



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

“Evaluación Técnica para el diseño de los  
Laboratorios de Mecánica de Suelos y Hormigones  
en la ESPOL y Diseño de un Software para el  
Cálculo y Generación de Reportes de Ensayos  
de Laboratorio”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la Obtención del Título de  
**INGENIERO CIVIL**

PRESENTADA POR:

*Víctor Manuel Orozco Chávez*



**Guayaquil - Ecuador**

**Marzo 2004**



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería En Ciencias de la Tierra**

"Evaluación Técnica para el diseño de los Laboratorios de Mecánica de Suelos y Hormigones en la ESPOL y Diseño de un Software para el Cálculo y Generación de Reportes de Ensayos de Laboratorio"

## **TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO CIVIL**

Presentada por:

**Víctor Manuel Orozco Chávez**



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**Marzo 2004**

## AGRADECIMIENTO

A mi directora de Tesis Ing. Carmen Terreros de Varela, al Ing. Hugo Egeuz, Ing. Alejandro Ampuero (Dictuc-Chile) y a mi amigo Julio García por su invaluable colaboración en el desarrollo de la presente Tesis.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

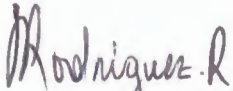
## DEDICATORIA

A Dios, A mi familia, mis  
sustentos y fuentes de energía  
para todas las acciones de mi  
vida.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

Ing. Julio Rodríguez R.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



---

Ing. Carmen Terremos de Varela

DIRECTORA DE TESIS

---

Ing. José Mancero G.

VOCAL



---

Ing. Miguel A. Chávez M.

VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Víctor Orozco Chávez

## **RESUMEN**

El presente trabajo presenta dos secciones en las cuales el autor tiene como objetivo el de sentar una base para el desarrollo de la infraestructura y equipamiento de la carrera de Ingeniería Civil en la ESPOL

La primera parte abarca la evaluación, recomendaciones y cotización de la recuperación y actualización integral del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, teniendo como objetivos fundamentales el desarrollo de la investigación científica y la prestación de servicios especializados.

En la segunda parte del trabajo se presenta el desarrollo de 13 programas elaborados en Hojas electrónicas para el cálculo y generación de informes de laboratorio.



**BIBLIOTECA FICT**  
**ESPOL**

## ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	VIII

### PRIMERA PARTE, EVALUACIÓN TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE LOS LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y HORMIGONES EN LA ESPOL

I. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES “RAÚL MARURI DÍAZ”.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.1.1 Introducción.....	1
1.1.2 Laboratorios de Mecánica de Suelos y Hormigones, experiencias en otras instituciones.....	3
1.1.3 Recomendaciones para la implantación del nuevo laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales en la ESPOL.....	19



1.2	Descripción de Infraestructura y Equipamiento Actual.....	22
1.2.1	Infraestructura del Laboratorio Raúl Maruri Díaz.....	22
1.2.2	Equipamiento del Laboratorio Raúl Maruri Díaz.....	23
1.3	Evaluación de Infraestructura y Equipamiento Actual.....	30
1.4	Selección de Equipamiento Reparable y Recuperable .....	34
1.5	Presupuesto de Recuperación de Equipos.....	35

## II. NUEVO LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES.....37

2.1	Configuración de los Laboratorios de Mecánica de Suelos y Hormigones.....	37
2.1.1	Modificaciones Propuestas para la Planta Baja.....	38
2.1.2	Modificaciones propuestas para la Planta Alta.....	42
2.2	Equipamiento del Laboratorio, Area de Mecánica de Suelos .....	43
2.3	Equipamiento del Laboratorio, área de Hormigones.....	46
2.4	Presupuesto para Infraestructura Física del Laboratorio.....	48
2.5	Presupuesto para el Equipamiento del Laboratorio.....	48

**SEGUNDA PARTE, DISEÑO DE UN SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DE PARÁMETROS OBTENIDOS DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS**

III. ENSAYOS DE LABORATORIO, MECÁNICA DE SUELOS Y HORMIGONES, PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS, CÁLCULOS QUE HAY QUE REALIZAR.....50

    3.1 Area de Mecánica de Suelos.....51

        3.1.1 Ensayo para la determinación de los Límites de Atterberg..  
            .....51

        3.1.2 Ensayo para la determinación de la Granulometría de Agregados Finos y Gruesos.....57

        3.1.3 Ensayo para la determinación del Peso Específico de los Sólidos.....59

        3.1.4 Clasificación de Suelos.....65

        3.1.5 Ensayo de Consolidación de Suelos.....71

        3.1.6 Ensayo de Compresión Simple (Compresión Sin Confinamiento).....79

        3.1.7 Compresión Triaxial.....83

        3.1.8 Ensayos de Compactación, Proctor Estandar y Modificado.....89

        3.1.9 Cálculo de Asentamientos.....95

3.2	Area de Hormigones.....	99
3.2.1	Ensayo de Compresión Axial de Cilindros de Hormigón.. .....	99
3.2.2	Dosificación de Hormigones por el Método ACI.....	101
IV.	DESARROLLO DEL SOFTWARE.....	106
4.1	Algoritmos de diseño para el software, tomando en cuenta los ensayos enumerados anteriormente.....	106
4.1.1	Algoritmo para Cálculo de los límites de Atterberg.....	106
4.1.2	Algoritmo para Cálculo distribución Granulométrica de Suelos finos y Gruesos.....	108
4.1.3	Algoritmo para el cálculo de la Gravedad Específica de los sólidos del suelo en materiales gruesos y finos.....	111
4.1.4	Algoritmo para la clasificación de suelos por los métodos SUCS y AASHTO.....	113
4.1.5	Algoritmo para el cálculo de los parámetros obtenidos del ensayo de Consolidación.....	117
4.1.6	Algoritmo para el cálculo de los parámetros obtenidos del ensayo de Compresión Inconfinada.....	123
4.1.7	Algoritmo para la determinación de los parámetros de resistencia a cortante a partir del ensayo Triaxial.....	125

4.1.8	Algoritmo para la determinación de la humedad óptima y densidad seca máxima de un suelo por medio de los ensayos de compactación Proctor Estándar y Modificado.....	129
4.1.9	Algoritmo para el cálculo de asentamientos por consolidación primaria en suelos arcillosos.....	131
4.1.10	Algoritmo para el cálculo de la resistencia a compresión axial de cilindros de hormigón.....	134
4.1.11	Algoritmo para la dosificación de mezclas de hormigón, según el método ACI.....	136
4.2	Manual de Ayuda para el Usuario del Programa.....	141
4.2.1	Programa para la determinación de los límites de Atterberg.....	141
4.2.2	Programa para el cálculo de la distribución granulométrica de suelos finos y gruesos.....	142
4.2.3	Programa para el cálculo de la Gravedad Específica de los sólidos en suelos finos y gruesos.....	146
4.2.4	Programa para la clasificación de suelos por los métodos Unificado y AASHTO.....	148
4.2.5	Programa para el cálculo de parámetros de Consolidación.....	150



4.2.6 Programa para el cálculo de los parámetros obtenidos del ensayo de Compresión Inconfinada en especímenes de suelo.....	156
4.2.7 Programa para la determinación de parámetros de resistencia a cortante a partir del ensayo Triaxial .....	160
4.2.8 Programa para la determinación de parámetros de Compactación de Suelos por los Métodos Proctor Estándar y Modificado.....	166
4.2.9 Programa para el cálculo de asentamientos en estratos de arcilla.....	168
4.2.10 Ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de cilindros de hormigón.....	170
4.2.11 Programa para la dosificación de proporciones en mezclas de Hormigón, método ACI.....	173

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	176
5.2 Recomendaciones.....	175

## ANEXOS







**BIBLIOTECA FICT**  
**ESPOL**

## ABREVIATURAS

Cc	Índice de compresibilidad.
cm	Centímetros.
D	Diámetro.
gr	Gramos.
Gs	Gravedad específica.
Hs	Altura de sólidos.
Kg	kilogramos
Pc	Presión de preconsolidación.

## SIMBOLOGÍA

A	Area.
L	Longitud.
K	Permeabilidad.
D	Diámetro de partículas.
Cc	Coefficiente de curvatura.
Cu	Coefficiente de uniformidad.
f'c	Resistencia a compresión axial del hormigón.
$\phi$	Angulo de fricción del suelo.
c	Cohesión del suelo.
qu	Resistencia a compresión sin confinamiento del suelo.
$\gamma_{sat}$	Densidad del suelo en estado saturado
$\gamma_d$	Densidad del suelo en estado seco
LL	Límite Líquido del suelo
IP	Índice Plástico del suelo.
°C	Grados Centígrados.
	Proceso de Ingreso de Datos
	Proceso de Ingreso ó Salida de Datos.
	Proceso de decisión (si, no).
	Proceso de cálculo.
$\sigma$	Esfuerzo normal.
$\tau$	Esfuerzo tangencial.

## INDICE DE TABLAS

		Pag.
Tabla I.1	Ensayos que efectúa el Laboratorio docente de la PUC.....	7
Tabla I.2	Ensayos que ofrece el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la PUC.....	8
Tabla I.4	Ensayos que ofrece el Laboratorio de Mecánica de Suelos del Idiem, Universidad de Chile.....	12
Tabla I.5	Continuación de Tabla I.4.....	13
Tabla I.6	Ensayos ofrecidos por el Laboratorio de la Universidad Católica de Valparaíso.....	15
Tabla I.7	Continuación de la Tabla I.6.....	16
Tabla I.8	Continuación de la Tabla I.6.....	17
Tabla I.9	Resumen del estado de los equipos del área de Mecánica de Suelos.....	24
Tabla I.10	Resumen del estado de los equipos Misceláneos.....	26
Tabla I.11	Resumen del estado de los equipos de Hormigón.....	28
Tabla I.12	Condiciones de operación del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales "Raúl Maruri Díaz".....	31
Tabla I.13	Ensayos del área de Mecánica de suelos, actualmente.....	32
Tabla I.14	Ensayos del área de Hormigones y Cementos, actualmente.....	33
Tabla I.15	Ensayos del área de Asfaltos, actualmente.....	33
Tabla I.16	Ensayos del área de Mecánica de Rocas, actualmente.....	33
Tabla II.1	Ensayos del área de Mecánica de Suelos, a futuro.....	44
Tabla II.2	Ensayos del área de Servicios Generales, a futuro.....	45
Tabla II.3	Ensayos del de Mecánica de Rocas, a futuro.....	45
Tabla II.4	Ensayos del área de Asfaltos, a futuro.....	45
Tabla II.5	Ensayos del área de Hormigones, Cementos y Materiales de Construcción, a futuro.....	47
Tabla II.6	Presupuesto de Compra de equipos nuevos, por áreas.....	49
Tabla III.1	Tabla para clasificación de suelos SUCS.....	68
Tabla III.2	Tabla para clasificación de suelos AASHTO.....	70
Tabla III.3	Resultados típicos del ensayo de compresión simple en suelos.....	79
Tabla III.4	Tabla combinaciones proctor estándar.....	94
Tabla III.5	Tabla combinaciones proctor modificado.....	95
Tabla III.6	Factores de Corrección para Compresión de Hormigones.....	100
Tabla III.8	Revenimientos recomendados para dosificación.....	108





Tabla III.9	Agua para la dosificación función del asentamiento y tamaño máximo nominal.....	105
Tabla III.10	Agregado grueso, función del módulo de finura y tamaño máximo nominal.....	105
Tabla IV.1	Revenimientos recomendados.....	136
Tabla IV.2	Agua de Mezclado, en función del tamaño máximo del agregado (forma redondeada y Textura Lisa, sin aire incluido).....	138
Tabla IV.3	Agua de Mezclado, en función del tamaño máximo del agregado y el asentamiento requerido (forma angular y textura rugos, sin aire incluido).....	138
Tabla IV.4	Agua de Mezclado, en función del tamaño máximo del agregado y el asentamiento requerido (Forma redondeada y textura lisa, con aire incluido).....	139
Tabla IV.5	Agua de Mezclado, en Función del Tamaño Máximo del Agregado y el asentamiento requerido (forma angular y textura rugosa con aire incluido).....	139
Tabla IV.6	Relación agua/cemento en función de la resistencia a compresión del hormigón.....	140
Tabla IV.7	Volúmen del agregado grueso para una mezcla de hormigón, en función del módulo de finura de la arena y el tamaño máximo nominal del agregado grueso.....	140



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

## INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1	Laboratorio de geotecnia experimental, antes de una clase de compactación de suelos .....4
Figura 1.2	Esquema de emplazamiento del Laboratorio Docente de la Puc.....5
Figura 1.3	Esquema de emplazamiento de planta baja DICTUC, mecánica de suelos.....9
Figura 1.4	Esquema de emplazamiento de mezanine DICTUC, mecánica de suelos.....10
Figura 1.5	Zona de ensayos de deformación y resistencia en suelos, Idiem, Universidad de Chile.....11
Figura 1.6	Esquema de emplazamiento laboratorio del Idiem, mecánica de suelos, Universidad de Chile.....14
Figura 1.7	Esquema de emplazamiento del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.....15
Figura 1.8	Esquema de implantación del Centro Técnico del Hormigón...18
Figura 1.9	Periodo de Ingreso de los equipos de Mecánica de Suelos.....24
Figura 1.10	Fuente de Ingreso de los equipos de Mecánica de Suelos.....25
Figura 1.11	Estado actual de los equipos de Mecánica de Suelos.....25
Figura 1.12	Fuente de ingreso de los equipos Misceláneos.....26
Figura 1.13	Estado actual de los equipos Misceláneos.....27
Figura 1.14	Periodo de ingreso de los equipos Misceláneos.....27
Figura 1.15	Fuente de ingreso de los equipos de Laboratorio, área de hormigones.....28
Figura 1.16	Estado actual de los equipos de hormigones y cementos.....29
Figura 1.17	Periodo de ingreso de los equipos de hormigones y cementos.....29
Figura 1.18	Selección de equipo reparable.....35
Figura 3.1	Variación del estado de un suelo con respecto a su humedad.51
Figura 3.2	Copa de Casagrande.....52
Figura 3.3	Copa de Casagrande llena con material de prueba.....53
Figura 3.4	Carta de Plasticidad de los Suelos.....68
Figura 3.5	Edómetro.....73
Figura 3.6	Curva relación de vacíos vs log presión, presión de

