedad lo más cercano a 0.1%. De la curva de compactación, determinar los resultados de compactación: contenido de agua óptimo (0.1%), y el máximo peso unitario seco (0.1 lbf/ft^3 o 0.02 kN/m^3). Si más del 5% de la masa de material grueso fue removido de la muestra, calcular el contenido de agua óptimo corregido y el máximo peso unitario seco del total de los materiales usando la práctica D 4718. Esta corrección puede ser introducida en el campo apropiado en el lugar de la prueba de densidad en lugar del análisis de la muestra de laboratorio.



NOTE 1—Wet Unit Weights are usually not plotted. They are plotted here for informational purposes only. Also notice that the compaction points may not all lie exactly on the compaction curve.

FIG. 5 Example Compaction Curve Plotting

9.3.1. En esos gráficos, la sensibilidad de la escala debe seguir siendo la misma, es decir, el cambio en el contenido de agua o peso unitario seco por división es constante entre los gráficos. Típicamente, el cambio en el peso unitario seco por división es el doble que el de contenido de agua (2lb/ft^3 para $1\%w$ por división). Por lo tanto, cualquier cambio en la forma de la curva de compactación es un resultado de ensayos a diferentes materiales, no a la escala de ploteo. Sin embargo, una relación uno a uno se debe utilizar para los suelos que tienen una curva de compactación relativamente

plana, tales como los suelos altamente plásticos o relativamente con un buen drenaje.

9.3.1.1. La forma de la curva de compactación en la rama de humedad óptima debe seguir normalmente el de la curva de saturación. La forma de la curva de compactación en la rama seca puede ser relativamente plana o de arriba abajo en el ensayo de algunos suelos, como son los de relativamente buen drenaje o suelos plásticos preparados usando el procedimiento húmedo y teniendo los contenidos de humedad cerca o menor del límite de retracción.

9.3.2. Graficar en la curva el 100% de saturación, basado en una estimación o una medida de gravedad específica. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% saturación puede ser calculados como se explica en 9.2.3. (ver ejemplo, fig 5)

NOTA: El 100% de saturación de la curva es una ayuda en la preparación de la curva de compactación. Para los suelos que contengan más de aproximadamente un 10% por encima del punto óptimo, las dos curvas en general son más o menos paralelas a la parte húmeda de la curva de compactación entre 92% a 95% de saturación. Teóricamente la curva de compactación no puede estar a la derecha de la curva de saturación de 100%. Si lo hace, hay un error en el peso específico, en las mediciones, en los cálculos, en las pruebas, o en el trazado. El 100% de la curva de saturación es denominada a veces como la curva de los huecos de aire cero o la curva de saturación completa.

9.4. Puntos de saturación: Para calcular los puntos para trazar la curva de 100% saturación o curva de los vacíos nulos, seleccionar los valores del peso unitario seco, calcular los correspondientes valores de contenido de agua para la condición de 100% saturación de la siguiente manera:

$$wsat = \frac{\gamma_w G_s - \gamma_d}{\gamma_d G_s} 100 \quad \text{Ec. 8}$$

donde:

w_{sat} = contenido de agua para saturación completa (0.1%).

γ_w = peso unitario del agua, 62.32 lbf/ft³ (9.789 kN/m³) a 20°C.

γ_d = Peso unitario seco del sólido (lbf/ft³ – kN/m³), tres cifras significativas.

G_s = Gravedad específica del sólido (estimada o medida), ver 9.2.3.1.

9.4.1. La gravedad específica puede ser estimada por la fracción ensayada basada en los datos del ensayo de otros suelos que tengan la misma clasificación y la fuente o la experiencia. De lo contrario, es necesario un ensayo de gravedad específica (Método de Ensayo C 127, Método de Ensayo D854 u otro).

10. Consideraciones de seguridad, higiene y ambiente

Tener precaución con el uso del martillo de compactación ya que pudiera ocasionar lesiones en las manos del operador.

Cumplir además con las normas expuestas en el “Manual de Seguridad e Higiene en el Laboratorio”.

11. Formularios y registros:

Los registros de datos iniciales de la muestra y los registros tomados durante el ensayo, correspondientes al formato COMPACTACIÓN (04/09), deberán archivar durante un lapso de tiempo no menor a 1 año. Los datos manuales deben escribirse con bolígrafo, quedando completamente prohibido el registro de datos con lápiz de grafito.

COMPACTACIÓN (04/09)

Obra/Sitio: _____ Perforación/Muestra: _____

Profundidad: Clasificación:

Color/Textura: _____ Peso Específico: _____

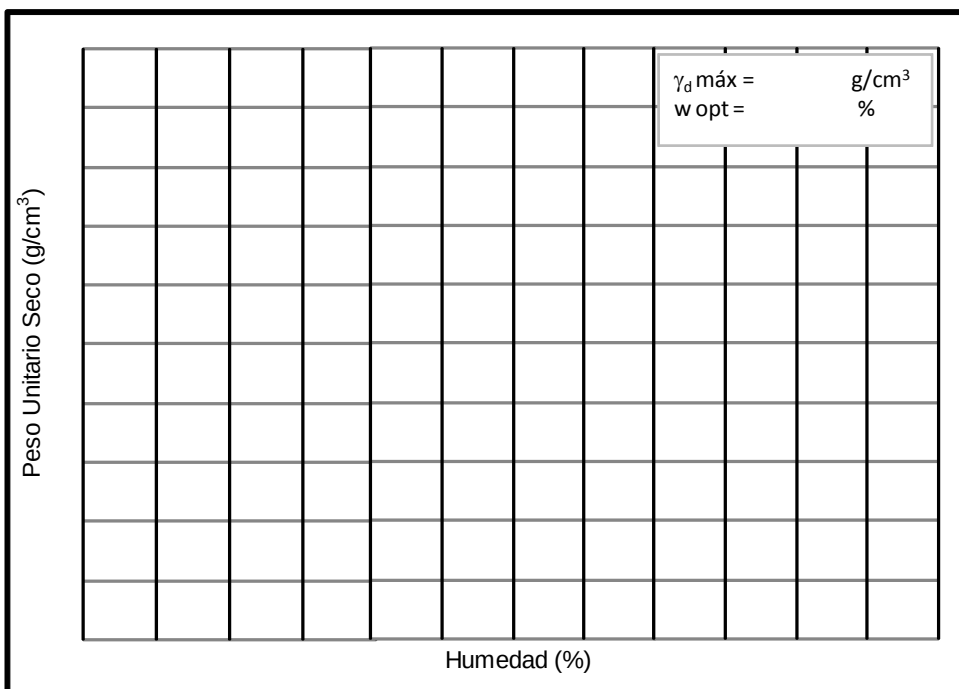
Humedad natural:

Método: Diámetro del molde, cm:

Altura de caída del martillo, cm: _____ Altura molde, cm: _____

Peso molde, g: _____ Volumen molde, cm³: _____

ENSAYO	1	2	3	4	5
Peso suelo+molde (g)					
Peso suelo húmedo (g)					
P. unit. húmedo (g/cm ³)					
Tara N° / Peso (g)					
Muestra húmeda (g)					
Muestra seca (g)					
Humedad w (%)					
P. unit. seco yd (g/cm ³)					



Observaciones: _____

ENSAYO: Ensayo de penetración C.B.R.

1. **Objeto:** Evaluar la potencial resistencia de sub. rasantes, sub. bases, materiales de bases, incluso materiales reciclados, en carreteras y pavimentos al aire libre. Este método intenta principalmente (aunque no está limitado a hacerlo) evaluar la resistencia de los materiales, considerando tamaños máximos de partícula menores de $\frac{3}{4}$ ".
2. **Alcance:** Todo tipo de muestras de suelo.
3. **Responsables:** Director del IMME.
4. **Definiciones y siglas:**
 - 4.1. Contenido de agua para la muestra compactada (w_i): Contenido de agua en porcentaje del material usado para la compactación de la muestra del ensayo.
 - 4.2. Contenido de agua superior 1" (25,4mm) después de saturar (w_s): Contenido de agua superior en porcentaje de 1" (25,4mm) del material removido después de saturación y penetración.
 - 4.3. Contenido de agua después del ensayo (w_f): Contenido de agua en porcentaje del material después de la saturación y penetración final; no incluye el material descrito en el punto anterior (2.).
 - 4.4. Densidad seca compactada y antes de la saturación (ρ_{di}): Densidad seca de la muestra compactada utilizando la medición del peso húmedo y calculando el peso seco usando el contenido de agua definido en el punto 1.
5. **Referencias Normativas:** ASTM D 1883 – 07
6. **Equipos e instrumentos:**

6.1. Prensa hidráulica: que permita aplicar la carga a una velocidad uniforme de 1,27 mm/min (0,05 pulg/min). Esta rata debe ser mantenida dentro de $\pm 20\%$ sobre el rango de cargas determinadas durante la penetración. La capacidad mínima de la prensa debe ser determinada de acuerdo a la Tabla 1.

TABLE 1 Minimum Load Capacity		
Maximum Measurable CBR	Minimum Load Capacity	
	(lbf)	(kN)
20	2500	11.2
50	5000	22.3
>50	10 000	44.5

Tabla 1. Capacidad mínima de la prensa. Tomada de la norma ASTM D1883-07. La prensa debe estar equipada con un equipo que registre la carga, cuya máxima lectura debe estar asociada a la máxima carga de penetración a usar. En cuanto al equipo que registra la penetración del pistón en la muestra, su apreciación debe ser cercana a 0.001pulg., y este a su vez debe estar asociado a un hardware que conecte el equipo que mide la deformación con el pistón.

6.2. Moldes de metal cilíndricos: Con diámetro interior de $6\pm 0,026$ pulgadas y una altura de $7\pm 0,018$ pulgadas, con aro de metal acoplable al molde de 2 pulgadas de altura y base circular perforada con 28 huecos de 1/16" de diámetro, uniformemente espaciados alrededor del plato, dentro de la circunferencia del molde. Una vez que el disco este colocado en el fondo del molde, este debe tener un volumen interno (excluyendo la extensión del collar) de 2124 ± 25 cm.

6.3. Disco espaciador de acero: De diámetro mínimo externo igual a 150.8mm, pero no mucho mayor a esa dimensión, ya que sería dificultoso introducir el disco en el molde. En cuanto a la altura del disco, esta debe ser igual a 61.37 ± 0.127 mm.

6.4. Martillo cilíndrico de 10lb (4,5kg) y altura de caída de 18" (45,7cm).

6.5.Aparato para medir la expansión: Conformado por un STERN metálico ajustable y un plato de metal similar al mostrado en la Fig.1. El plato debe tener un diámetro entre 5-7/8" y 5-15/16", además de tener por lo menos 42 huecos de 1/16" de diámetro, uniformemente espaciados alrededor del plato. Adicionalmente se necesita un trípode de metal para sostener el indicador de expansión durante el remojo. El aparato de expansión, no debe medir más de 1.27

6.6.Pesas de metal, anulares de 4.54 ± 0.02 kg y ranuradas de 2.27 ± 0.02 kg. Las pesas anulares, deben tener un diámetro entre 5-7/8" y 5-15/16", y deben tener un hoyo central de 2-1/8"

6.7.Pistón cilíndrico de acero con diámetro de 49.63 ± 0.13 mm y longitud no menor a 101.6 mm.

6.8.Flexímetro con apreciación de 0,001 pulgadas, con un rango mínimo de 0.2 pulgadas.

6.9.Balanza con apreciación de 1g.

6.10.Horno: Que pueda mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

6.11.Tamices N° 3/4" y N° 4

6.12.Poncheras, reglas metálicas, papel de filtro grueso de 6" de diámetro y tanque para la inmersión de los moldes.

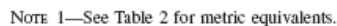


FIG. 1 Bearing Ratio Test Apparatus

Fig 1. Equipos requeridos para el ensayo. Tomada de la norma ASTM D1883-07.

7. Preparación de muestras:

7.1. Métodos:

7.1.1. Método C (Según ASTM D698 o D1557)

Molde: 6"

Material a usar: Pasante 3/4"

Nº de capas a compactar: 3

Nº de golpes por capa: 56

7.2.Preparación de la muestra:

7.2.1. Muestra:

Para el ensayo se requieren por lo menos 29Kg de suelo seco, aunque de la muestra original traída de campo se deben tener por lo menos 45Kg.

7.2.1.1. Las muestras para el ensayo deberán ser preparadas en concordancia con los procedimientos dados en el Método C de las normas D698 y D1557 para compactación en moldes de 6", excepto cuando:

7.2.1.2. Tamizar la muestra en estado natural por los cedazos N°4, 3/8" o 3/4", dependiendo del método a utilizar (A, B o C). Posteriormente determinar el contenido de humedad de la muestra procesada. Si todo el material pasa el tamiz 3/4", el material tamizado en su totalidad debe ser utilizado para preparar la muestra. Si hay material retenido en el tamiz 3/4", este debe ser removido y reemplazado por una cantidad igual de material pasante de 3/4" y retenido en N°4.

7.2.2. Muestras a ensayar:

7.2.2.1. Preparar preferiblemente 5 muestras que tengan un contenido de humedad estimado similar al óptimo. Para preparar una muestra con un contenido de humedad cercano al óptimo, se debe probar añadiendo agua y mezclando.

7.2.2.2. Seleccionar contenidos de humedad para el resto de las muestras, con la finalidad de proporcionar al menos dos muestras húmedas y dos muestras secas. Los contenidos de humedad deben variar alrededor del 2%. Al menos dos contenidos de humedad húmedos y dos contenidos de humedad seco deben estar a cada lado del contenido de humedad óptimo, esto con la finalidad de definir la curva de compactación.

7.2.2.3. Usar aproximadamente 5.9Kg del suelo tamizado para cada muestra a ser compactada.

7.2.2.4. Para obtener el contenido de humedad de la muestra, añadir o remover la cantidad de agua necesaria de la siguiente manera: para agregar agua, rociarla sobre el suelo mientras este es mezclado; para

remover agua, colocar el suelo en un horno a una temperatura no mayor de 60°. Durante el secado, mezclar frecuentemente el suelo para así mantener la distribución del contenido de agua.

7.2.2.5. Curar la muestra en caso de ser necesario.

7.2.2.6. Determinar el peso del molde y el plato base.

7.2.2.7. Ensamblar el molde y el collar al plato base. El molde debe descansar en una fundación rígida como un cubo de concreto con un peso no menor a 91Kg. Asegurar el plato base a la fundación rígida

7.2.2.8. Seleccionar 3 muestras representativas.

7.2.2.9. Mezclar las muestras seleccionadas en el paso anterior con agua en cantidad suficiente para llevar su contenido de humedad a la humedad óptima obtenida.