	Preconsolidación.....	76
Figura 3.7	Curva relación de vacíos vs log presión, $C_c$ y $C_s$ .....	78
Figura 3.8	Prensa Triaxial y Camara Triaxial.....	84
Figura 3.9	Fotos de los martillos proctor estándar y modificado.....	91
Figura 3.10	Curvas proctor típicas.....	94
Figura 3.11	Modelo de deformación del suelo.....	96
Figura 3.12	Determinación del índice de consolidación.....	97
Figura 3.13	Algoritmo de diseño para dosificación de hormigones.....	104
Figura 4.1	Algoritmo de Cálculo para límites de Atterberg.....	107
Figura 4.2	Algoritmo de Cálculo para el cálculo de la distribución granulométrica en suelos finos.....	109
Figura 4.3	Algoritmo para Cálculo de gravedad específica (finos y gruesos).....	112
Figura 4.4	Algoritmo para la clasificación de suelos SUCS.....	113
Figura 4.5	Continuación de Algoritmo para la clasificación de suelos SUCS.....	114
Figura 4.6	Algoritmo para la clasificación AASHTO.....	115
Figura 4.7	Continuación de Algoritmo para la clasificación AASHTO.....	116
Figura 4.8	Algoritmo para el cálculo de la relación de vacíos inicial, consolidación.....	118
Figura 4.9	Detalle de los cálculos para Presión de Consolidación e Índice de Compresibilidad.....	121
Figura 4.10	Algoritmo para el cálculo de los parámetros de consolidación.....	122
Figura 4.11	Algoritmo para el cálculo de los parámetros de compresión simple.....	124
Figura 4.12	Algoritmo para el cálculo de $p$ y $q$ en un ensayo consolidado no drenado.....	126
Figura 4.13	Esquema del diagrama de Mohr y las coordenadas $p$ y $q$ en la falla.....	127
Figura 4.14	Algoritmo para el cálculo de cohesión y ángulo de fricción.....	128
Figura 4.15	Algoritmo para el cálculo de la densidad seca y humedad a partir del ensayo de compactación proctor.....	130
Figura 4.16	Algoritmo para el cálculo de asentamientos por consolidación primaria.....	132
Figura 4.17	Algoritmo para el cálculo de la resistencia a compresión axial de cilindros de hormigón.....	136
Figura 4.18	Algoritmo para la dosificación de hormigones por el método ACI.....	138
Figura 4.19	Formulario de Ingreso de datos para límites de Atterberg .....	141
Figura 4.20	Formulario de entrada de datos para la determinación de la distribución granulométrica del suelo. ....	143
Figura 4.21	Formulario de edición de gráfico granulométrico.....	144

Figura 4.22	Formulario para la selección de los datos adecuados para la curva granulométrica.....	145
Figura 4.23	Formulario de ingreso de datos para ensayo de Gravedad Específica(Finos).....	146
Figura 4.24	Formulario para ingreso de datos para ensayo de Gravedad Específica (Gruesos).....	147
Figura 4.25	Formulario de ingreso de datos para clasificación de suelos..	148
Figura 4.26	Advertencia de caso de frontera en clasificación de suelos...	149
Figura 4.27	Formulario de Ingreso de datos para el ensayo de consolidación, proceso de carga.....	151
Figura 4.28	Formulario para la edición del gráfico relación de vacíos vs Presión.....	152
Figura 4.29	(a) Recta generada por los datos escogidos en la columna "L" en (b) EN LA COLUMNA "L" EN (b).....	154
Figura 4.30	(a) Parábola generada por los datos seleccionados en la columna "P" en (b).....	154
Figura 4.31	Ingreso de Coordenada inicial de mínimo radio de curvatura en la zona de recompresión.....	155
Figura 4.32	Formulario para el ingreso de los datos del ensayo de compresión sin confinamiento.....	156
Figura 4.33	Selección de los datos adecuados para el gráfico de compresión sin confinamiento.....	158
Figura 4.34	Ventana datos de origen.....	159
Figura 4.35	Selección correcta, selección incorrecta de datos de origen..	159
Figura 4.36	Formulario de ingreso de datos de ensayo triaxial consolidado no drenado.....	160
Figura 4.37	Formulario de ingreso de datos para ensayo triaxial consolidado drenado.....	162
Figura 4.38	Formulario de ingreso de datos para ensayo triaxial consolidado drenado.....	163
Figura 4.39	Formulario "graficos" para la correcta selección de las series de datos para las curvas.....	164
Figura 4.40	Selección de la deformación unitaria referencial para el cálculo del ángulo de fricción y cohesión del suelo.....	165
Figura 4.41	Formulario de entrada para ensayo de compactación proctor.....	166
Figura 4.42	Formulario de entrada para cálculo de asentamientos en una masa de suelo.....	168
Figura 4.43	Gráfico del perfil estratigráfico del suelo.....	170
Figura 4.44	Formulario de ingreso de datos para compresión axial de hormigones.....	171
Figura 4.45	Selección del Revenimiento adecuado según el tipo de estructura a construirse.....	172

Figura 4.46 Selección del módulo de finura y tamaño máximo del agregado.....173

Figura 4.47 Selección de Resistencia a Compresión para la Mezcla, existencia de Aire Incorporado y Características de las Partículas del agregado grueso.....174

Figura 4.48 Características físicas de los agregados.....175



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

## INTRODUCCIÓN

La Primera Parte de este trabajo efectúa la evaluación del estado actual del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales "Ing. Raúl Maruri Díaz" con el objetivo de detallar recomendaciones técnicas para la readecuación integral de sus instalaciones, así como la compra de nuevo equipamiento teniendo como objetivo dotar a la ESPOL de un centro de investigaciones y prestación de servicios de alto nivel en el área de la Ingeniería de Construcción.

La Segunda Parte de esta Tesis detalla el trabajo efectuado para la generación de programas de cálculo y generación de informes de laboratorio para las áreas de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales utilizando hojas electrónicas de Excel. Se han elaborado los algoritmos de cálculo en base a las descripciones de pruebas descritas en normas como ASTM, AASHTO, NTC e INEN.

Ambas secciones del trabajo poseen como objetivo el sentar una base para el desarrollo de la infraestructura, materiales y herramientas computacionales con que cuenta la carrera de Ingeniería Civil de la ESPOL, no solamente para la docencia e investigación universitarias, sino también para la prestación de servicios a empresas y proyectos del ámbito de la construcción en el Ecuador.

# CAPITULO 1

## 1. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES "RAÚL MARURI DÍAZ"

### 1.1 Antecedentes

#### 1.1.1 Introducción

En el año de 1958 nace la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas y Petróleos, bajo la dirección del Ingeniero Walter Camacho Navarro. El desarrollo paulatino de la misma, así como el vertiginoso avance de la ESPOL permiten que lentamente tome forma lo que se conocía como carrera de Ingeniería Geotécnica, apareciendo en 1967, cuyo principal

laboratorio era precisamente el de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales creado en 1973.

En respuesta al crecimiento del medio de la construcción en el litoral ecuatoriano, en el año de 1989 se crea la carrera de Ingeniería Civil en la ESPOL, siendo inicialmente un producto de la evolución de la antigua carrera de Ingeniería Geotécnica contando además con su misma infraestructura de laboratorios.

El traslado de las carreras de Ingeniería hacia el Campus Prosperina permitió que toda la infraestructura docente y de laboratorios de la facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra obtenga un espacio mayor para el desarrollo de sus actividades. El laboratorio de Mecánica de Suelos implantado en esta nueva ubicación pasó a tomar en 1999 el nombre de Raúl Maruri Díaz, importante ex-profesor de esta Facultad.

En la actualidad el laboratorio cuenta con las áreas de Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas y Resistencia de Materiales. Sus actuales dimensiones además de resultar insuficientes para el número de áreas de trabajo impide el desarrollo ágil de una actividad tan importante como es la docencia. Cabe anotar que gran parte del equipamiento de este laboratorio se encuentra inutilizado por averías o falta de mantenimiento.



El presente trabajo pretende proveer lineamientos concretos para el desarrollo de dos nuevos laboratorios de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales en la ESPOL, el primero con una finalidad meramente docente y el segundo orientado a brindar servicios a empresas del ámbito de la construcción en Ecuador.

### **1.1.2 Laboratorios de Mecánica de Suelos y Hormigones, experiencias en otras instituciones**

Para poder tener una base comparativa al realizar recomendaciones de diseño para las nuevas instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales resulta de gran conveniencia asimilar la experiencia que han tenido distintos laboratorios en cuanto a la implantación de su infraestructura y la selección de equipamiento. El autor en varias visitas a laboratorios de Chile y Ecuador presenta a continuación una breve descripción de sus instalaciones y equipos de ensayo.

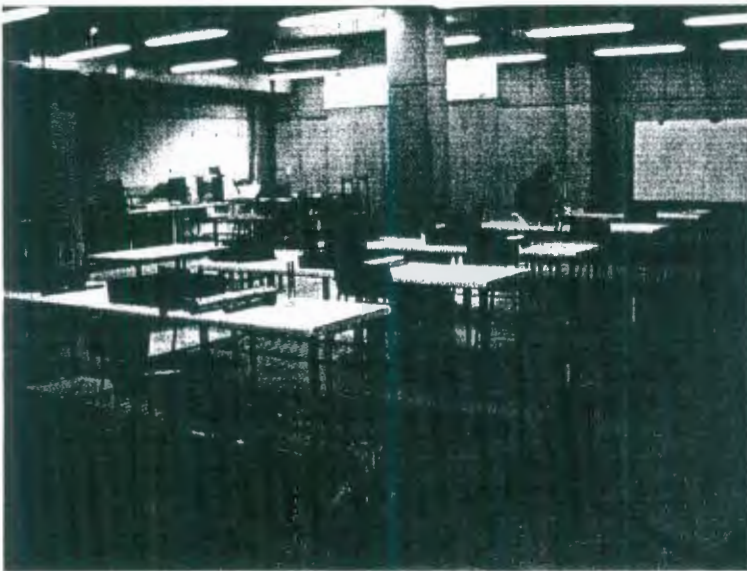
**Laboratorio docente de la Pontificia Universidad Católica de Chile, departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnia.**



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

En el mes de marzo del 2003 el departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica inició el desarrollo de sus cursos utilizando la nueva infraestructura del Edificio San Agustín de la Facultad de Ingeniería, en el cual se encuentra ubicados sus laboratorios docentes, entre ellos el de Geotecnia Experimental.

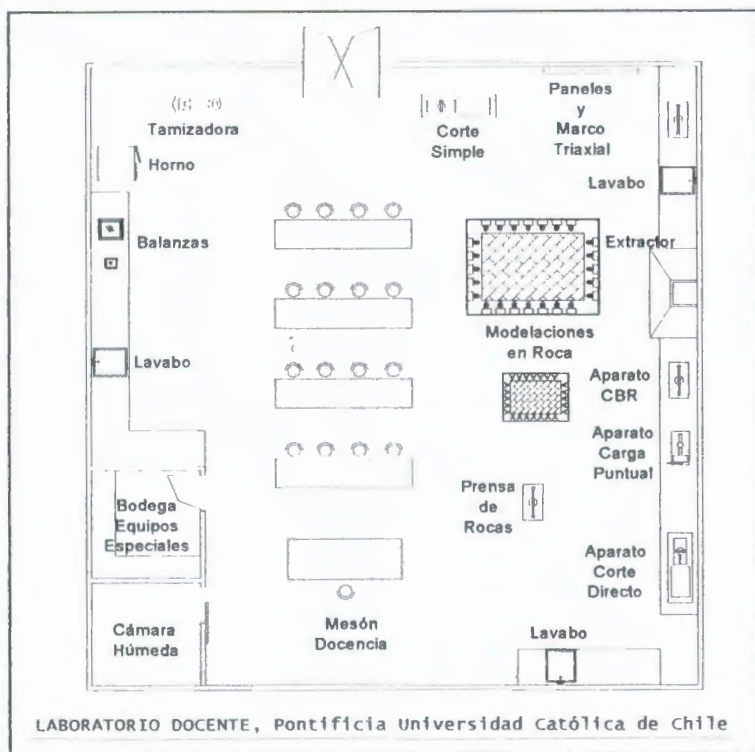
Dotado de un moderno equipamiento, la misión de este laboratorio es



**FIGURA 1.1 , LABORATORIO DE GEOTECNIA EXPERIMENTAL, ANTES DE UNA CLASE DE COMPACTACIÓN DE SUELOS.**

permitir a los estudiantes adquirir conocimientos prácticos en las áreas de Mecánica de Suelos y Rocas por medio del desarrollo de ensayos comunes y especiales en estas áreas basados en las normas nacionales (Norma Chilena) e internacionales (ASTM, DIN). Estas prácticas son dirigidas por

docentes de esta Universidad, quienes brindan todas las pautas teóricas y prácticas para que los alumnos ejecuten correctamente estos ensayos .



**FIGURA 1.2, ESQUEMA DE EMPLAZAMIENTO DEL LABORATORIO DOCENTE DE LA PUC**

Adicional a la docencia universitaria , este laboratorio permite brindar capacitación al personal de empresas que desarrollan sus actividades dentro del ámbito geotécnico. Existen dos tipos de modalidades bajo las cuales se llevan a cabo estas experiencias. Primero los "Ensayos Personales", en los cuales se provee a los estudiantes de los equipos necesarios para que toda la ejecución de la prueba sea desarrollada por su cuenta, el instructor



BIBLIOTECA FIC?  
ESPOL

recorre cada uno de los mesones comprobando la correcta marcha de los mismos.

La segunda modalidad o " Ensayos Dirigidos", permite que el alumno observe e intervenga en la ejecución de pruebas, las cuales por el costo de los equipos que necesitan no permiten una operación directa por parte del estudiante. Previo al ensayo se explican todos sus fundamentos y pasos a ejecutar siendo el instructor el encargado de operar el equipo.

Este laboratorio, con 177 m<sup>2</sup> cuenta con capacidad para brindar cursos a 16 personas, distribuidas en 4 mesones de aluminio, de dimensiones convenientes para permitir la manipulación de equipos de mecánica de suelos. Un profesor guía la práctica mientras que 2 ayudantes agilizan la ejecución de los ensayos, asistiendo al profesor. Para conservar las muestras que serán utilizadas en experiencias docentes o dentro de los proyectos de investigación que son desarrollados utilizando este laboratorio, se dispone de una cámara húmeda.

El laboratorio de Geotecnia Experimental de la PUC, permite adquirir experiencias en los ensayos descritos en la tabla I.1

**TABLA I.1 ENSAYOS QUE EFECTÚA EL LABORATORIO DOCENTE DE LA PUC.**

<b>Ensayos Dirigidos</b>	Corte Directo
	Corte Simple
	Triaxial en Suelos
	Triaxial en Rocas
	CBR
	Simulación de Fallas en Rocas
	Carga Puntual en Rocas
<b>Ensayos "Personales"</b>	Clasificación visual de suelos
	Límites de Atterberg
	Compactación de suelos

**Laboratorio de Mecánica de Suelos del Departamento de Ingeniería Estructural y Geotecnia de la Pontificia Universidad Católica de Chile**

Creado en 1970 y con un área de 400m<sup>2</sup> este laboratorio brinda servicios en el área de prospección, ensayos y control de calidad en el área geotécnica dentro de Chile. Cuenta con 2 subjefes de laboratorio los cuales trabajan en conjunto con el director del Departamento y los profesores del área quienes colaboran como asesores. Con la ayuda de 15 operadores y ayudantes realizan ensayos "rutinarios" (ensayos de clasificación, ensayos de compactación) de mecánica de suelos y prospecciones en campo, mientras que 2 técnicos en ingeniería civil colaboran en la ejecución de ensayos especiales (triaxiales estáticos y dinámicos, consolidación, corte directo y

corte simple, etc). La Tabla 1.2 muestra los ensayos que ofrece este laboratorio.