7.2.2.10. Compactar cada una de las muestras en moldes separados y de la siguiente forma: Colocar 5 capas de igual espesor, aplicar 56 golpes por capa para la primera muestra, 25 golpes por capa para la segunda y 10 golpes por capa para la tercera.

7.2.2.11. Quitar el collar de cada uno de los moldes y enrasar cuidadosamente la superficie del suelo compactado con el borde del molde cilíndrico, con la regla metálica.

7.2.2.12. Rellenar los espacios vacíos, que se formen en la superficie, con el material más fino.

7.2.2.13. Voltear los moldes y sacar la base metálica perforada y el disco espaciador de cada uno de ellos. Pesar y anotar en la casilla de la planilla el peso del molde más suelo compactado.

7.2.2.14. Colocar un disco de papel de filtro grueso sobre la superficie enrasada e invertir el molde con el suelo compactado y montar sobre la base perforada. Poner sobre la superficie libre de la muestra otro papel de filtro grueso y ensamblar.

7.2.2.15. Colocar en vástago graduable, con el disco perforado sobre el suelo compactado, en el molde y sobre él colocar pesas para producir una sobrecarga igual a la producida por el pavimento a construirse. Si no hay un peso de pavimento especificado, utilizar 4.54Kg.

7.2.2.16. Sumergir los moldes con las pesas en un tanque o depósito lleno de agua, permitiendo un libre acceso de la misma por debajo y encima de la muestra. Tomar y anotar en las casillas de la planilla las medidas iniciales de hinchamiento y dejar las muestras en remojo por 96 horas, manteniendo el nivel de agua constante. Tomar las lecturas del extensómetro para calcular la expansión.

7.2.2.17. Eliminar el agua libre dentro y fuera de los moldes, y permitir que las muestras drenen durante 15 minutos. Sujetar el disco y las pesas metálicas y voltear el cilindro.

7.2.2.18. Sacar las pesas, el disco perforado y el papel de filtro. Separar los moldes de las bases perforadas, quitar el papel de filtro inferior y sacar el agua libre en las caras de las muestras compactadas. Pesar los conjuntos molde más suelo compactado y anotar en la planilla. Ensamblar nuevamente los moldes más suelo compactado en la base perforada.

8. Método de ensayo:

8.1. Colocar sobre las muestras una sobrecarga con las pesas, suficiente como para producir una intensidad de carga igual a la correspondiente al pavimento a construirse con una aproximación de 4.54 Kg (en ningún caso las pesas más el disco perforado tendrán un peso menor de 4,54 kg). Si la muestra ha sido inundada previamente, colocar una sobre carga de 2.5 Kg en la superficie del suelo, para evitar la agitación del mismo. Una vez que el

pistón esté colocado en posición, se debe sustituir esta sobre carga por los pesos correspondientes a la sobrecarga equivalente al pavimento.

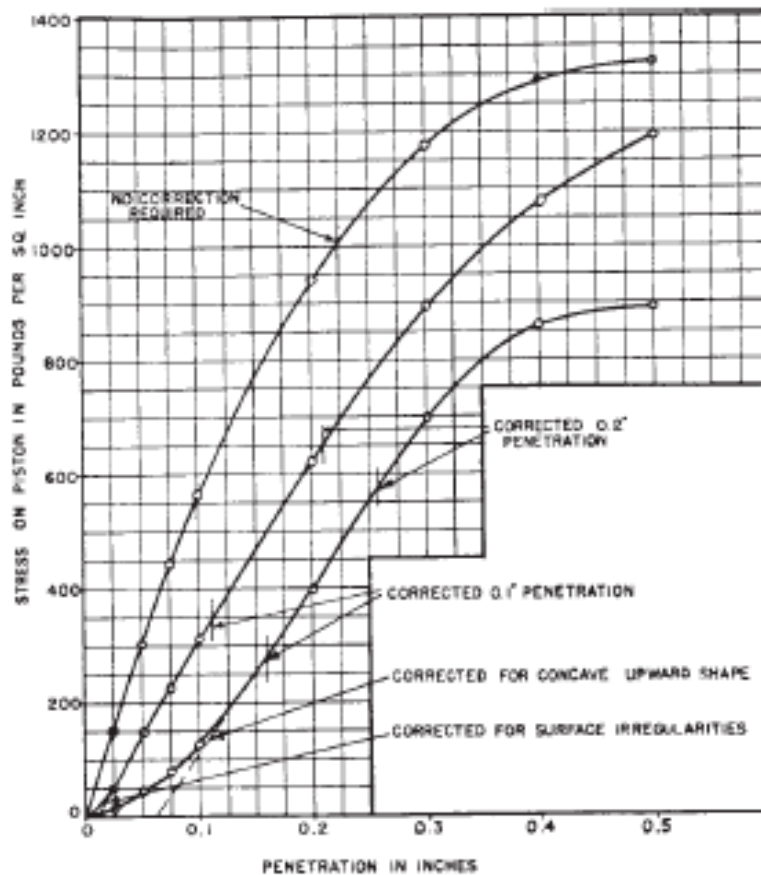
8.2. Ajustar el pistón de penetración sobre la muestra, aplicar una carga no mayor de 44 Newton. Colocar en cero, los extensómetros que miden la carga y la deformación. Considerar la carga inicial requerida para asegurar el ajuste del pistón como cero, para efectos de determinar la relación de carga – penetración.

8.3. Aplicar la carga sobre el pistón, manteniendo una velocidad de 1,27 mm/min (0,05 pulg/min). Leer y anotar en las casillas correspondientes de la planilla, las cargas totales necesarias para hacer penetrar el pistón a 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,125; 0,150; 0,175; 0,200; 0,300; 0,400 y 0,500 pulgadas. En caso de tener una penetración menor a 0.500 pulg., registrar la carga máxima. Si la prensa es manual, se deben tomar intervalos de tiempo pequeños para controlar la rata de penetración.

8.4. Si el suelo fue previamente inundado, sacar la muestra del molde y determinar el contenido de humedad del material situado a 2,54cm por debajo de la superficie superior de la muestra. El peso de cada muestra a la que se le vaya a realizar el contenido de humedad, no debe ser menos de 100g para suelos finos y no menos de 500g para suelos granulares.

9. Fórmulas y modos de cálculo:

9.1. *Curva carga-penetración:* Calcular el esfuerzo de penetración en libras por pulgada cuadrada o megapascuales y plotear la curva esfuerzo-penetración. En algunos casos la curva esfuerzo-penetración puede ser cóncava hacia arriba inicialmente, debido a las irregularidades de la superficie u otras causas, en tales casos el punto cero tiene que ser ajustado como se muestra en la fig. 2.