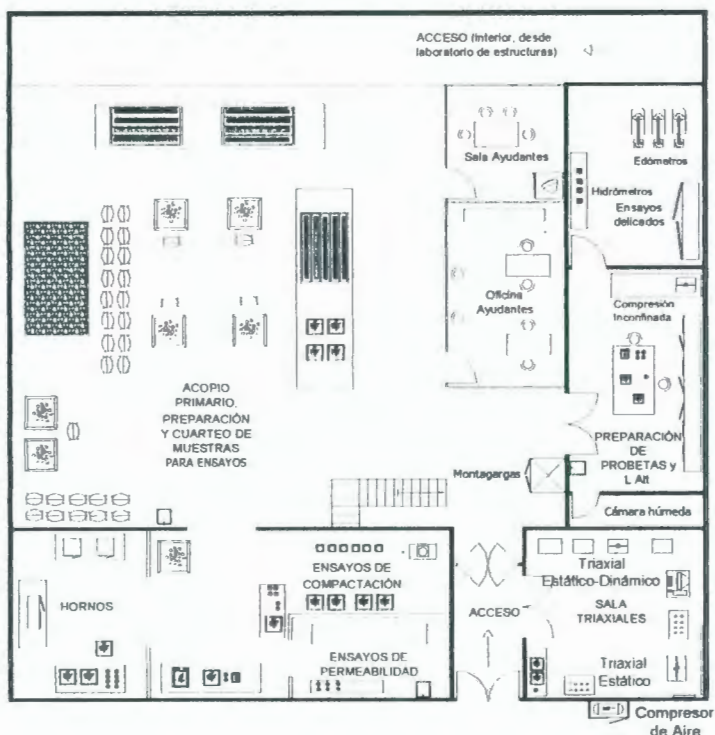
**TABLA 1.2 ENSAYOS QUE OFRECE EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA PUC.**

<b>ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	
<b>Ensayos de Clasificación</b>	Contenido de Humedad
	Granulometría por tamizado
	Granulometría por Sedimentación
	Límites de Atterberg
	Peso específico de sólidos
	Clasificación USCS y AASHTO
	Densidad en laboratorio
<b>Ensayos de Compactación</b>	Contenido de materia orgánica
	Densidad en Laboratorio
	Proctor Standard y Modificado
	California Bearing Ratio (CBR)
<b>Ensayos de Flujo</b>	Densidad máxima y mínima
	Permeabilidad Carga Constante
	Permeabilidad Carga Variable
<b>Ensayos de Resistencia</b>	Ensayo Pin Hole
	Compresión no confinada
	Corte Directo
	Corte Simple
	Ensayo triaxial estático(UU,CU,CD)
<b>Ensayos de Deformación</b>	Ensayo triaxial cíclico
	Consolidación
	Hinchamiento libre
	Presión de hinchamiento
	Colapso
<b>ENSAYOS DE MECÁNICA DE ROCAS</b>	
	Compresión no confinada
	Compresión Triaxial
	Pulso sónico (veloc. Onda P)
	Corte directo sobre fracturas
	Resistencia de Punta
	Durabilidad
	Tracción indirecta
	Tilt Test
<b>ENSAYOS EN CAMPO</b>	
	Densidad in situ (densímetro o cono)
	Placa de Carga
	CBR
<b>SONDAJES</b>	
	Sondajes con máquina perforadora
	Penetración cono dinámico
	Ensayo de Penetración Standard



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

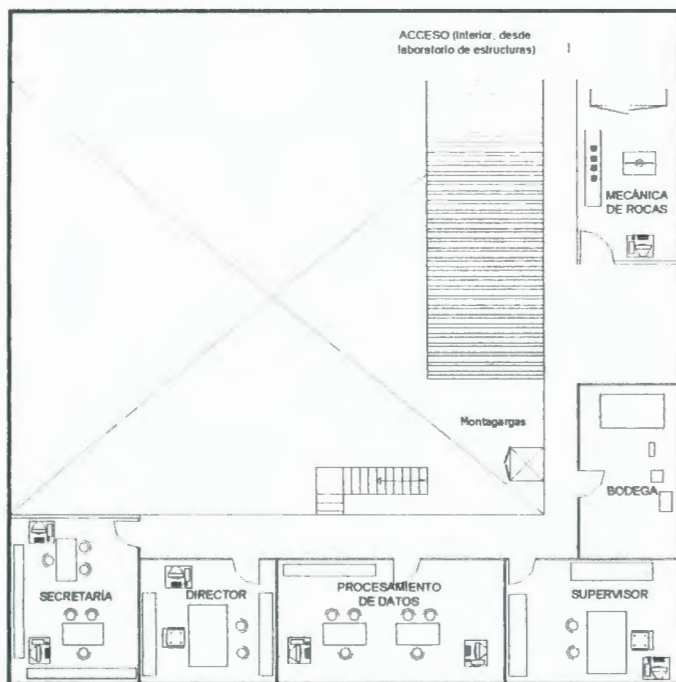
Este laboratorio posee la característica principal de haber reservado una gran área para el almacenaje y tratamiento previo de las muestras, la falta de



**FIGURA 1.3 ESQUEMA DE EMPLAZAMIENTO DE PLANTA BAJA DICTUC, MECÁNICA DE SUELOS.**

este tipo de áreas constituye un problema muy común en otros centros de investigación, al asignar salas de pequeñas dimensiones para este propósito, aumentando así la posibilidad de alteración y /o destrucción involuntaria de muestras para ensayos. El hecho de contar con un montacargas ayuda a trasladar muestras de roca hasta el mezanine del laboratorio, en donde se encuentra esta área de ensayos y las oficinas del

centro. Al aislar los ensayos delicados (hidrometría, consolidación) hasta una sala de acceso restringido, se eliminó la posibilidad de daños en las pruebas debidos a circulación de personal o estudiantes. La conservación de muestras para ensayos en probetas inalteradas se efectúa en una cámara húmeda, muy necesaria para efectos de cumplir con las normas vigentes.



**FIGURA 1.4, ESQUEMA DE EMPLAZAMIENTO DE MEZANINE DICTUC, MECÁNICA DE SUELOS.**

### **Laboratorio de Mecánica de Suelos , IDIEM , Universidad de Chile**

Ubicado en el 2do piso de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, este laboratorio cuenta con una superficie de 680 m<sup>2</sup>, su existencia data desde la aparición del departamento de Geotecnia de la Universidad de Chile



hace 60 años. Cuenta con la participación de 5 ayudantes en el área de ensayos de resistencia y 4 en ensayos físicos. Para facilitar el desarrollo de las actividades de trabajo se ha dividido en 2 secciones, la primera en donde se encuentran los ensayos de resistencia y que requieren de un control riguroso (triaxiales, consolidación, resistencia inconfiada, corte directo, etc) y una segunda sección en donde se realiza la preparación de muestras y la ejecución de ensayos de clasificación y compactación. Por estar ubicado en un nivel alto, cuenta con montacargas para el transporte de materiales desde la planta baja hasta la sección de preparación de muestras.



**FIGURA 1.5 , ZONA DE ENSAYOS DE DEFORMACIÓN Y RESISTENCIA EN SUELOS, IDIEM, UNIVERSIDAD DE CHILE.**



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

Como características especiales de este centro de investigación pueden nombrarse: la mayor parte de sus equipos cuenta con adquisición automática de datos adicional a la calibración constante que poseen todos

los laboratorios, es el único en Sudamérica en poseer un Triaxial Gigante que permite ensayar probetas de 1m de diámetro por 2 metros de altura, si bien varios de sus equipos (2 prensas para triaxial estático, corte simple y consolidómetros) datan de los años 1970 a 1980, se ha recuperado totalmente su funcionalidad añadiéndoles dispositivos de adquisición automática de datos, creando así un registro continuo de datos con una precisión absoluta (el uso de LVDT's, anillos y diales digitales elimina el trabajo de toma de lecturas por un operador). Las Tablas I.4 y I.5 muestran los ensayos que efectúa esta institución.

**TABLA I.4 ENSAYOS OFRECIDOS POR EL IDIEM, UNIVERSIDAD DE CHILE**

<b>ENSAYOS EN TERRENO</b>	
	Ensayo de Placa de Carga
	Ensayo Presiométrico
	Perfil de Resistividad eléctrica
	Perfil de velocidad de ondas
<b>ENSAYOS DE MECÁNICA DE ROCAS</b>	
	Análisis Mineralógico Macroscóp.
	Análisis Mineralógico Microscóp.
	Determinación de unidades físicas (peso unitario, peso específico, porosidad, absorción, humedad)
	Obtención de testigos
	Compresión no confinada
	Ensayo de desgaste
	Pulso sónico (veloc. Onda P)
	Corte directo sobre fracturas
	Resistencia de Punta
	Durabilidad
	Tracción indirecta
<b>SONDAJES</b>	
	Perforación NQ, HQ3, NXWL
	Perfil Suelo
	Ensayo Penetración Con Dinámico
	Ensayo Penetración Estandar
	Ensayo Lugeon
	Ensayo Lefranc-Mandel

**TABLA 1.5 ENSAYOS OFRECIDOS POR EL IDIEM, UNIVERSIDAD DE CHILE. (CONTINUACIÓN)**

<b>ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	
<b>Ensayos de Clasificación</b>	Clasificación completa (bajo 3")
	Clasificación completa (bajo 3/8")
	Granulometría
	Límites de Atterberg
	Peso específico
	Contenido de Humedad
	Clasificación USCS o AASHTO
	Hidrometría (Boyocucus)
<b>Ensayos de Consistencia Y Compacidad</b>	Hidrometría (Pipeta Andersen)
	Peso Unitario
	Densidad Mínima
	Densidad Máxima
	Densidad Aparente
	Ensayo Proctor Modificado
	Ensayo Proctor Standard
	Ensayo Proctor Harvard (miniatura)
	California Bearing Ratio (CBR)
	Densidad "in situ"
<b>Ensayos de Flujo</b>	Permeabilidad Carga Constante
	Permeabilidad Carga Variable
	Celda triaxial (c. variable o const.)
	Ensayo Pin Hole
<b>Ensayos de Resistencia</b>	Compresión no confinada
	Corte Directo
	Ensayo triaxial estático (UU, CU, CD)
	Ensayo triaxial cíclico
<b>Ensayos de Deformación</b>	Consolidación
	Hinchamiento libre
	Presión de hinchamiento
	Colapso

La Figura 1.6 muestra el esquema de implantación del laboratorio de Mecánica de Suelos del Idiem. Una de las desventajas que posee su infraestructura es la falta de espacio para una circulación conveniente para estudiantes y la ejecución de ensayos para la prestación de servicios, por la misma razón no ha sido posible aislar los ensayos de deformación (ensayo

de consolidación, hidrometría) para evitar posibles alteraciones de los datos producto de movimientos o vibraciones involuntarias.



**FIGURA 1.6, ESQUEMA DE EMPLAZAMIENTO LABORATORIO DEL IDIEM, MECÁNICA DE SUELOS, UNIVERSIDAD DE CHILE**

### **Laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso**

Ubicado en la ciudad de Valparaíso, e implantado en el subterráneo de la Facultad de Ingeniería Civil y Sistemas de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, este laboratorio combina la prestación de servicios a empresas del ámbito de la construcción con la docencia e investigación universitarias, razón por la cual constituye una útil referencia al momento de tener una base para plantear las recomendaciones de trabajo para este tipo de laboratorios. La Figura 1.7 muestra el esquema de la implantación de este laboratorio, se ha dispuesto un área considerable para el acopio de



agregados destinados a dosificaciones de hormigón, cuenta además con una sala en la cual se disponen modelos a escala para que los estudiantes puedan simular fenómenos de falla de estructuras de suelo.



**FIGURA 1.7, ESQUEMA DE EMPLAZAMIENTO DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO.**

**TABLA I.6 ENSAYOS OFRECIDOS POR EL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO.**

<b>ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	
<b>Medición de</b>	<b>HUMEDAD</b>
<b>Propiedades Indices</b>	<b>PESO ESPECIFICO</b>
	<b>GRANULOMETRIA</b>
	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
	<b>PERMEABILIDAD</b>
	<b>PORCENTAJE DE ORGANICIDAD</b>
	<b>CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN U.S.C.S. Y A.S.S.H.T.O.</b>
	<b>CLASIFICACION DE DUREZA SEGUN SENDOS</b>
<b>Medición de Compacidad para Obras de Tierra</b>	<b>DENSIDAD IN SITU METODO CONO DE ARENA Y NUCLEAR</b>
	<b>PROCTOR MODIFICADO, STANDARD</b>
	<b>DENSIDAD RELATIVA</b>
	<b>RAZON DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)</b>
	<b>ESTABILIZACION DE SUELOS</b>

**TABLA I.7 ENSAYOS OFRECIDOS POR EL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO (CONTINUACIÓN).**

Medición de Propiedades	COMPRESION NO CONFINADA
Resistentes y Cambio de	CORTE DIRECTO
Volúmen	COMPRESION TRIAXIAL
	ENSAYOS EDOMETRICOS O DE CONSOLIDACION
	EXPANSION VOLUMETRICA
	ENSAYOS DE COLAPSO
Medición y Prospección in Situ	ENSAYOS DE PLACA DE CARGA
	SONDAJES DE CONO DINÁMICO (C.P.T.)
	SONDAJES DE CONO DINÁMICO PORTATIL CON CUCHARA SHELBY
	PROSPECCIONES CON TALADRO HELICOIDAL
	PROPIEDADES DE INFILTRACION IN SITU
<b>ENSAYOS SOBRE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	
	ENSAYOS DE BLOQUES
	ENSAYOS DE SOLERAS 1
	ENSAYOS DE TUBOS DE CEMENTO COMPRIMIDO
	RADIOGRAFÍA DE SOLDADURAS
	ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA
	TRACCIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE
	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE PINTURAS
	DETERMINACIÓN DE P.H



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

**TABLA I.8 ENSAYOS OFRECIDOS POR EL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO (CONTINUACIÓN)**

<b>ENSAYOS SOBRE HORMIGONES Y MORTEROS</b>	
	COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE MORTEROS (PROBETAS RILEM)
	IMPERMEABILIDAD DE MORTEROS
	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL HORMIGÓN
	MUESTREO DE HORMIGÓN FRESCO Y ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y FLEXOTRACCIÓN
	HENDIMIENTO DE HORMIGONES
	DOSIFICACIÓN TEÓRICA Y HORMIGÓN DE PRUEBA
	EXTRACCIÓN DE TESTIGOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO
	RUPTURA A COMPRESIÓN DE TESTIGOS
	ANÁLISIS ESCLEROMÉTRICO DE HORMIGONES (MARTILLO SCHMIDT)
	ANÁLISIS QUÍMICO DE HORMIGÓN
	ASESORIA EN HORMIGONES EN TIEMPOS FRÍOS.

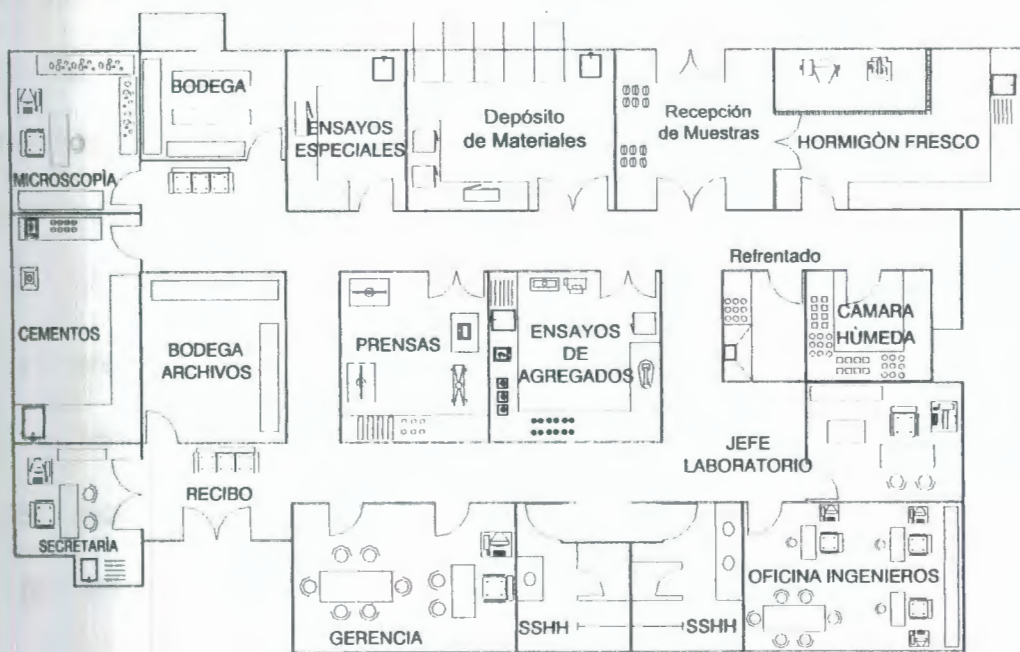
Las tablas I.6 a I.8 muestran los ensayos ofrecidos por este laboratorio, siendo estos ensayos parte de las prácticas docentes de este centro de investigación.

### **Centro Técnico del Hormigón, Guayaquil**

Este Centro de Investigación forma parte de las empresas del Grupo "La Cemento Nacional", es el laboratorio más completo en el área de hormigones, cementos y morteros en la ciudad de Guayaquil, cuenta con y equipamiento totalmente moderno. Cada una de las áreas del mismo se

encuentran correctamente separadas para poder ejecutar los ensayos con la temperatura y humedad requeridos en las normas.

Con el propósito de almacenar agregados para dosificaciones de prueba este centro dispone de un depósito de materiales dispuesto con una conexión al exterior del laboratorio, permitiendo retirar las cantidades necesarias desde la parte interior del mismo.



**FIGURA 1.8** ESQUEMA DE IMPLANTACIÓN DEL CENTRO TÉCNICO DEL HORMIGÓN.

Además de la prestación de servicios que este centro realiza, permite que los estudiantes de la ESPOL efectúen sus prácticas docentes en los cursos de Tecnología del Hormigón y Hormigones Especiales. La cantidad de



estudiantes por grupo de práctica no puede ser mayor a 5 alumnos para no congestionar el espacio disponible.

### **1.1.3 Recomendaciones para la implantación del nuevo laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales en la ESPOL**

En base a la observación de la experiencia del manejo de laboratorios en las instituciones detalladas y tomando en cuenta de manera primordial las actuales necesidades del Laboratorio Raúl Maruri Díaz es necesario plantear lineamientos bajo los cuales se procederá a rediseñar la implantación de la nueva infraestructura para este propósito.

La urgente necesidad de contar con espacios amplios, divididos en forma conveniente en donde se puedan ejecutar ensayos tanto para la prestación de servicios como para la docencia e investigación permiten generar las siguientes recomendaciones:

1. Debe existir un sector bien definido destinado a la atención de clientes del laboratorio y para la colocación de oficinas administrativas y personal técnico, su implantación será tal que no permita contacto visual, interferencias auditivas ni percepción de olores que se originen de la ejecución de ensayos de mecánica de

suelos, hormigones o asfaltos. Puertas de doble batiente permitirán el acceso de esta zona hacia el área donde se ubiquen las salas de ensayos.

2. Se deberá contar con una sala especial para la recepción y cuarteo previo de las muestras llegadas al laboratorio, de esta forma se evitará que material de prueba sea colocado sobre el piso del laboratorio. Además en esta sala se ejecutarán los ensayos de compactación a fin de evitar movimientos y vibraciones en ensayos cercanos.
3. Los pasillos de circulación deberán ser de 2m de ancho para permitir el tráfico del personal del laboratorio, carros de transporte de especímenes pesados y traslado de los equipos a cada sala.
4. Toda zona de ensayos en que se utilicen probetas remoldeadas o naturales en suelos deberá ser totalmente independiente de áreas en las cuales se trabaje con especímenes macizos y de volúmenes considerables, sean estos de hormigón asfaltos o rocas.
5. Los ensayos que por su naturaleza requieren de un control estricto de sus dispositivos de lectura de carga y /o deformación, se aislarán en un área especial de acceso restringido para evitar posibles alteraciones de sus datos por eventualidades debidas a la circulación humana. En este grupo se incluirán los ensayos de



consolidación, e hidrometría debido a que movimientos ligeros alrededor de los equipos provoca alteraciones en sus resultados.

6. En las salas en donde se ejecuten ensayos que involucren la utilización de reactivos químicos o cuando se proceda al refrentado de cilindros, se construirá una estructura de mampostería que albergue un extractor de olores más un mesón de hormigón de alta resistencia o aluminio. Para efectuar dicho trabajo este extractor tendrá salida hacia la parte superior del edificio del laboratorio.
7. Las puertas de acceso a cada sala deberán ser de doble batiente para permitir una circulación expedita en caso de volúmenes altos de trabajo y para otorgar movilidad al equipamiento en caso de averías o traslados necesarios.
8. Se deberá segmentar el laboratorio en áreas de trabajo, así se crearán salas para almacenamiento de probetas, preparación de mezclas, ensayos de resistencia en hormigón, ensayos de resistencia en suelos y rocas, ensayos rutinarios de mecánica de suelos, refrentado y hornos.
9. Se deberá disponer de controles adecuados de humedad y temperatura para las salas que así lo requieran.

## 1.2 Descripción de Infraestructura y Equipamiento Actual

### 1.2.1 Infraestructura del Laboratorio Raúl Maruri Díaz

Actualmente el laboratorio se encuentra ubicado en el edificio 20C de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra dentro del Campus Prosperina. Su edificio de hormigón armado posee un área neta para el laboratorio de 174 m<sup>2</sup>, sin incluir el área de oficinas, bodega, área de transformadores y baños. Las divisiones interiores destinadas a las 4 oficinas que posee el edificio se encuentran construidas en material aglomerado, aluminio y vidrio, ocupando un área de 48 m<sup>2</sup>.

La sala destinada a los aparatos y ensayos de laboratorio posee un solo ambiente, no existe división alguna para la separación de secciones por tipos de ensayo. No se realiza control de humedad para ninguna de las pruebas. No se cuenta con un área destinada a la recepción y cuarteo de muestras por lo que los sacos con material para ensayo se colocan en cualquier espacio disponible de la sala. Para la colocación de aparatos y ejecución de pruebas, se cuenta con mesones de hormigón, sin gavetas inferiores, ubicado en todo el perímetro del laboratorio. Las probetas que requieren inmersión en agua previo a la prueba se colocan en un tanque de hormigón dispuesto dentro de la sala.

En la parte exterior de la sala se encuentra la bodega de materiales, ocupa un área de 16 m<sup>2</sup> y almacena distintos equipos e implementos que por su poca frecuencia de uso ó falta de espacio resulta inconveniente conservar dentro del laboratorio. Una vista mejor detallada de la distribución de la sala se puede observar en el plano del laboratorio colocado en el Anexo 1.

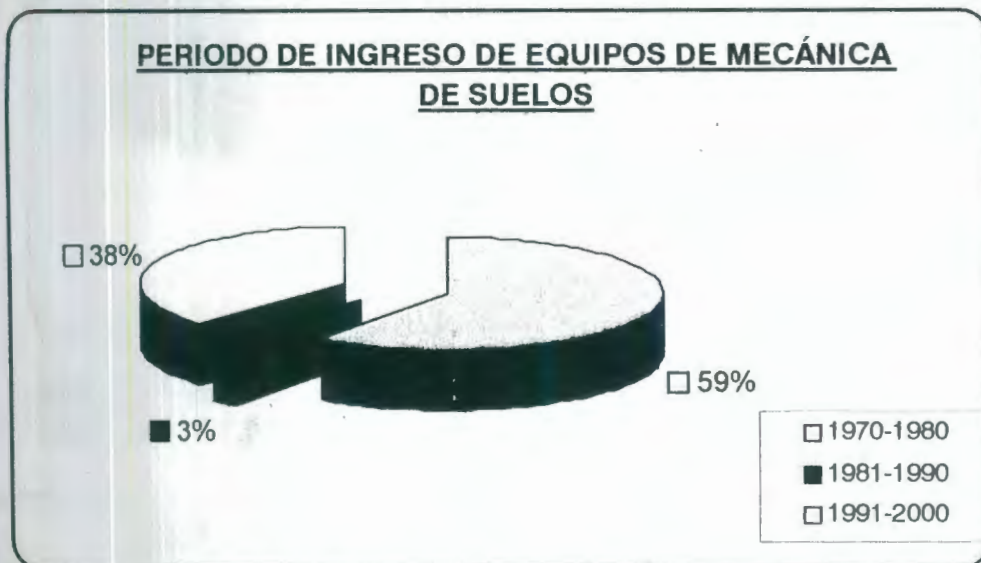
### **1.2.2 Equipamiento del Laboratorio Raúl Maruri Díaz**

Para poder constatar el estado actual de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales se efectuó un inventario detallado de cada uno de ellos, incluyendo fotos y procedencia. Se puede observar el detalle del inventario realizado en el Anexo 2.

El equipamiento inicial de los equipos del laboratorio proviene de la donación hecha por la Autoridad Portuaria de Guayaquil en 1970. Durante años posteriores la Facultad realizó compras de distinto material de laboratorio para completar el existente. En el año 2000 ingresó una nueva cantidad de máquinas de laboratorio por medio de la donación efectuada por INECCEL en Quito. Se presenta un resumen del estado y fuente de ingreso de los equipamientos según el área de trabajo del Laboratorio.

### Area de Mecánica de Suelos

Es el área que mayor cantidad de servicios presta para la ejecución de ensayos de laboratorio.



**FIGURA 1.9 PERIODO DE INGRESO DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS**

Se pueden observar en las Figuras 1.9 a 1.11 varias características generales sobre el equipamiento de esta área del laboratorio. Primeramente

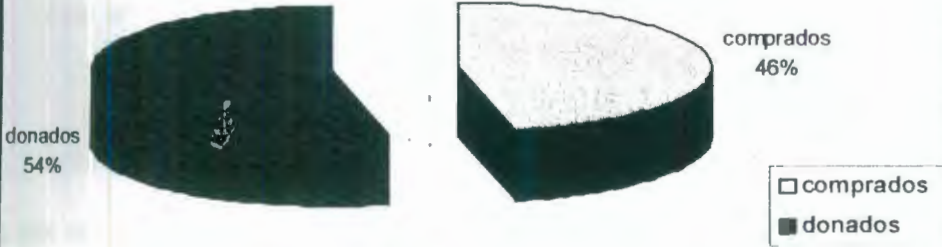
**TABLA I.9 RESUMEN DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS**

**RESUMEN, ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS**

TOTAL DE EQUIPOS	41	EQUIPOS DONADOS	22
OPERATIVOS	27	EQUIPOS COMPRADOS	19
NO OPERATIVOS	14		

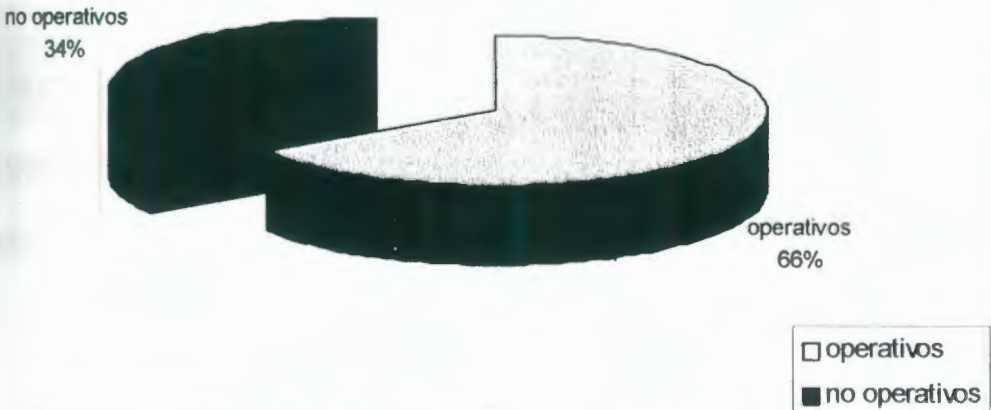
se aprecia que la mayor parte de los ingresos se dieron en el periodo comprendido entre 1970 a 1980 gracias a la Donación de la Autoridad Portuaria de Guayaquil.

**FUENTE DE INGRESO DE LOS EQUIPOS DE MECÁNICA DE SUELOS**



**FIGURA 1.10 FUENTE DE INGRESO DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS**

**ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE MECÁNICA DE SUELOS**



**FIGURA 1.11 ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS.**

La Tabla I.9 muestra el resumen del estado y origen de los equipos en esta área. El detalle de cada uno de ellos, con su respectiva foto se muestra en el Anexo 2 de la presente Tesis.

### Area Misceláneos

En esta sección se incluyen aquellos aparatos que no están destinados a ejecutar un ensayo en especial y que mas bien forman parte de distintas pruebas efectuadas en el laboratorio, por ejemplo balanzas, hornos, etc. Se puede apreciar en la Tabla I.10 el resumen del estado actual de los equipos del laboratorio pertenecientes a este tipo.

**TABLA I.10 RESUMEN DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS MISCELÁNEOS.**

#### RESUMEN MISCELANEOS

TOTAL DE EQUIPOS	33	EQUIPOS DONADOS	28
OPERATIVOS	22	EQUIPOS COMPRADOS	5
NO OPERATIVOS	11		

Asimismo las Figuras 1.12 a 1.14 permiten apreciar de una manera más clara lo anotado en la tabla resumen.



**FIGURA 1.12 FUENTE DE INGRESO DE LOS EQUIPOS MISCELÁNEOS**





**FIGURA 1.13 ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS MISCELÁNEOS.**

Para estos equipos puede observarse también que la mayor parte de ellos ingresó durante el periodo entre 1970 a 1980, correspondiendo a la donación hecha por la Autoridad Portuaria y compras realizadas por la Espol.



**FIGURA 1.14 PERIODO DE INGRESO DE LOS EQUIPOS MISCELÁNEOS**

## Area de Hormigones y Cementos

Los equipos de esta área provienen en un alto porcentaje de donaciones, tanto la realizada por Autoridad Portuaria (1970) como por INECCEL (2000).

La Tabla 1.11 muestra el resumen del estado de equipos pertenecientes a esta sección. Las Figuras de la 1.14 a 1.16 amplían lo mostrado en el resumen.