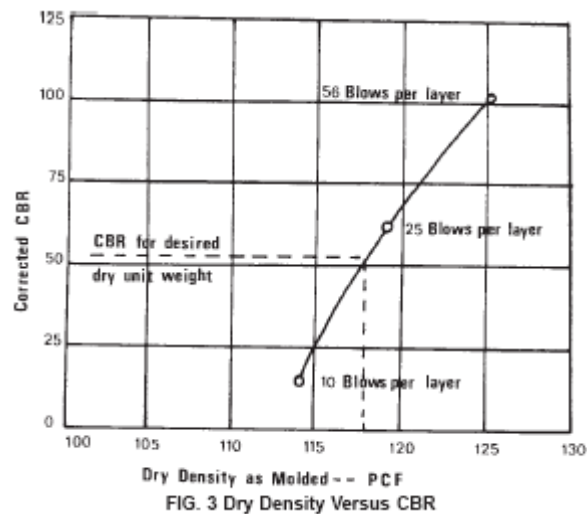
NOTE 1—See Table 2 for metric equivalents.
 FIG. 2 Correction of Load-Penetration Curves

NOTA: La fig. 2 debe ser usada solamente como ejemplo de corrección de las curvas esfuerzo-penetración.

9.2. Relación de soporte: Usando los valores de esfuerzo corregidos tomados de la curva de esfuerzo-penetración para penetraciones de 0.100in (2.54mm) y de 0.200in (5.08mm), calcular las relaciones de soporte para cada una, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos estándar de 1000psi (6.9 MPa) y 1500psi (10.3 Mpa) respectivamente, y multiplicando por 100. También, calcular las relaciones de soporte para los esfuerzos máximos, si la penetración es menor que 0.200in (5.08mm) interpolando los esfuerzos estándar. La relación de soporte reportada para el sólido es normalmente la

penetración de 0.100in (2.54mm). Cuando la relación para la penetración 0.200in (5.08mm) es mayor, vuelva a realizar el ensayo. Si el ensayo de control arroja un resultado similar, utilice la relación de soporte para la penetración de 0.200in (5.08mm).

NOTA: En ocasiones, la agencia de ensayos puede ser solicitada para determinar el valor de CBR para una densidad seca no representada por la curva de compactación de laboratorio. Por ejemplo, el valor de CBR corregido para la densidad seca al 95% de la máxima densidad seca y contenido de agua óptimo podría ser solicitado. Un método recomendado para alcanzar este valor es por dos o tres muestras compactadas de ensayo CBR con el mismo contenido de agua pero cada muestra compactada a diferentes energías de compactación para alcanzar un densidad por debajo y por encima del valor deseado. Los valores de CBR corregido se trazan en contra de la densidad seca y el valor de CBR deseado interpretado como se ilustra en la fig 3. En aras de la coherencia de los valores CBR corregidos deben ser de origen idéntico, por ejemplo, todos saturados o no saturados y todos a valores corregidos de penetración 0.1 o 0.2.



9.3. Calcular la densidad seca (ρ_d) de la muestra compactada (antes de la saturación) de la siguiente manera:

$$\rho_d = \frac{M_{sac}}{V_m}$$

donde:

$$M_{sac} = \frac{M_{m+ws} - M_m}{1 + w_{ac}}$$

M_{sac} = peso seco del suelo compactado (Mg/m³ o g/cm³).

M_{m+ws} = peso húmedo del suelo más peso del molde (Mg o g).

M_m = peso del molde (Mg o g).

w_{ac} = determinación del contenido de agua de las notas tomadas durante el proceso de compactación.

V_m = volumen del molde (área del molde por altura inicial), valor calibrado (m³ o cm³).

9.3.1. Conversión de unidades de densidad seca:

$$\gamma_d = 62.428 \rho_d \left(\frac{lbf}{ft^3} \right) = 9.8066 \rho_d \left(\frac{kN}{m^3} \right)$$

donde:

γ_d = peso unitario seco (lbf/ft³ o kN/m³).

9.8066 = factor de conversión (Mg/m³ o g/cm³ para kN/m³)

62.428 = factor de conversión (Mg/m³ o g/cm³ para lbf/ft³)

9.4. Si la muestra ensayada fue saturada, calcular el porcentaje de hinchamiento de la siguiente manera:

$$s = \frac{S}{h_i} 100$$

donde:

s = hinchamiento que ocurre durante la saturación (%)

S = hinchamiento vertical determinado a partir de la última medición menos la inicial (in o mm).

H_i = altura de la muestra ensayada antes del hinchamiento (in o mm).

10. Consideraciones de seguridad, higiene y ambiente

Cumplir con las normas expuestas en el “Manual de Seguridad e Higiene en el Laboratorio”.

11. Formularios y registros:

Los registros de datos iniciales de la muestra y los registros tomados durante el ensayo, correspondientes al formato CBR (04/09), deberán archivarse durante un lapso de tiempo no menor a 1 año. Los datos manuales deben escribirse con bolígrafo, quedando completamente prohibido el registro de datos con lápiz de grafito.

CBR (04/09)

Obra/Sitio: _____

Muestra: _____

Profundidad: _____

Clasificación: _____

Compactación: _____

γ_d máx: _____ w opt: _____

CONTENIDO DE HUMEDAD AL COMPACTAR						
	h	s	h	s	h	s
suelo+tara						
tara						
suelo						
humedad %						
#molde	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
P/Vol molde						
Pt antes/después						
Ps antes/después						
Psec calculado						
Densidad seca						
Hinchamiento después de 4 días de inmersión						
antes/después						
dif en %						
Densidad seca						
humedad %						

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE 4 DÍAS DE INMERSIÓN						
superior	h	s	h	s	h	s
suelo+tara						
tara						
suelo						
humedad %						
en el centro						
suelo+tara						
tara						
suelo						
humedad %						

#Golpes	Carga de penetración en Kg								corregido		CBR %	
	.025"	.050"	.075"	.10"	.20"	.30"	.40"	.50"	.10"	.20"	.10"	.20"
56												
25												
10												

II.C. SEGURIDAD E HIGIENE EN EL LABORATORIO

El trabajo en laboratorio presenta una serie de riesgos y consecuencias muy variadas, relacionadas básicamente con las instalaciones, los productos que se manipulan y las operaciones que se realizan con ellos (Universidad de Vigo, s/f, Guía de Seguridad e Higiene en el Laboratorio). En consecuencia, la prevención de los riesgos en el laboratorio presenta características propias.

En el Laboratorio de Suelos, los riesgos que se pueden presentar están asociados a la manipulación tanto de muestras de suelo, como de equipos. Es común encontrar suelos con granulometrías muy finas, que pueden trasladarse en el aire y afectar las mucosas. En ensayos como el Proctor y Triaxial, existe un riesgo potencial de lesiones. Los equipos asociados (martillo de compactación y cámara triaxial) de no ser manipulados correctamente, pueden producir accidentes. Es importante implementar una política de seguridad e higiene, que pueda reducir al máximo, la ocurrencia de accidentes laborales. En tal sentido, Velásquez (2001), dice:

El mejoramiento de la gestión de la Seguridad e Higiene Ocupacional en las organizaciones es un elemento de gran importancia para lograr los niveles de calidad y productividad requeridos en los momentos actuales. Este proceso precisa del diagnóstico sistemático para la elaboración de planes de acción que permitan la eliminación de los problemas existentes en este.

Como aporte, y en busca del mejoramiento de la gestión de la seguridad e higiene en el laboratorio, se propone el siguiente manual, donde se proporcionan nociones básicas acerca de los posibles riesgos y peligros del trabajo en un laboratorio, cómo actuar en caso de accidente y lo más importante, las normas de conducta y trabajo que impidan ese tipo de situaciones.

MANUAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL LABORATORIO

A. MEDIDAS GENERALES DE SEGURIDAD

En ningún caso el laboratorio docente o de investigación estará sin el profesorado o la persona responsable de las prácticas. Si se ausenta momentáneamente deberá estar localizable.

Control de acceso al laboratorio. Cuando el laboratorio no esté en actividad deberá permanecer cerrado.

Respetar escrupulosamente las normas de seguridad e higiene en el laboratorio.

Mantener la calma en caso de accidente o emergencia.

1. Elementos de seguridad y vías de evacuación

- 1.1. Familiarizar a todas las personas dentro del laboratorio con los elementos de seguridad que disponen, tales como: extintores, mangueras y duchas.
- 1.2. Localizar todas las salidas, sean o no de emergencia.

2. Ropa adecuada

- 2.1. Usar bata de algodón, siempre abrochada, para evitar posibles salpicaduras.
- 2.2. Hombre y mujeres, vestir con pantalones largos, zapatos cerrados y las mujeres tener el cabello recogido.
- 2.3. Evitar colgantes o mangas anchas.

3. Protección del rostro

- 3.1. Utilizar obligatoriamente lentes de seguridad dentro del laboratorio. En caso de que la persona use lentes de contacto, es recomendable los lentes de seguridad cerrados.
- 3.2. No tocar los ojos o cercano a ellos sin antes lavar bien las manos.
- 3.3. Si un producto salpica a los ojos, lavarlos con abundante agua. Actuar con urgencia y siempre informar lo ocurrido al encargado y, de ser necesario, pedir asistencia médica.
- 3.4. Utilizar tapabocas cuando se trabaje con suelos muy finos, que desprendan partículas que puedan afectar las vías respiratorias.

4. Normas higiénicas

- 4.1. No comer ni beber en el laboratorio.
- 4.2. Lavar las manos después de realizar un ensayo y antes de salir del laboratorio.
- 4.3. Prohibido fumar por razones higiénicas y de seguridad.

5. Condiciones del área de trabajo

- 5.1. Mantener limpio y despejado los mesones y áreas de trabajo.

6. Utilización de equipos y aparatos

- 6.1. Nunca utilizar un equipo o aparato sin conocer perfectamente su funcionamiento. En caso de duda, preguntar al responsable del laboratorio.
- 6.2. Los equipos y aparatos deben estar en condiciones de uso adecuadas.
- 6.3. Dejar siempre limpios y en perfecto estado, los aparatos y equipos luego de ser utilizados.
- 6.4. Si durante la realización de un ensayo se deteriora un equipo o aparato se debe notificar al responsable del laboratorio a la mayor brevedad para tomar las medidas que sean pertinentes.

7. Almacenamiento de residuos

- 7.1. Depositar el material de vidrio roto en los recipientes correspondientes.
- 7.2. Tirar los papeles en las papeleras.
- 7.3. El material proveniente de las muestras ensayadas debe ser colocado en bolsas y posteriormente sellarlas ya que deben permanecer cierto tiempo dentro del laboratorio.

8. Uso de hornillas

- 8.1. Emplear hornillas con sistemas de seguridad de control de temperaturas.
- 8.2. Efectuar un mantenimiento adecuado, comprobando además la ausencia de corrientes de fuga por envejecimiento del material y correcto estado de la toma de tierra.

9. Operaciones con vacío

- 9.1. Utilizar recipientes de vidrio especiales capaces de soportar el vacío, e instalar el aparato en un lugar donde no haya riesgo de que sufra un choque mecánico.
- 9.2. Recubrir con una cinta adhesiva o una red metálica el recipiente en depresión.
- 9.3. El paso de vacío a presión atmosférica debe hacerse de manera gradual y lentamente.

10. Conducta en el laboratorio

- 10.1. Cumpliendo con las normas mencionadas anteriormente, se considera que la conducta personal es correcta.

B. PRIMEROS AUXILIOS EN CASO DE ACCIDENTE

En caso de accidente o incidente, debe activarse el sistema de emergencia, al comunicarse se debe proporcionar la siguiente información:

- Lugar.
- Tipo de accidente.
- Número de víctimas.
- Estado aparente de las víctimas.

La persona encargada debe hacer un informe, detallando lo que ha sucedido.

1. Fuego en el laboratorio

- 1.1. Si el fuego es pequeño y localizado, retirar los productos y material inflamable que haya a su alrededor. Apagarlo utilizando el extintor adecuado o ahogándolo. No utilizar nunca agua para apagar un fuego provocado por un disolvente o por electricidad.
- 1.2. Si no se puede controlar el fuego, avisar a la persona encargada, accionar la alarma de fuego y evacuar el laboratorio con calma.
- 1.3. Si se enciende la ropa de una persona, pedir ayuda e indicar a la persona que se eche a tierra y que ruede sobre sí mismo para apagar las llamas. No correr, ni intentar llegar a una ducha de seguridad si no está muy cerca. Nunca utilizar un extintor sobre una persona.

2. Quemaduras

- 2.1. Lavar la zona afectada con agua fría durante 10 a 15 minutos.
- 2.2. Si la zona afectada es extensa, utilizar la ducha de seguridad y pedir asistencia médica inmediata.
- 2.3. No utilizar pomadas o cremas grasosas en quemaduras graves.

3. Cortes

- 3.1. Lavarlos bien con agua y después aplicar un apósito adecuado.
- 3.2. De ser grandes y no paran de sangrar pedir asistencia médica inmediata.

DISCUSIÓN

El Laboratorio de Suelos del IMME, está compuesto por dos (2) salones, uno ubicado en la Planta Baja y el otro en el Primer Nivel, ambos en el Edificio Norte del IMME. El primer salón posee un solo ambiente con baño, de aproximadamente 91m², donde están algunos de los equipos necesarios para la ejecución de parte de los ensayos Proctor y CBR. El segundo salón, se compone de tres (3) espacios, un área principal donde están ubicados los equipos con los que se realizan los ensayos, un cuarto de depósito donde se almacenan insumos y algunos accesorios de equipos, y por último un baño con ducha, lavamanos y W.C. Los tres espacios suman aproximadamente 123m².

En cuanto a la iluminación, ambos salones cuentan con un conjunto de ventanas dispuestas a lo largo de la dirección de mayor longitud, hecho que en horas diurnas, genera buena iluminación dentro de los mismos.

El laboratorio puede ser clasificado como una edificación de ocupación industrial general, ya que de acuerdo a los parámetros establecidos por la norma COVENIN 823-88, dicha edificación posee un solo nivel y en él se realizan actividades que representan riesgos leves o moderados. Además por el material utilizado para su construcción, concreto, se considera una edificación resistente al fuego.

En la norma COVENIN 810-1998 se especifican las distintas características que se deben cumplir en una edificación, según el tipo de ocupación, para que un medio de escape sea eficiente y conduzca a todos los miembros dentro de la edificación a las afueras de la misma de una manera segura.

Las características de los medios de escape tomadas en cuenta son:

- Distancia de recorrido.
- Ancho de pasillo.
- Ancho, huella y contrahuella de escaleras.
- N° de salidas.
- Altura y área máxima (según el tipo de edificación).

En la Tabla IV se puede apreciar la comparación de cumplimiento entre las características mínimas en los medios de escape y las características que posee el Laboratorio de Suelos del IMME.