**TABLA 1.11 RESÚMEN DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO, ÁREA HORMIGONES Y CEMENTOS**

RESUMEN AREA HORMIGONES Y CEMENTOS			
TOTAL DE EQUIPOS	20	EQUIPOS DONADOS	13
OPERATIVOS	8	EQUIPOS COMPRADOS	7
NO OPERATIVOS	12		

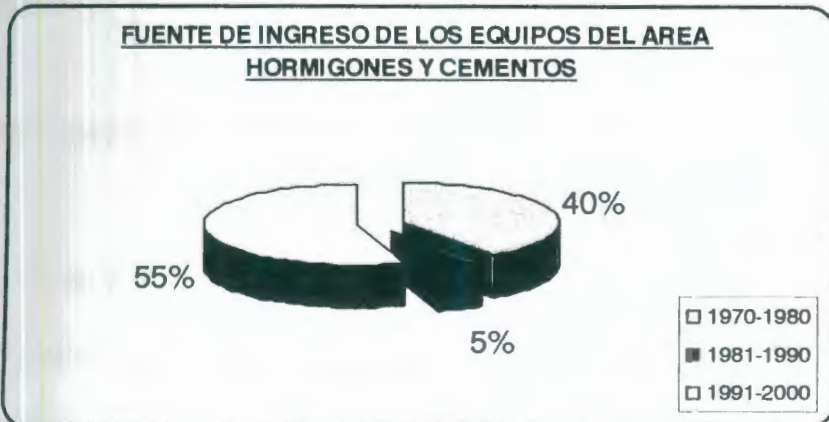


**FIGURA 1.15 FUENTE DE INGRESO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO, ÁREA HORMIGONES Y CEMENTOS.**



**FIGURA 1.16 ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE HORMIGONES Y CEMENTOS.**

Como se puede apreciar, esta área posee un alto porcentaje de equipos averiados, por lo cual no se pueden ejecutar todos los ensayos que potencialmente puede brindar este laboratorio.



**FIGURA 1.17 PERIODO DE INGRESO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO, AREA HORMIGONES Y CEMENTOS.**



### **Area de Asfaltos**

El laboratorio Raúl Maruri solo posee dos equipos para esta área, el primero es una centrifugadora para la extracción de asfaltos, donada en 1970 por la Autoridad Portuaria de Guayaquil y que se mantiene sin uso. El segundo es una prensa Marshall donada al laboratorio por la misma institución, su estado es parcialmente operativo.

### **Area de Mecánica de Rocas**

En esta sección se cuenta también con dos equipos un esclerómetro de rocas y un set de Laboratorio de Mecánica de Rocas de la marca SBEL modelo RML 100. Ambos equipos fueron comprados por la ESPOL en 1986. El Laboratorio RML 100 no se encuentra operativo. La falta de su celda de carga hace imposible su operación.

## **1.3 Evaluación de Infraestructura y Equipamiento Actual.**

### **Evaluación de Infraestructura**

En la sección 1.1 se detallaron los lineamientos bajo los cuales se recomienda la operación de un Laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales, obtenidos a partir de visitas y consultas a distintas empresas vinculadas a estas áreas.

Comparando cada uno de estos puntos con la infraestructura presente (Anexo1) se puede afirmar que las dimensiones actuales no permiten ejecutar las pruebas de una forma ordenada y conveniente. Así mismo la ausencia de divisiones en la sala imposibilita llevar un control riguroso de las condiciones de ensayo. La Tabla 1.12 muestra cuales son las condiciones actuales de operación del Laboratorio Raúl Maruri frente a las recomendaciones propuestas.

Es fácil apreciar que el área actual del laboratorio es insuficiente para los distintos ensayos que realiza además su configuración es impráctica, dificultando enormemente la docencia y prestación de servicios. En la sección 2.1 se presentan las recomendaciones para lograr mejorar las actuales condiciones de trabajo de esta sala.

**TABLA 1.12 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL LABORATORIO "RAÚL MARURI DÍAZ"**

Independencia con zonas de oficinas Administrativas	Parcial
Sala especial para la recepción y cuarteo de muestras	No
Pasillos Amplios para circulación de muestras y operarios (2m)	No
Aislamiento de Zonas de ensayos de deformación y ensayos "delicados"	No
Extracción de olores producto de la operación de químicos o compuestos de azufre (caping)	No
División de salas por tipo de ensayo	No
Control de Temperatura y Humedad	No
Puertas de doble batiente o corredizas para facilitar la circulación	Sí
Almacenamiento de muestras bajo condiciones de humedad y temperatura controladas	No

## Evaluación de Equipamiento Actual

El estado de cada equipo del laboratorio ha sido detallado en el inventario mostrado en el Anexo 2 de la presente tesis. En dicho anexo se indica el estado actual del equipo y los daños observados, previo a la selección del equipamiento reparable.

Debido al estado en que se encuentran las máquinas de ensayo existen ensayos que no pueden brindarse como parte de la prestación de servicios de la Institución, mucho menos como experiencias docentes dentro de los cursos de Ingeniería Civil de la FICT. Las Tabla 1.13 a 1.16 muestran los ensayos que actualmente puede ejecutar el Laboratorio, frente a los que no puede brindar a la comunidad debido al estado de sus equipos.

**TABLA 1.13 ENSAYOS DEL AREA DE MECÁNICA DE SUELOS.**

<b>Ejecuta el Laboratorio</b>	<b>No ejecuta por daños en equipos</b>
Hidrometría	Corte Directo
Consolidación	Conservación (Baño María)
Permeabilidad (Carga Constante y Variable)	Corte de Muestras de Roca
Limites de Atterberg	Deformación en Pozos
Humedad(deseccación)	Humedad (eléctrico)
Moldeo de muestras	Triaxial CU
Pulido de muestras	Triaxial CD
CBR	
Triaxial UU	
Granulometría	
Compresión Simple	
Proctor Estandar y Modificado	

**TABLA 1.14 ENSAYOS DEL AREA HORMIGONES Y CEMENTOS**

<b>Ejectua el Laboratorio</b>	<b>No ejecuta por daños en equipos</b>
Compresión de Cilindros de Hormigón	Preparación de cubos de mortero
Consistencia Normal por Gillmore	
Expansión en Autoclave	Consistencia Normal y tiempo de fraguado (Vicat)
Preparación de Mezclas de Hormigón	Consistencia en Morteros
Esclerometría	Tracción en Morteros
Compresión en Cubos de Mortero	Contenido de Aire en Morteros
Ultrasonido	

**TABLA 1.15 ENSAYOS DEL AREA DE ASFALTOS**

<b>Ejectua el Laboratorio</b>	<b>No ejecuta por daños en equipos</b>
	Extracción de Asfaltos
	Estabilidad Marshall

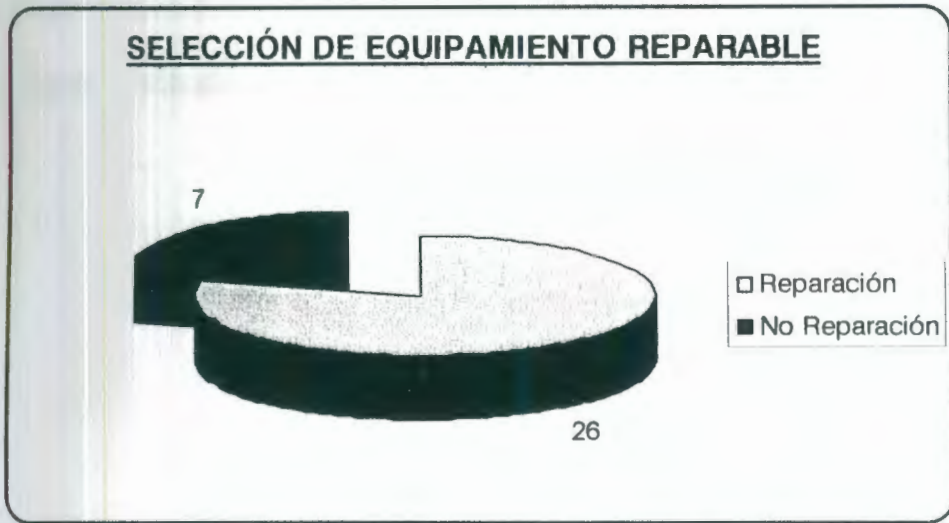
**TABLA 1.16 ENSAYOS DEL AREA DE MECÁNICA DE ROCAS**

<b>Ejectua el Laboratorio</b>	<b>No ejecuta por daños en equipos</b>
Indice Esclerométrico	Compresión Axial en testigos de Roca
	Compresión Triaxial en testigos de Roca
	Determinación de la Velocidad de Pulso Sísmico en testigos de Roca

#### **1.4 Selección de Equipamiento Reparable y Recuperable**

Una vez que se ha logrado definir el estado actual de los equipos para cada una de las áreas del Laboratorio Raúl Maruri Díaz, se establecerá que equipos del inventario necesitan y son factibles de reparación. La vetustez del equipo, el estado de sus piezas componentes, la factibilidad de conseguir repuestos actualmente, así como la necesidad de brindar el ensayo que desarrolla el aparato serán los criterios bajo los cuales se escogerá cada máquina como reparable y recuperable. En el anexo 3 se detalla el listado donde constan aquellos equipos a ser reparados, también se anexan aquellos equipos para los cuales no se recomienda su arreglo. Dicho listado incluye también el detalle de reparaciones a efectuarse y el costo de las mismas, este último detalle fue proporcionado por el Ing. Pablo Solórzano, quien realizó el presupuesto de reparaciones para el Laboratorio "Raúl Maruri Díaz". En caso de que para un equipo no sea recomendada su reparación, se incluye una columna llamada "Comentarios" en la cual se justifica la decisión tomada. En la Figura 1.17 se muestra un gráfico resumen de cuantos equipos serán sometidos a reparaciones, y también aquellos para los cuales no se recomienda su reparación. La justificación de la selección realizada se encuentra en el Anexo 3 de la presente Tesis.





**FIGURA 1.18 SELECCIÓN DE EQUIPO REPARABLE.**

### 1.5 Presupuesto de Recuperación de Equipos

Una vez realizada la selección de aquellos equipos que ameritan reparación, se ha procedido a realizar una revisión especializada de las fallas que cada uno de ellos posee. La cotización y el trabajo de revisión corresponden íntegramente al Ingeniero Pablo Solórzano quien en la actualidad se encuentra elaborando el Proyecto-Propuesta para la recuperación integral de los laboratorios de la ESPOL.

El anexo 3 detalla para cada equipo, las reparaciones a efectuarse, el costo estimado y con la finalidad de aportar una idea de la conveniencia de efectuar la reparación se anexa el costo del equipo si se llegase a adquirir nuevo en la actualidad. El monto total de las reparaciones asciende a US\$



21.650,00 (Veintiúnmil seiscientos cincuenta, 00/100 dólares) con una garantía de operación promedio de dos años.

## **CAPITULO 2**

### **2. NUEVO LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y HORMIGONES**

#### **2.1 Configuración de los Laboratorios de Mecánica de Suelos y Hormigones**

El estado actual de la sala del Laboratorio Raúl Maruri Díaz hace imprescindible una reconfiguración de sus instalaciones, como ya se mencionó en la sección 1.3 de la presente Tesis. La prestación de servicios de laboratorio, así como la docencia e investigación requieren de un control

riguroso de las condiciones de ensayo necesitando así una división adecuada de la sala por tipos de prueba, teniendo presente el control de humedad y temperatura requeridos para cada tipo de ensayo.

A partir de la estructura actual de la sala, se propone una ampliación de la planta baja así como la construcción de un nuevo módulo en la planta alta, aprovechando la construcción actual de la losa de hormigón armado. De esta forma el costo de la implantación de una nueva sala más funcional sería menor comparado con la construcción de un nuevo edificio.

### **2.1.1 Modificaciones Propuestas para la Planta Baja**

En el anexo 4 se presenta el plano de la nueva configuración del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales, fácilmente pueden observarse los cambios ejecutados en comparación con el plano de la situación presente de la sala (anexo 1). Aprovechando el espacio disponible en la parte posterior del laboratorio se plantea una ampliación de 78m<sup>2</sup> que alojará a las nuevas salas de recepción de muestras y ensayos de resistencia de hormigones. En la parte delantera se plantea realizar un aumento en el espacio disponible entre los ejes 3 y 4 logrando adicionar un área de 39 m<sup>2</sup> que corresponderá a una parte de la nueva sala para

ensayos de resistencia en suelos y rocas. A continuación se detallan las secciones creadas para esta planta:

### **Sala de Recepción de Muestras y Cuarteo**

Con 25 m<sup>2</sup>, esta sala poseerá una entrada con puerta enrollable desde la parte posterior del laboratorio y una de doble batiente hacia el interior. Se provee esta sala con la finalidad de recibir las muestras de material al que se efectuarán las respectivas pruebas y para el "cuarteo" previo al ensayo solicitado. También se recomienda que en esta sala se efectúen los ensayos de compactación de suelos.

### **Cámara húmeda de suelos, Cámara Húmeda para muestras de hormigón**

Para el correcto almacenamiento de muestras se proveen 2 salas que servirán como cámaras húmedas. Para el efecto se dispondrán 2 humidificadores que proveerán un 95% de humedad relativa más la conexión de aire acondicionado con que contarán ambas salas. La cámara de hormigones poseerá una "piscina" para el curado de los especímenes de hormigón y morteros previo a sus ensayos. El área ocupada por ambas cámaras será de 25,7 m<sup>2</sup>

### **Sala de Preparación de mezclas de hormigón**

En esta sección se realizarán las mezclas de prueba de concreto a partir de las dosificaciones calculadas. En esta área de 29 m<sup>2</sup> también se colocarán aparatos que por su forma de operación también necesitan utilizar agua, para el desfogue de la misma se dispondrán canaletas en el piso del laboratorio con una rejilla de hierro sobre ellas.

### **Sala de Ensayos de Resistencia sobre Suelos y Rocas**

En 37m<sup>2</sup>, albergará a los aparatos destinados a medir la resistencia a compresión simple y triaxial en especímenes cilíndricos de suelos y rocas. También se colocarán en esta sección los aparatos de corte directo y carga puntual.

### **Sala de Ensayos de Resistencia y Ensayos Especiales sobre Mortero y Hormigón Endurecidos**

En esta sección se colocarán las prensas destinadas a la rotura de muestras cilíndricas, vigas y cubos tanto de hormigones como de morteros. También servirá para el almacenamiento temporal de equipos destinados a efectuar pruebas especiales o no destructivas. Esta sala tendrá un área de 49.6 m<sup>2</sup>.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

**Sala de Hornos**

Contará con 8,8 m<sup>2</sup> y servirá para alojar todos los hornos eléctricos del laboratorio.

**Sala de Refrentado**

En donde se realizará el refrentado de las superficies irregulares de muestras para ensayos de resistencia, contará con un extractor de olores para evacuar los residuos de compuestos de azufre. Contará con 6 m<sup>2</sup>.

**Sala de Ensayos Rutinarios de Mecánica de Suelos**

Con 54 m<sup>2</sup>, esta sección será la más grande del laboratorio, dentro de ella se adecuarán 2 pequeñas salas en las cuales se aislarán los ensayos de consolidación e hidrometría y aparte las máquinas de tamizado de agregados junto a el aparato de Abrasión de los Angeles.

**Sala de Ensayos sobre Cementos**

Contará con 24,6 m<sup>2</sup> y servirá para alojar los equipos de ensayo para muestras de polvo de Cemento.

### **2.1.2 Modificaciones propuestas para la Planta Alta**

Aprovechando la existencia de la losa de Hormigón Armado, se adicionará una superficie de 104 m<sup>2</sup> de construcción para alojar las oficinas administrativas del laboratorio, una sala de espera para los clientes del laboratorio y una sección independiente destinada a los ensayos sobre Asfaltos.

### **2.2 Equipamiento del Laboratorio, Area de Mecánica de Suelos**

De efectuarse la reparación de los equipos existentes en el laboratorio, el siguiente paso deberá apuntar hacia la incorporación de nuevo equipamiento para lograr brindar servicios que este departamento no ofrece en la actualidad.

Para la recomendación de la compra de equipos se ha tomado como base la experiencia de los laboratorios enumerados en la sección 1.1, además de los requerimientos de modernización propuestos por la actual directora del laboratorio Ing. Carmen Terreros de Varela y el ayudante principal Sr. Julio García.



El anexo 5 muestra el listado completo de los equipos para los cuales se recomienda su compra en la sección de Mecánica de Suelos, en este listado aparecen los repuestos y accesorios nuevos para el completo funcionamiento de equipo existente también se incluyen aparatos para brindar ensayos que el laboratorio no ofrecía en esta área, poniendo énfasis en ampliar su capacidad para efectuar pruebas en sitio. Adicionalmente se incluyen varios equipos del Area de Asfaltos, que constituirán un primer aporte para la creación de esta nueva sección del laboratorio. parte para la creación de esta sección.

Si se materializan, tanto la reparación del equipamiento existente, como la compra de nuevos equipos, los ensayos mostrados en la Tabla No. 11 constituirán el listado de posibilidades que el laboratorio podrá brindar como parte de la prestación de servicios, docencia e investigación. En total son 36 ensayos de los cuales 17 son tradicionales del laboratorio y 9 se incorporarán mediante la reparación y compra de equipamiento.

**TABLA II.1 ENSAYOS DE LABORATORIO UNA VEZ CONCRETADAS LAS COMPRAS Y REPARACIONES**

<b>MECÁNICA DE SUELOS</b>	
<b>ENSAYOS EN LABORATORIO</b>	<b>Norma ASTM</b>
Perforaciones Máquina Acker (hasta 60 m)	-
SPT	D1586
Perforaciones Manuales (hasta 20 m)	-
Límites de Atterberg	D4318
Granulometría de agregados gruesos	C136
Granulometría de agregados finos	C136
Análisis hidrométrico	D422
Gravedad específica	D854
Contenido de humedad	D2216
Proctor Standard	D698
Proctor Modificado	D1557
California Bearing Ratio (CBR)	D1883
Compresión sin confinamiento	D2166
Triaxial No Consolidado No Drenado (UU)	D2850
Triaxial Consolidado No Drenado (CU)	D4767
Triaxial Consolidado Drenado (CD)	D4767
Consolidación	D2435
Expansión libre o Controlada	D4546
Equivalente de Arena	D2419
Corte Directo	D3080
Permeabilidad (Carga Constante)	D2434
Permeabilidad (Carga Variable)	D2434
Dispersividad en Arcillas (Pinhole)	D4647
<b>ENSAYOS "IN SITU"</b>	
Densidad de campo con Densímetro nuclear	D2922
Penetración de Cono Dinámico	pub. Tec 399
Densidad de campo con Cono de Arena	D1556

Como una recomendación adicional se incluye la reparación y compra de equipos para crear las secciones de asfaltos, mecánica de rocas (que ya existía) y servicios generales. Las Tablas de la II.2 a II.4 ilustran los ensayos que el laboratorio estaría en capacidad de efectuar, en estas áreas, una vez realizada su readecuación y adquisición de equipamiento.

**TABLA II.2 ENSAYOS DEL AREA DE SERVICIOS GENERALES, CON SU RESPECTIVA NORMA ASTM.**

<b>SERVICIOS GENERALES, ENSAYOS VARIOS</b>	
Extracción de núcleos	C42M
Cortado de muestras (sierra de diamante)	C39
Abrasión en Máquina de los Angeles	C131
Conservación y curado en cámara húmeda	C31,C192
Secado, determinación de contenido de humedad	-
Refrentado de especímenes de suelo y roca	-

**TABLA II.3 ENSAYOS DEL AREA DE MECÁNICA DE ROCAS , CON SU RESPECTIVA NORMA ASTM.**

<b>MECÁNICA DE ROCAS</b>	
Esclerómetro para rocas	C805
Triaxial en Rocas	E4
Compresión diametral	D3967
Compresión Axial en Rocas	D3148
Ensayo de Carga Puntual	-
Determinación de módulo de elasticidad (dinámico)	-
Determinación de coeficiente de Poisson	-
Determinación de velocidad de propagación de onda	-

**TABLA II.3 ENSAYOS DEL AREA DE ASFALTOS, CON SU RESPECTIVA NORMA ASTM.**

<b>ASFALTOS</b>	
Punto de inflamación	D3143
Solubilidad en tricloroetileno	D2042
Extracción de Asfalto	D2172
Ductilidad de Asfalto	D113
Penetración en Asfalto	D-5
Diseño de Mezclas por metodo Marshall	D1559
Compresión de briquetas con prensa Marshall	D1559

La recomendación planteada permitirá al laboratorio generar una mayor cantidad de pruebas como parte de su prestación de servicios; docencia e

investigación. Así el área de servicios generales pasará a ofrecer 6 pruebas de las cuales 3 son nuevas. La sección de mecánica de rocas tendrá a disposición 8 ensayos siendo 7 de ellos pruebas totalmente nuevas. Así también el área de asfaltos podrá ofrecer 7 pruebas donde todas ellas se ofrecerán por primera vez en el laboratorio.

### **2.3 Equipamiento del Laboratorio, área de Hormigones**

Al igual que la sección de Mecánica de suelos, el área de hormigones y resistencia de materiales ha sido una parte tradicional del laboratorio Raúl Maruri Díaz, sin embargo el estado actual de sus equipos no permite realizar todas las pruebas que potencialmente puede brindar. Cabe anotar que a pesar de que existen ensayos que tradicionalmente se brindan como parte de la prestación de servicios, la falta de accesorios para el aparato hace que no se pueda cumplir con estricto apego a las normas. Tal es el caso de las prensas de hormigón en las cuales la falta de un motor eléctrico hace que su carga no se otorgue con un control de velocidad de carga adecuado.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

En el anexo 5 se muestra el listado de equipos nuevos para los cuales se recomienda su compra, en la selección se ha puesto énfasis en que el equipo pueda brindar un ingreso a la ESPOL como prestación de servicios al mismo tiempo que sirve para la docencia e investigación. La justificación de la selección se muestra en el mismo listado.

**TABLA II.5 ENSAYOS DEL ÁREA DE HORMIGONES, CEMENTOS Y MATERIALES, CON SUS RESPECTIVAS NORMA ASTM**

<b>HORMIGONES, CEMENTOS, MATERIALES</b>	
Rotura de Cilindros a Compresión	C39
Rotura de Viguetas a flexión	C78
Diseño de hormigón	ACI 211
Diseño de suelo-cemento	D1633
Esclerometría	C805
Determinación del módulo de elasticidad	C469
Ultrasonido	C597
Compresión adoquines y bloques	C1314
Contenido de Aire en Hormigones	C231
Contenido de Aire en Morteros	C185
Medición de Potencial de corrosión.	C876
Ubicación de barras de refuerzo	-
Finura del Cemento (blaine)	C204
Prueba de Tracción indirecta	C496
Densidad de campo con Densímetro	C1040
Tiempo de Fraguado (Vicat)	D2922
Tiempo de Fraguado (Guillmore)	C266
Resistencia a compresión en cubos de mortero	C109
Resistencia a tracción de especímenes de mortero	EN-196-1
Expansión en autoclave (cementos)	C151

Al concretarse la compra de equipamiento nuevo detallada en este inciso más las reparaciones enumeradas en la sección 1.4 esta área podrá estar en capacidad de brindar las pruebas mostradas en la Tabla II.5

## 2.4 Presupuesto para Infraestructura Física del Laboratorio

El anexo 6 muestra el detalle del presupuesto efectuado para la Infraestructura Física del Laboratorio. Para el metraje de los rubros a construirse se han tomado las medidas a partir del plano propuesto para la ampliación del Laboratorio actual. Los precios de referencia para efectuar el cálculo se han tomado de la revista Construcción y Desarrollo de la Cámara de Construcción de Guayaquil y se encuentran actualizados a Febrero del 2004.

El monto total correspondiente a la remodelación del Laboratorio es de US\$ 62210,22 (Sesenta y dos mil doscientos diez 22/100 ).



## 2.5 Presupuesto para el Equipamiento del Laboratorio

BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

Una vez hecho el listado de equipamiento, repuestos y accesorios nuevos para las distintas áreas del Laboratorio, se procedió a cotizar sus precios. Para esto se realizó la consulta a las empresas Importadora Schiller y Geocontrol, ambas con sede en la ciudad de Quito, también se realizaron consultas a las casas centrales de las empresas SBEL y Durham Geo Slope en Estados Unidos con el fin de cotizar la celda de carga del laboratorio de

mecánica de rocas y piezas de repuesto para el panel triaxial. También se hicieron consultas en empresas varias con el fin de cotizar aparatos que no son necesariamente para propósitos de laboratorio, tal es el caso de extractores de humo, compresores, etc. En el listado del anexo 5, cada costo presentado se obtuvo de la empresa anotada en la respectiva casilla de referencia. Las facturas y proformas utilizadas se adjuntan en el anexo 7.

La Tabla II.6 muestra el resumen del presupuesto para la compra de nuevos equipos destinados al laboratorio de mecánica de suelos y resistencia de materiales.

**TABLA II.6 PRESUPUESTO DE COMPRA DE EQUIPOS NUEVOS, POR AREAS**

Area de Mecánica de Suelos	\$ 21.745,09
Misceláneos	\$ 18.638,04
Repuestos y Accesorios	\$ 10.960,86
Area de Hormigones y Cementos	\$ 20.396,82
Area de Asfaltos	\$ 21.968,04
Aire Acondicionado (todo el edificio)	\$ 16.121,28
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 109.830,13</b>

El monto total de compras para equipamiento nuevo asciende a US\$ 109.830,13 (Ciento nueve mil ochocientos treinta, 13/100 dólares).



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

## **CAPITULO 3**

### **3. PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN Y CÁLCULO PARA LOS ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y HORMIGONES A SER DESARROLLADOS EN EL PROGRAMA.**

En el desarrollo del programa de cálculo para el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales , es indispensable conocer la forma correcta de ejecutar cada uno de los ensayos escogidos, los implementos a utilizarse así como los parámetros que deben registrarse como resultados de la prueba y que constituirán las variables de entrada para el programa. A continuación se presenta el detalle de cada uno de las especificaciones ASTM para la ejecución y cálculo de dichos ensayos.



## 3.1 Area de Mecánica de Suelos

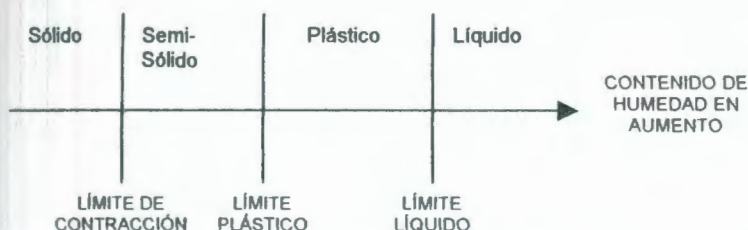
### 3.1.1 Ensayo para la determinación de los Límites de Atterberg (ASTM D 4318)

#### 3.1.1.a Ensayo de Límite Líquido

##### Introducción

La cohesión presente entre partículas de suelo constituídas por minerales de arcilla se denomina consistencia. Esta naturaleza cohesiva es debida al agua adsorbida que rodea las partículas arcillosas. El sueco Mauritz Atterberg en 1900 desarrolló el metodo que actualmente se utiliza para describir la consistencia de los suelos finos con contenidos de agua variables.

El límite de contracción define la frontera entre el estado sólido y semisólido, a humedades mayores se encuentra el límite plástico siendo este punto de transición del estado semisólido al plástico, con un contenido de humedad superior se alcanza el estado líquido del suelo, definido por el límite del mismo nombre.



**FIGURA 3.1 ESQUEMA DE LA VARIACIÓN DEL ESTADO DEL SUELO CON RESPECTO A SU CONTENIDO DE HUMEDAD**

### Equipo Necesario

- a. Plato de mezclado, hecho de porcelana con 11.5cm de diámetro aproximadamente.
- b. Aparato de Límite Líquido, copa de bronce montada sobre un brazo que al girar una manivela golpea su parte inferior contra una base de caucho duro.
- c. Espátulas, de acero y cuya hoja sea flexible, con 7.6 cm de largo por 1.9 cm de ancho, con bordes redondeados (sin aristas).
- d. Acanalador, puede ser plástico o metálico, a su vez su mango permite calibrar la altura de caída de la copa de bronce que debe ser exactamente 1 cm.
- e. Recipientes, metálicos los cuales servirán para contener la muestra al determinar su contenido de humedad.
- f. Balanza con sensibilidad de 0.1g

Muestra: Se trabajan con aproximadamente 50 grs. De material pasante por la malla No. 40.

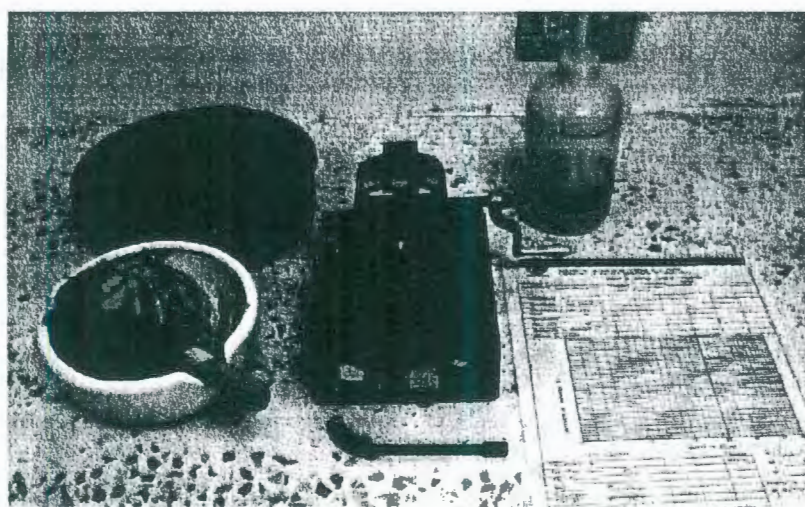


BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

FIGURA 3.2. COPA DE CASAGRANDE

## Procedimiento

1. Colocar una porción de la muestra de suelo en el plato de mezclado, añadiéndole la cantidad suficiente de agua para formar una pasta homogénea con algo de cohesión (por lo general bastan de 15 a 20 c.c.).
2. Tomar el material que se ha mezclado y colocar el volumen suficiente para cubrir la parte inferior de la copa (la parte que está en contacto con la base de caucho. La muestra se moldea y aplasta con la



**FIGURA 3.3 COPA DE CASAGRANDE CON MATERIAL, SE OBSERVA EL SURCO HECHO CON EL ACANALADOR**

espátula de tal manera que no tenga más de 1 cm de alto en su parte más gruesa. Retirar el sobrante de la bandeja de evaporación.