En cuanto a la seguridad del laboratorio, en su interior no posee dispositivos de seguridad contra incendios, tales como mangueras o extintores (Ver Tabla V). Por tal motivo, es importante acondicionar ambos salones con al menos un extintor de CO₂ (adecuado para preservar los equipos en caso de ser rociados) para cada uno. Por otra parte, en vista que el laboratorio posee buena iluminación solar, y además sólo es utilizado en horas del día, se considera que no es necesario colocar lámparas de emergencia.

En vista de que el Laboratorio está compuesto por dos salones, existen diferentes rutas de escape para cada uno, siendo la más desfavorable la del salón ubicado en el Primer Nivel. Al presentarse una evacuación del lugar, las personas que se encuentren en el salón superior, deben recorrer un pasillo, bajar escaleras y finalmente llegar a la salida, mientras que las personas que estén en el salón ubicado en Planta Baja, salen prácticamente de manera inmediata, ya sea a través de la puerta principal del Instituto se encuentra a menos de ocho metros de éste, o por la puerta interna que da hacia al estacionamiento del Instituto.

En el laboratorio no hay señales con las que se indiquen tanto las salidas de emergencia, como el extintor que debería haber. Por tal motivo, se debe generar la señalización necesaria para alertar a las personas que se encuentren dentro del laboratorio, sobre las rutas de escape, y disposición del dispositivo contra incendios.

MEDIOS DE ESCAPE													
Distancia de Recorrido (m)					Ancho Pasillo (m)			Ancho Escalera (m)			N° Salidas		
S ₁	S ₃	S ₁ +S ₃	D _{MÁX}	Cumple	Real	Mín.	Cumple	Real	Mín.	Cumple	Real	Mín.	Cumple
3.60	27.20	30.80	33	SI	2.70	1.50	SI	1.75	1.20	SI	3	2	SI
Escaleras de Tramos Rectos						Alturas y áreas máximas							
Huella (m)			Contra-Huella (m)			Tipo	Altura (m)			Área (m ²)			
Real	Mín.	Cumple	Real	Mín.	Cumple		Real _{min}	Mín.	Cumple	Real	Mín.	Cumple	
0.32	0,28	SI	0.165	0,10 - 0,17	SI	RF*	3.65	Sin límites	SI	122.82	No límites	SI	
						NC*	-	2 - 3			880 - 1320		
						CP*	-	2 - 4			780 - 1100		
						CNP*	-				660 - 880		
NOTA: RF (Resistentes al Fuego-Concreto), NC (No combustibles), CP (Combustibles Protegidos), CNP (Combustibles no Protegidos-Madera)													

Tabla IV. Comparación de características de medios de escape.

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS														
Cajetín			Rociadores Automáticos											
Extintor (A, B, C)	Manguera	N°	Rociador-Rociador			Rociador-Pared			Rociador-Viga			Área Protegida (m ²)		
			Dreal	Dmáx	Cumple	Dreal	Dmín	Cumple	Dreal	Dmín	Cumple	Real	Máx.	Cumple
NO	1	0		4,57			2,29						16	

Tabla V. Características de protección contra incendios.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Luego de realizar un estudio metodológico de la norma ISO/IEC 17025:2005 y un levantamiento de aspectos sobre el funcionamiento del laboratorio de suelos del IMME, se presenta una propuesta de un Sistema de Gestión de Calidad para la acreditación de seis (6) ensayos especiales de realización rutinaria en este laboratorio.

Con la documentación realizada de los métodos de ensayo y la elaboración de los formatos de registros de datos, aplicables a los seis ensayos a ser acreditados, se da cumplimiento a los requisitos técnicos estipulados en los apartados 2.4.1. y 2.4.2. de la propuesta realizada.

Por medio del inventario creado, se pudo identificar todos los equipos existentes en el laboratorio, sirviendo de base para generar el cronograma de calibración y/o verificación de los mismos, así como de los accesorios involucrados en los seis ensayos. Con esto se da cumplimiento a los requisitos técnicos establecidos en los apartados 2.5.2. y 2.5.3. de la propuesta.

La información obtenida, demuestra que el laboratorio no opera en conformidad con un sistema de gestión de calidad según lo expuesto en la norma ISO/IEC 17025:2005. En este sentido, el análisis realizado en base al estatus del laboratorio, con respecto a los requisitos establecidos en la propuesta, arrojó sólo un cumplimiento del 5%, un no cumplimiento del 35%, así como un 10% de requisitos que no son aplicables al laboratorio. Sin embargo, en un 50 % de los casos los requisitos documentación, políticas y/o procedimientos están

adelantados en un cierto grado, por lo que el potencial de cumplimiento puede considerarse como alentador.

Para cumplir con lo estipulado en la norma ISO/IEC 17025:2005, el laboratorio debe iniciar un plan de acción a fin de completar y generar los procedimientos que actualmente se requieren, y así adecuarse completamente a la norma el sistema de gestión de calidad.

RECOMENDACIONES

Con el objeto de lograr la implementación del Sistema de Gestión de Calidad, para la acreditación de los 6 ensayos propuestos, se recomienda que la Dirección del IMME gestione los recursos necesarios para la implementación de la propuesta realizada.

A fin de dar cumplimiento a los apartados 1.1.1.3. y 1.1.1.8. de la propuesta, incluir y definir dentro del organigrama del Instituto, la organización y estructura de gestión del laboratorio, así como nombrar sustitutos para el personal directivo clave.

Generar un documento, donde se especifique la responsabilidad, autoridad e interrelación de todo el personal que afecte la calidad de los ensayos, como se exige en el apartado 1.1.1.4. de la propuesta.

Crear un documento principal denominado “Manual de Calidad”, en el cual se enuncie la política de calidad y describa el sistema de la calidad del laboratorio.

Cumplir con el almacenamiento de los registros empleados a lo largo del proceso que conlleva la realización de ensayos, desde la contratación hasta el informe de los resultados.

Generar un procedimiento para la selección y compra de servicios y suministros, en el cual el encargado del laboratorio verifique constantemente el inventario de consumibles, la disponibilidad de los insumos, para así establecer con antelación qué materiales deben ser adquiridos, a fin de dar cumplimiento al apartado 1.6. de la propuesta.

Crear un documento tipo encuesta, donde se pueda cuantificar la satisfacción de los clientes una vez culminado el trabajo, como se exige en el apartado 1.7. de la propuesta.

Generar un documento, donde se asegure que las quejas sean recibidas.

Para dar cumplimiento al apartado 1.9. de la propuesta, se recomienda que un trabajo no conforme sea llevado a una instancia competente tal como el Consejo Técnico del IMME, donde se evalúe su importancia, se dicten medidas correctivas y se defina al responsable para llevarlas a cabo.

Actualizar constantemente los expedientes del personal, incluyendo los aspectos del apartado 2.2. de la propuesta., ubicados en el archivo del IMME.

Validar los métodos para la ejecución de los seis ensayos, como paso previo a su implementación.

Generar manuales de uso, transporte, almacenamiento, mantenimiento y manipulación para cada equipo dentro del laboratorio, tal como se exige en el apartado 2.5.1. de la propuesta.

A fin de darle cumplimiento al apartado 2.8.1. de la propuesta, se recomienda habilitar un espacio en el laboratorio, acondicionado con una cámara húmeda, donde se puedan almacenar las muestras sin que pierdan humedad, además se recomienda generar un documento que permita registrar anomalías o desvíos en relación con las condiciones normales de las muestras.