3. Trazar un surco con el acanalador siguiendo el eje central de la copa, dividiendo así la muestra en 2 partes iguales. (Figura No. 3.3)

Muestra: aproximadamente 8 gr de la muestra utilizada para el ensayo de límite plástico.

### Procedimiento

1. Preparar la muestra, añadiéndole suficiente agua hasta que se pueda formar una esfera de material sin que esta se pegue a las manos al manipularla.
2. Presionar la esfera formada formando un elipse, luego esta se hace circular entre la palma de la mano y la superficie de vidrio, con una presión adecuada para formar rollitos de material sin disgregarlos. Se recomienda efectuar de 80 a 90 movimientos completos de la mano hacia delante y hacia atrás para desarrollar esta operación.
3. Ejecutar el paso 2 hasta que el rollo alcance 3 mm de diámetro, se amasa nuevamente, formando elipse y rollo nuevos, esto se repite hasta que se aprecien fracturas sobre el rollo que provoquen su desmoronamiento. Hay que notar que esto puede ocurrir antes de que el rollo alcance 3 mm de diámetro.
4. Recoger los fragmentos de rollo resultantes del paso 2, colocarlos dentro de recipientes metálicos y registrar su peso.
5. Colocar la muestra en horno a  $110^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, después de lo cual se pesará nuevamente y su peso se registra para la posterior determinación del contenido de humedad.



6. Repetir los pasos del 1 al 5 las veces que se requiere para obtener un promedio representativo de los valores del límite plástico.

### Cálculos

Se calcula el contenido de humedad correspondiente al límite plástico del suelo como el porcentaje del peso de agua de la muestra respecto a su peso seco.

$$\text{Límite Plástico} = \text{Peso del agua en la muestra} / \text{peso seco de la muestra} * 100$$

El índice plástico se calcula como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de una muestra.

$$\text{Índice Plástico} = \text{Límite Líquido} - \text{Límite Plástico}$$

### 3.1.2 Ensayo para la determinación de la Granulometría de Agregados Finos y Gruesos (ASTM C-136)

#### Introducción

El análisis granulométrico de un material tiene por objetivo clasificar la gradación de sus partículas caracterizando así sus partículas constituyentes teniendo la información necesaria del material para propósitos de diseño.

Según el tamaño del material a ensayarse, este análisis puede realizarse por dos vías:

Vía seca, para materiales mayores a 0.074mm (malla 200) por medio de la agitación mecánica de una serie de tamices el material se separa en fracciones de distinto tamaño nominal.

Vía húmeda, para materiales menores a 0.074mm (malla 200), mediante la aplicación del principio de Stokes, se utiliza un hidrómetro, el cual por medio de lecturas continuadas provee la distribución granulométrica del material.

### Equipo Necesario

- a. Balanza con sensibilidad de 0.1grs.
- b. Serie de Tamices No 4 (4.76mm), No 8 (2.36mm), No 16 (1.19mm), No 30 (600 um), No. 50 (300 um), No. 100 (150um), No. 200 (75um), para el material fino.
- c. Serie de Tamices 2" (50 mm), 1 1/2" (38.1mm), 1" (25.4mm), 3/4" (19 mm), 1/2" (12.5mm), 3/8" (9.51mm), No.4 (4.76mm), para el material grueso.
- d. Horno, con temperatura constante de 110°C

### Muestra

Agregado Fino: tomar alrededor de 500g de material seco al horno, previamente cuarteado.

Agregado Grueso: pesar la muestra dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado.



## Procedimiento

Para ambos tipos de agregado: fino y grueso.

1. Ordenar la serie de tamices en forma decreciente (abertura de tamiz mayor en la parte superior).
2. Agitar mecánica o manualmente los tamices, recogiendo con cuidado el material retenido en cada uno de ellos.
3. Determinar cada uno de los pesos del material retenido en los tamices y la porción que queda en el fondo.
4. Si la suma de los pesos es mayor o menor en un 1% al peso original total de la muestra el ensayo deberá repetirse.

## Cálculos

El resultado se expresa en porcentaje de la masa total retenida y porcentaje de material que pasa.

$$\text{Porcentaje Retenido (\%)} = \text{Peso Retenido} / \text{Peso Total} * 100$$

$$\text{Porcentaje Retenido Acumulado} = \sum \text{Masa Retenida sobre el tamiz considerado}$$

$$\text{Porcentaje Pasante (\%)} = 100 - \text{Porcentaje Retenido Acumulado}$$

### 3.1.3 Ensayo para la determinación del Peso Específico de los Sólidos

#### 3.1.3.a Peso Específico de los Sólidos del Agregado Fino (ASTM C-128)

## Introducción

La densidad de un agregado es la relación de su masa a la que ocuparía un volumen igual de agua. Esta propiedad física es un parámetro comúnmente utilizado en mecánica de suelos para efectos de diseños y/o investigaciones, También es utilizado dentro del diseño de mezclas para determinar el volumen absoluto del agregado en una masa de concreto.

La absorción de un agregado es la medición del agua en los poros saturables del agregado, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas.

## Equipo Necesario

- a. Balanza, con 1 kg de capacidad y sensibilidad de 0.1g
- b. Picnómetro, con capacidad de 500 cm<sup>3</sup>
- c. Molde tronco cónico y pisón metálico
- d. Secador de Pelo, o lámparas de secado.

Muestra: 1000g de agregado fino pasante de la malla No.4 , saturada en un recipiente con agua durante 24 horas.

## Procedimiento

1. Extender la muestra saturada sobre una superficie no absorbente, secar de a poco con aire caliente, por medio de las lámparas o del



secador de pelo hasta alcanzar el estado saturado, superficialmente seco .

2. El estado saturado superficialmente seco se verifica de la siguiente manera:
  - 2.1 Colocar el molde, llenarlo con material y compactar 25 veces, dejando caer libremente el martillo apisonador desde una altura aproximada de 1 cm.
  - 2.2 Nivelar la superficie libre del cono, removiendo el material sobrante.,Retirar el molde, de manera vertical, en una sola operación, sin girarlo ni vibrarlo
  - 2.3 Si existe agua libre, el cono de arena conserva su forma es necesario continuar secando la muestra, al contrario si ya alcanza el estado saturado superficialmente seco este se derrumbará al retirar parcialmente el molde.
3. Llenar parcialmente el picnómetro con agua, a continuación introducir dentro del picnómetro 500 +/- 10g de material saturado superficialmente seco, llenar con agua adicional hasta alcanzar aproximadamente el 90% de la capacidad.
4. Girar, invertir y agitar el picnómetro para eliminar las burbujas de aire en el interior, la espuma que se forma por la eliminación de las burbujas de aire pueden ser eliminadas introduciendo la punta de un papel absorbente dentro del picnómetro.

5. Ajustar la temperatura de la muestra hasta  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , completar el volumen del picnómetro hasta su capacidad total. Determinar el peso total del picnómetro conteniendo la muestra y el agua.
6. Remover el agregado del picnómetro, colocar la muestra en un recipiente metálico y secar en un horno a  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, luego de lo cual se enfriará la muestra a temperatura ambiente por  $1 \pm \frac{1}{2}$  h para después pesarla.

### Cálculos

Se procede a calcular los valores de densidad y absorción en función de los datos obtenidos, de la siguiente forma:

$$D_{\text{nominal}} = A / (B + A - C)$$

$$D_{\text{aparente}} = A / (B + S - C)$$

$$D_{\text{aparente(sss)}} = S / (B + S - C)$$

$$\text{Absorción, \%} = ((S - A) / A) * 100$$

Siendo:

D= densidad,  $\text{g/cm}^3$

A= masa en el aire de la muestra secada al horno. (gr.)

B= masa del picnómetro, lleno con agua (gr.)

S= masa de la muestra saturada y superficialmente seca (gr)

C= masa del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración (gr).



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

### 3.1.3.b Peso Específico de los Sólidos del Agregado Fino (ASTM C-127)

#### Equipo Necesario

- a. Balanza con capacidad mínima de 5 kg y aproximación de 0.1g
- b. Canasta de Alambre
- c. Recipiente para inmersión de la canasta.

Requerimientos de Humedad y Temperatura:

Material: se utilizarán 5000g de agregado, quitando la porción pasante por el tamiz No. 4 (4.76 mm). La muestra deberá ser lavada, para después ser saturada en un recipiente con agua durante 24 horas.

#### Procedimiento

1. Tomar la muestra , envolverla con una toalla y frotarla hasta que desaparezcan las partículas visibles de agua de su superficie, procurar secar las partículas grandes por separado. (se puede comprobar el secado superficial o condición saturada superficialmente seca cuando las partículas ya no poseen brillo).
2. Una vez que el material ha alcanzado la condición saturada superficialmente seca, pesar el material, con una aproximación de 1 gramo.
3. Colocar la muestra en la canasta de alambre y determinar la masa sumergida en el agua, (a temperatura entre 20 a 25 °C).

4. Recoger la muestra y colocarla en un recipiente metálico, secar al horno a temperatura  $105 \pm 5$  °C durante 24 horas , para luego dejar enfriar hasta la temperatura ambiente, determinar el peso del material en esta nueva condición.

### CALCULOS

Se procede a calcular los valores de densidad y absorción en función de los datos obtenidos, de la siguiente forma:

$$\text{Densidad Nominal} = A / (A - C)$$

$$\text{Densidad Aparente} = A / (B - C)$$

$$\text{Densidad Aparente}_{\text{sss}} = B / (B - C)$$

$$\text{Porcentaje de Absorción} = (B - A) / A * 100$$

- Donde:
- A Masa en el aire de la muestra seca (gr).
  - B Masa en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (gr)
  - C Masa de la muestra sumergida en el agua (gr)

### **3.1.4 Clasificación de Suelos**

#### **3.1.4.a Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (ASTM D-2487)**

##### **Introducción**

La enorme variedad de propiedades que presentan los distintos tipos de suelo presentes en la naturaleza hace necesario poseer un sistema de referencia bajo el cual poder reconocer las características de estos para propósitos de ingeniería. En la actualidad dos son los métodos más utilizados con este propósito, el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, de masiva utilización en el campo de la Geotecnia y el sistema de la AASHTO, utilizado por los ingenieros de Vías y Caminos.

Inicialmente propuesto por Casagrande en 1942, el S.U.C.S tuvo su primer objetivo el ser utilizado en la construcción de Aeropuertos durante la Segunda Guerra Mundial. Una revisión al sistema fue realizada en 1952 por la Oficina de Restauración de Estados Unidos, en la actualidad es de común utilización por la mayoría de los ingenieros.

##### **Descripción del Sistema de Clasificación**

Este sistema hace una clasificación primaria de los suelos según su tamaño:

1. Suelos gruesos, pudiendo ser de naturaleza gravosa o arenosa. Menos del 50% de su composición pasa el tamiz No. 200. Su símbolo primario puede ser la S (arenas) o G (gravas).
2. Suelos finos, con un pasante mayor a 50% de la malla No. 200. Los suelos de este tipo se clasifican con prefijos, siendo M limo inorgánico, C arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. Pt se utiliza para caracterizar turbas, lodos y suelos con un alto contenido de materia orgánica.

Ambas nomenclaturas se complementan con la utilización de los prefijos:

W: bien graduado

P: mal graduado

L: baja plasticidad ( límite líquido < 50)

H: alta plasticidad (límite líquido > 50)

Para poder proceder con este sistema de clasificación se debe contar con los siguientes parámetros de entrada:

- Porcentaje de grava, fracción que se encuentra retenida entre la malla de 3" (76.2mm) y la No. 4 (4.75mm).
- Porcentaje de arena, fracción que se encuentra retenida entre la malla No. 4 (4.75 mm) y la malla No. 200 (0.075mm) .
- Porcentaje de finos (limo y arcilla), fracción que pasa la malla No. 200 (0.075mm).

- Coeficiente de Uniformidad del Material  $C_u = D_{60}/D_{10}$
- Coeficiente de Curvatura del Material  $C_c = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$
- Límite Líquido e Índice de Plasticidad de la porción fina del material (Pasante de la Malla No. 40).

### Procedimiento de Clasificación

La Tabla III.1 ilustra el procedimiento completo a seguir para la clasificación de muestras de suelo.

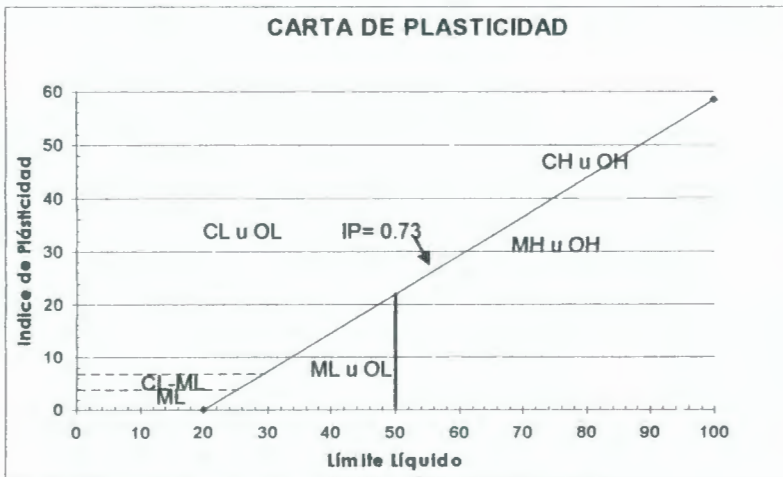
Una limitación de este tipo de sistemas de clasificación es la imposibilidad de caracterizar de manera directa a los suelos que poseen contenidos altos de materia orgánica. Sin embargo un procedimiento muy conveniente para detectar este tipo de suelos consiste en realizar 2 límites de consistencia con el material en su estado natural y después de haber sido sometido a desecación en un horno a 110°C durante 24 horas, si el límite líquido obtenido con el material es menor al 75% del que se obtuvo con la muestra en estado natural el suelo puede caracterizarse como orgánico. La alta o baja plasticidad de este material dependerá en que zona de la carta de plasticidad se ubique su límite líquido, valores menores al 50% serán



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

**TABLA III.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL METODO SUCS**

		%Finos		Simbología		
Gruesos > 50 $\mu$	Grava	< 5	Cu $\geq$ 4 1sCc $\leq$ 3	Bien graduada	GW	
			No cumple Cu ó Cc	Mal graduada	GP	
		> 12	Lim. Alterb Bajo Línea A	Limosa	GM	
			Lim. Alterb Sobre Línea A	Arcillosa	GC	
	MALLA No. 4 (4.75 mm)					
	Arena	< 5	Cu $\geq$ 6 1sCc $\leq$ 3	Bien graduada	SW	
No cumple Cu ó Cc			Mal graduada	SP		
> 12		Lim. Alterb Bajo Línea A	Limosa	SM		
		Lim. Alterb Sobre Línea A	Arcillosa	SC		
MALLA No. 200 (0.075 mm)						
Finos > 50%	Limo	Clasificación del material según la carta de plasticidad	Inorgánica, baja plasticidad	MH		
	Arcilla		Inorgánica, plasticidad baja a media	ML		
			Inorgánica alta plasticidad	CH		
			Inorgánica de baja a media plasticidad	CL		



**FIGURA 3.4 CARTA DE PLASTICIDAD .**

clasificados como de baja plasticidad mientras que los  $\geq$  a este valor serán de alta plasticidad.