Complementar los aspectos del formato para la emisión de resultados de ensayos, para así cumplir con lo estipulado en el apartado 2.10.2.1. de la propuesta.

Mantener actualizados el inventario y el cronograma de calibración y/o verificación para garantizar parte de la organización dentro del laboratorio.

Implementar en el laboratorio, el manual de seguridad e higiene ocupacional propuesto en este trabajo, a fin de garantizar que el desarrollo de las actividades que en él se realizan, se lleven a cabo de forma segura.

Colocar al menos un extintor contra incendio de CO₂ en cada salón que conforma el laboratorio, así como señalizar tanto los medios de escape como los dispositivos contra incendio.

En próximos trabajos que continúen con el proceso de acreditación en el Laboratorio de Suelos, se recomienda que se utilice la información documentada en el presente trabajo, acerca de las no conformidades del laboratorio con respecto a la norma, a fin de saber cuales aspectos deben ser completados. Asimismo, se recomienda emplear como modelo, los procedimientos utilizados para el desarrollo de los requisitos técnicos incluidos en esta investigación.

REFERENCIAS

Alfonzo, I. (1994). *Técnicas de investigación bibliográfica*. Caracas: Contexto Ediciones.

Badia Giménez, A. (1998). *Calidad: enfoque ISO 9000*. España: Ediciones Deusto S.A.

Cimo, Carina (2002). *Seguridad e higiene en el trabajo*. Recuperado en Marzo 11, 2009, de URL:

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/rrhh/segehigienework.htm>.

Chávez, A. y A. Rosenthal (2001). *Lineamientos para un Sistema de Aseguramiento de la Calidad en el Laboratorio General de Suelos del Instituto de Edafología de la Facultad de Agronomía de la UCV*. Trabajo de grado de postgrado no publicado, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela.

García, E. (1985). *Diseño del Manual de Organización y Operación de Equipos de los Laboratorios de Ensayos de Arenas de Moldeo, Soldadura y Fundición*. Trabajo de Grado no publicado, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

García, E. y D. Monascal (2003). *Estudio para establecer los Lineamientos para la Acreditación de un Laboratorio de Calibración en una Industria Farmacéutica de acuerdo a la Norma COVENIN 2534:2000 (ISO/IEC 17025:1999)*. Trabajo de grado de postgrado no publicado, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

Grajales, T. (2000). *Tipos de Investigación*. Recuperado en Marzo 5, 2009, de URL: <http://tgrajales.net/investipos.pdf>.

Gutiérrez, P., y A. Rivero (1985). *Elaboración de Manual de Organización de Laboratorios y Manuales de Operación, Métodos de Ensayos, Mantenimiento y Calibración de los Equipos existentes en siete (7) Laboratorios de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales de la Universidad Central de Venezuela*. Trabajo de Grado no publicado, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

Hernández, R., C. Fernández y P. Baptista (2003). *Metodología de la Investigación*. Caracas: McGrawHill.

Juran, J.M., M. Irank, J.R. Gyrna y J.R. Brigham (1992). *Manual de Control de Calidad* (2da Edición). Colombia: Editorial Reverté Colombia, S.A.

Louart, Pierre (1994). *Gestión de los Recursos Humanos*. Editorial Gestión 2000, S.A. Barcelona, España.

L&S Consultores (2004). *La acreditación de Laboratorios un Reconocimiento de Competencia Técnica*. Recuperado en Noviembre 05, 2008, de URL: <http://www.lysconsultores.com>.

Norma Internacional ASTM D 698-00 *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³(600 kN-m/m³))*.

Norma Internacional ASTM D 1557-07 *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³(2,700 kN-m/m³))*.

Norma Internacional ASTM D 1883-07 *Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.*

Norma Internacional ASTM D 2166-06 *Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.*

Norma Internacional ASTM D 2435-04 *Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading.*

Norma Internacional ASTM D 2850-07 *Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.*

Norma Internacional ASTM D 3080-04 *Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.*

Norma Internacional ASTM D 4767-04 *Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils.*

Norma Venezolana COVENIN 810-1998 *Características de los Medios de Escape en Edificaciones según el Tipo de Ocupación.*

Norma Venezolana COVENIN 823-1988 *Guía Instructiva sobre Sistemas de Detección, Alarma y Extinción de Incendios.*

Norma Venezolana FONDONORMA ISO/IEC 9000:2005 *Sistemas de Gestión de la Calidad. Fundamentos y Vocabulario.*

Norma Venezolana FONDONORMA ISO/IEC 17025:2005 *Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.*

Sabino, C. (1992). *El proceso de investigación*. Recuperado en Marzo 11, 2009 de URL:

<http://www.monografias.com/trabajos30/investigacion-de-campo/investigacion-de-campo.shtml?monosearch>.

Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos (SENCAMER). *Lineamientos básicos*. Recuperado en Noviembre 15, 2008 de URL: <http://portal.sencamer.gob.ve/>

Thomas, J. (2008). *Generalidades*. Recuperado en Diciembre 02, 2008, de URL: http://trans5.convertlanguage.com/astm/enes/24/www_astm_org/ABOUT/aboutASTM.html#_2

Ugas, C. (1985). *Ensayos de Laboratorio en Mecánica de Suelos; Discusión, Evaluación y Procedimiento* (Tercera Edición). Caracas.

Universidad de Vigo (s/f). *Guía de Seguridad e Higiene en el Laboratorio*. Recuperado en Marzo 28, 2009, de URL: <http://webs.uvigo.es/decanatoquimica/documentos/guiaseguridad.pdf>

Velásquez, Reynaldo (2001). *Clima Laboral*. Recuperado en Marzo 14, 2009, de URL: <http://www.gestiopolis.com/canales/derrhh/articulos/25/ceusgho.htm>.

ANEXOS

ANEXO A

Lugar / Fecha								
PLANILLA INVENTARIO								
CÓDIGO	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIAL UCV	SERIAL EQUIPO	CANT	FUERA DE USO	OBSERVACIONES
Iniciales de Nombre y Apellido de la persona que hace el levantamiento.								

ANEXO B

FICHA PARA REGISTRO DE MÉTODOS DE ENSAYO

ENSAYO:

1. Objeto
2. Alcance
3. Responsables
4. Definiciones y siglas
5. Referencias Normativas
6. Equipos e instrumentos
7. Preparación de la muestra
8. Método de ensayo
9. Fórmulas y modos de cálculo
10. Consideraciones de seguridad, higiene y ambiente
11. Formularios y registros
12. Anexos

ANEXO C

Lugar / Fecha					
PLANILLA CRONOGRAMA DE CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN					
CÓDIGO	INSTRUMENTO	CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN	FECHA		OBSERVACIONES
			ÚLTIMA	PRÓXIMA	
Iniciales de Nombre y Apellido de la persona que hace el levantamiento.					

ANEXO D

ENTREVISTA

SITUACIÓN ACTUAL DEL LABORATORIO DE SUELOS DEL IMME

La presente entrevista fue realizada al Prof. Duilio Marcial, el viernes 27 de Marzo de 2009, en su oficina, ubicada en la División de Estudios Especiales, en el IMME. El Prof. Marcial, es Ing. Civil con Doctorado en Geotecnia, docente de la UCV desde el 01/07/1989. Ha sido Director del IMME (2005-2008), Jefe de División de Estudios Especiales (2003-2005), y durante muchos años fue el responsable del Laboratorio de Suelos del Instituto. En la actualidad es profesor Asociado, adscrito al IMME, donde ejerce la docencia, investigación y servicios a terceros en el área de geotecnia, y colabora constantemente en las actividades relativas al Laboratorio de Suelos. Se escogió al profesor Marcial para la entrevista ya que durante su gestión como Director del Instituto, fue quien propuso e inició el proceso para llevar a cabo la acreditación de ensayos en el laboratorio de suelos. Por otra parte, es el docente del IMME con mayor formación en el área de suelos.

A continuación se transcribe la entrevista realizada:

1. ¿Considera usted que el Instituto cuenta con el personal directivo y técnico para desarrollar la implementación, mantenimiento y mejora del Sistema de Gestión propuesto para el Laboratorio de Suelos del IMME?

Considero que el Instituto si cuenta con personal directivo y técnico adecuado. Si vemos un poco la estructura de abajo hacia arriba, el laboratorio de suelos cuenta con un ingeniero calificado que dispone de personal auxiliar y a mi persona como asesor directo. El IMME tiene un ingeniero Coordinador de todos los laboratorios, además por encima de este hay un Jefe de División, y el apoyo de un departamento de administración, finalmente está la figura del Director. Adicionalmente, durante mi gestión como Director, se contrató a un

asesor que ha trabajado con SENCAMER, con la intención de dar apoyo en el desarrollo de los pasos previos a la implementación del sistema de gestión.

2. ¿Existe la figura de supervisor al personal encargado de los ensayos y de la calidad del laboratorio?

En estos momentos, el responsable del laboratorio es el Ing. Leonel Rodríguez. La figura encargada de la dirección técnica y supervisión de los ensayos es el Ing. César Peñuela, mientras que la responsable del aspecto de la calidad es la Ing. Gabriela Contreras para todo el Instituto. Adicionalmente, como les comenté antes, el responsable del laboratorio cuenta conmigo para aclarar cualquier duda sobre la ejecución de los ensayos o su procesamiento.

3. En la Norma ISO/IEC 17025:2005 se exige una organización y estructura de gestión del laboratorio, ¿Esto existe?

El Instituto posee un organigrama, dentro del cual tiene cabida el Laboratorio de Suelos, lo que no se tiene bien definida es la organización interna del laboratorio propiamente, por lo que hace falta trabajar este aspecto.

4. ¿En el laboratorio existe algún mecanismo para proteger la información confidencial y los derechos de propiedad de los clientes, y el almacenamiento y transmisión de resultados?

Una vez que el encargado del laboratorio tiene los resultados de los ensayos, éstos son plasmados en un informe técnico identificado con un número de serie, el cual es consignado en la administración del Instituto. Un ejemplar es entregado al cliente y otro es dejado en el archivo del IMME, cuyo acceso es restringido. Hay que mencionar además que cada informe técnico es único, ya que el Instituto le asigna una codificación interna a través de la administración.

- 5. En la Norma ISO/IEC 17025:2005 se exige que el laboratorio posea un documento llamado “Manual de Calidad”, en donde se haga referencia a todas las especificaciones del sistema de gestión de calidad, tanto técnicas como de gestión, ¿Posee el laboratorio dicho documento?**

Un documento como tal, que contenga esas especificaciones no existe en el laboratorio. En principio de los años 80, el laboratorio estuvo acreditado por COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales) y obviamente para obtener esa acreditación, se generaron y aprobaron gran cantidad de documentos referentes asociados a un sistema de gestión. Actualmente en el laboratorio se utilizan algunos de esos documentos, pero en sí lo que actualmente permanece de esa acreditación no permite decir que tenemos ese documento.

- 6. ¿Cómo maneja el laboratorio los pedidos, ofertas y contratos?**

Existe la planilla de solicitud de ensayos, en la cual se toma nota de los datos del cliente, actividad solicitada por el mismo, el método de ensayo deseado a emplear y las normas aplicables. Las ofertas se manejan a través de presupuestos adecuadamente codificados mediante un número asignado en la administración y generalmente los ensayos son tarifados mediante los aranceles vigentes de la Sociedad Venezolana de Geotecnia.

- 7. ¿Cómo maneja el laboratorio la subcontratación de ensayos?**

En el laboratorio no se maneja la subcontratación de ensayos, sólo se ejecutan aquellos para los cuales el laboratorio está técnicamente capacitado. Ocasionalmente, se ejecutan algunos ensayos en colaboración con otras dependencias de la Universidad, pero siempre bajo la supervisión del Instituto.

- 8. Nos puede comentar sobre el proceso de compras de servicios y suministros.**

El responsable de hacer los pedidos es el encargado del laboratorio, en este caso el Ing. Rodríguez. A ciencia cierta, no se tiene un registro exacto de los insumos con los que se cuenta, por lo que muchas veces es cuando se acaban los materiales, que se hace la petición para que sean repuestos. La solicitud de compra se hace a través de la administración, quienes se encargan de hacer el pedido a través de la Facultad de Ingeniería.

9. ¿Tiene el laboratorio algún mecanismo para conocer las opiniones o quejas del servicio prestado?

El personal del laboratorio tiene la plena disposición para escuchar las opiniones de sus clientes, pero no se lleva ningún se registro de ellas.

10. Al presentarse un trabajo no conforme, ¿Cómo procede el laboratorio?

Básicamente se revisa la no conformidad, y se busca la manera de saber qué pudo haber ocasionado el error, para posteriormente aplicar acciones correctivas. En caso de dudas sobre algún resultado, se repite el ensayo.

11. ¿Existe un espacio destinado al resguardo de registros de calidad y registros técnicos?

Si existe, en el laboratorio hay un archivo, donde de hecho se pueden encontrar documentos sobre registros antiguos, sin embargo actualmente el responsable del laboratorio lleva el registro en su oficina y no está disponible para supervisión directa.

12. En cuanto al personal, ¿Se lleva un registro actualizado su cualificación, experiencia y formación?

Registro como tal, no se lleva a nivel del laboratorio. Sin embargo, tanto en el archivo del IMME como en el archivo de la Facultad, reposa un expediente donde constan los cursos realizados y diplomas obtenidos por el personal

docente, administrativo, técnico y de servicio. En general, en el Instituto se ha propiciado que el personal continúe formándose, mediante cursos, charlas, postgrados, entre otros.

13. Hablando en el ámbito técnico, ¿Son correctas las condiciones ambientales dentro del laboratorio al realizar ensayos?

Yo considero que si se cumplen las condiciones ambientales; en las normas ASTM, y dependiendo del ensayo se especifica si hay alguna restricción en cuanto a ese aspecto.

14. ¿Qué procedimientos de muestreo se utilizan en el laboratorio?

En el laboratorio no se realizan muestreos, por lo cual no se tiene procedimientos para ello. Los clientes son quienes llevan las muestras a ser ensayadas. Por otra parte, si algún docente lleva un proyecto de mayor alcance que incluya toma de muestras, tal como un estudio geotécnico, éste es responsable de velar por el muestreo y no el laboratorio.

ANEXO E

ANEXO F

ANEXO G

ANEXO H

ANEXO I

ANEXO J

ANEXO K

ANEXO L