### **3.1.4.b Método AASHTO de Clasificación de Suelos (ASTM D-3282, AASHTO M145)**

#### **Introducción**

Desarrollado inicialmente en 1929 y denominado Sistema de Clasificación de la Oficina de Caminos Públicos, ha evolucionado tras varias revisiones, la última efectuada en 1945 por el comité para la Clasificación de Materiales para Subrasantes y Caminos Tipo Granulares del Consejo de Investigaciones Carreteras.

#### **Descripción del Sistema de Clasificación**

Este sistema clasifica a los agregados en grupos entre el A1 y el A7. Entre A1 y A3 se encuentran los materiales granulares con un pasante de la malla No. 200 mayor o igual a 35%. Los materiales con un pasante de la malla No. 200 mayor a 35% quedan clasificados entre los grupos A-4 a A-7 y representan a limos y arcillas.

Al evaluar la calidad de un suelo como material de construcción de subrasantes, se utiliza un coeficiente denominado índice de grupo (IG), junto con los grupos y subgrupos del suelo. Este valor otorga un índice cualitativo del comportamiento del suelo, siendo su calidad inversamente proporcional al índice de grupo.

## Procedimiento de Clasificación

La Tabla III.2 proporciona el criterio necesario para proceder con la clasificación de suelos, se aplica recorriendo las columnas (grupos) de izquierda a derecha, descartando cada una de ellas si se incumple con alguno de los requerimientos, el material será clasificado según la primera columna que cumpla todos las condicionantes de clasificación.

**TABLA III.2 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL MÉTODO AASHTO**

MATERIALES GRANULARES							
(35 % o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)							
Clasificación de grupo	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por cribado							
(porcentaje que pasa la malla:							
No. 10	50 máx.						
No. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
No. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características del material							
pasante de la malla No. 40							
Límite Líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Materiales							
Significativos	Fragmentos de piedra		Arena Fina	Grava / arena limosa o arcillosa			
Clasificación como material para subbase							
De excelente a bueno							
MATERIALES FINOS (limos y arcillas)							
(mas del 35 % de la muestra que pasa la malla No. 200)							
Clasificación de grupo	A-4		A-5		A-6		A-7
							A-7-5
							A-7-6
Análisis por cribado							
(porcentaje que pasa la malla:							
No. 10							
No. 40							
No. 200	36 mín.		36 mín.		36 mín.		36 mín.
Características del material							
pasante de la malla No. 40							
Límite Líquido	40 máx.		41 mín.		40 máx.		41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.		10 máx.		11 mín.		11 mín.
Materiales							
Significativos	Suelos finos				Suelos arcillosos		
Tipo general de los subbase							
De mediano a pobre							

El índice de grupo se calcula con la siguiente ecuación:

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



Siendo: F= Porcentaje pasante de la malla No. 200

LL= límite líquido

IP= índice plástico

Se deben tener presentes las siguientes reglas para determinar el índice de grupo:

1. Si se obtiene un valor negativo del índice de grupo, se tomará igual a 0.
2. El valor del índice de grupo deberá redondearse al entero más cercano.
3. Se asignará un valor de índice de grupo igual a cero para los grupos A-1-a, A-1-B, A-2-4, A-2-5 y A-3.
4. No existe un valor límite para el índice de grupo.
5. Para los grupos A-2-6 y A-2-7 el índice de grupo se calculará solamente en base al aporte del índice de plasticidad:

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

### 3.1.5 Ensayo de Consolidación de Suelos (ASTM D-2435)

#### Introducción

Cuando a una masa de suelo saturado se le induce un aumento de carga, este exceso de presión es inicialmente tomado por el agua contenida en los poros; en las arenas este aumento es disipado por medio de la expulsión del agua gracias a la alta permeabilidad propia del material, sin embargo las

arcillas desarrollan esta disipación y expulsión de una manera relativamente "lenta" produciéndose a la par una variación de volumen que para propósitos de ingeniería se cuantifica como el "asentamiento" del suelo.

El ensayo de consolidación fue inicialmente propuesto por Terzaghi en 1925. Dentro de un anillo metálico se coloca una muestra confinada por 2 piedras porosas que facilitan el drenaje de la muestra, este sistema se coloca en un "edómetro" ó "consolidómetro", el cual posee la característica de aplicar una carga amplificada por un brazo de palanca. Se carga el espécimen y se toman lecturas de deformación por medio de micrómetros calibrados durante el tiempo que dura la prueba. Cada carga se mantiene durante 24 horas después de lo cual se duplica. Toda la prueba se ejecuta manteniendo el espécimen sumergido en agua. Al final de la prueba se determina el peso de la muestra para determinar la variación de humedad que ha sufrido durante el proceso de consolidación.

Existen dos fases bien definidas dentro de un proceso de consolidación, la primera denominada consolidación primaria ocurre durante el proceso de disipación del exceso de presión de poros en el material y se puede observar como el tramo inicialmente curvo y después recto de la curva relación de asentamiento vs tiempo. La consolidación secundaria es producto del acomodamiento plástico de partículas dentro de la masa de suelo.

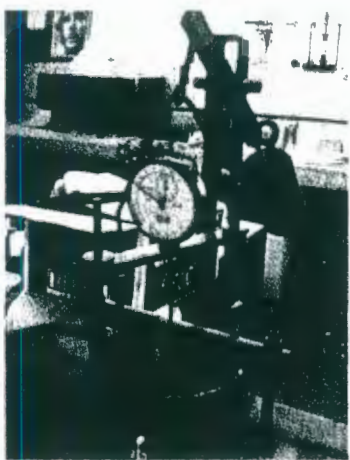
### **Equipo Necesario**

- a. Aparato de Consolidación (edómetro)



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

- b. Anillo de bronce, con altura de 2.54 cm que contendrá la muestra durante el ensayo.
- c. Base fija o flotante
- d. Piedras porosas
- e. Moldeador de muestra
- f. Balanza,



(a)



(b)

**FIGURA 3.5** (a) Edómetro ensamblado, (b) piezas componentes para el ensayo de consolidación

**Muestra:** Se utilizarán muestras inalteradas, obtenidas a partir de tubo Shelby, moldeando el espécimen hasta que obtenga el tamaño adecuado para ser colocado en el anillo de consolidación.

### Procedimiento de Ensayo

1. Determinar el peso del anillo.

2. Colocar la muestra de material dentro del anillo, cortar las partes superior e inferior de la muestra, que sobresalgan del mismo.
3. Centrar las piedras porosas en la parte superior e inferior de la muestra.
4. Colocar el anillo con la muestra dentro de la base, llenar esta de agua para evitar la desecación del espécimen durante el ensayo.
5. Colocar el brazo de carga sobre la piedra porosa superior, este armazón posee un receptáculo circular que deberá coincidir perfectamente con la piedra porosa superior asegurando así una perfecta transferencia de carga.
6. Colocar el deformímetro atornillándolo convenientemente ,para que su vástago de lectura quede sobre la parte superior del marco de carga.  
Encerar el dial.
7. Colocar la primera carga, anotar las deformaciones durante el tiempo durante las 24 horas siguientes a la aplicación de la carga, después de lo cual se doblará la misma y se volverán a tomar las medidas de deformación. Este procedimiento será repetido hasta alcanzar 6 ciclos de carga. Una vez realizado esto se procederá a descargar el espécimen de la misma forma en que fue cargado , cada vez se permitirá que el dial de deformación se estabilice en una lectura antes de proceder a quitar el siguiente grupo de carga.

- Desarmar el sistema, retirar la muestra del anillo y determinar su contenido de humedad.

### Cálculos

- Calcular la altura de sólidos de la muestra:

$$H_s = m_s / (G_s \cdot r_w \cdot A_r)$$

Siendo:

$M_s$  = masa seca de sólidos (después de secada al horno)

$G_s$  = gravedad específica de los sólidos

$R_w$  = densidad del agua

$A_r$  = area transversal del anillo.

- Calcular la altura de vacíos inicial de la muestra:

$$H_v = H_o - H_s$$

Siendo:

$H_o$  = altura inicial de la muestra (medir la altura del anillo)

- Calcular la relación de vacíos inicial.

$$e_o = H_{v_o} / H_s$$

- Determinar el cambio en la altura del espécimen para cada uno de las mediciones de deformación, este cambio de altura  $dH_1$  es igual a la lectura del deformímetro en cada una de las mediciones.
- Determinar la altura final del espécimen para cada una de las mediciones:

$$Hf1 = H_0 - \delta H1$$

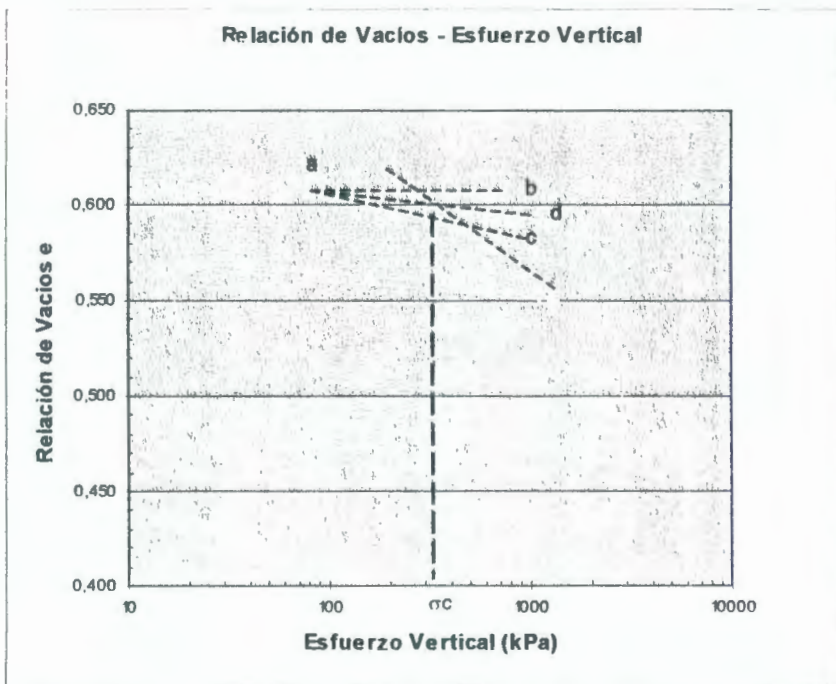
6. Determinar la altura de vacíos para cada incremento de carga.

$$Hv1 = Hf1 - Hs$$

7. Determinar la relación de vacíos final, este proceso deberá repetirse para cada incremento de carga

$$e1 = Hv1 / Hs$$

8. Calcular la altura promedio del espécimen durante el ensayo. Se tomarán la altura antes de cargar el consolidómetro y la altura del



**FIGURA 3.6, CURVA e VS LOG  $\sigma_v$ ; PROCESO DE DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN**

especimen después de la consolidación, ambas se suman y se dividen para dos.



9 Graficar una curva semi logarítmica con los datos de la presión aplicada al espécimen en cada ciclo de carga, versus la relación de vacíos final para cada uno de dichos ciclos. El detalle se muestra en la Figura 3.6.

Sobre esta curva se determinarán 3 parámetros típicos de la consolidación de suelos: presión de preconsolidación, índice de consolidación e índice de expansión.

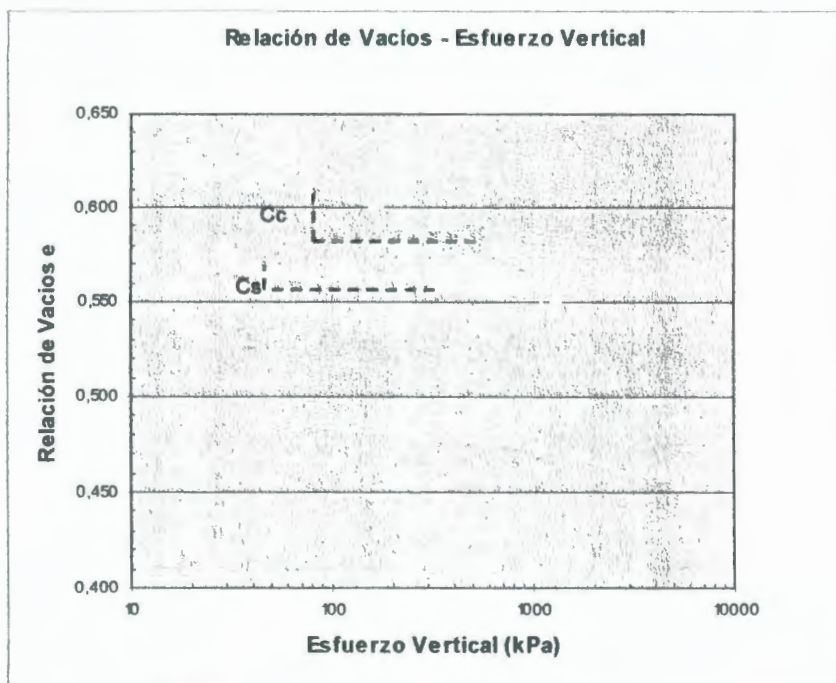
#### DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN

- a. Visualmente, determinar un punto a dentro de la gráfica e vs  $\text{Log } \sigma$  que corresponda al radio de curvatura mínimo.
- b. Dibujar una línea horizontal (ab).
- c. Dibujar una tangente que pase por el punto a (ac).
- d. Bisecar el ángulo formado por las líneas (ac) y (ab), trazar una línea que cruce el punto a y la bisección del ángulo (ad).
- e. Proyectar la zona virgen (tramo recto) de la curva de e vs  $\text{log } \sigma$ ; determinar el punto de intersección de esta recta con la recta (ad).
- f. A partir del punto de intersección determinado en el inciso e, trazar una vertical y determinar la abscisa correspondiente a dicho punto. Este valor será la presión de preconsolidación ( $\sigma_c$ ) a la que el suelo estuvo sometido durante su historia geológica.



## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSOLIDACIÓN E ÍNDICE DE EXPANSIÓN

- a. En base al gráfico  $e$  vs  $\log s$  determinar las pendientes de los tramos virgen y de descarga; es usual que el valor de  $C_r$  (índice de expansión), sea aproximadamente  $1/5$  a  $1/10$  del índice de consolidación  $C_c$ . El siguiente gráfico muestra la forma de determinar dichos parámetros.



**FIGURA 3.7, DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSOLIDACIÓN E ÍNDICE DE EXPANSIÓN.**

### 3.1.6 Ensayo de Compresión Simple (Compresión sin Confinamiento) (ASTM D-2166)

#### Introducción

Este tipo de prueba puede considerarse como un tipo especial de ensayo triaxial, en donde la presión de cámara  $\sigma_3$  es igual a cero. La aplicación de carga axial sobre el espécimen es lo que produce la falla del material. Los esfuerzos que se producen dentro de este ensayo son:

- Esfuerzo principal menor = 0
- Esfuerzo principal mayor =  $\sigma_1$

$$\tau_f = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{q_u}{2}$$

Siendo  $q_u$  = resistencia a compresión simple del material.

**TABLA III.3, VALORES TÍPICOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE.**

CONSISTENCIA	qu(kg/cm <sup>2</sup> )		
Muy blanda	0,00	-	0,25
Blanda	0,25	-	0,50
Media	0,50	-	1,00
Firme	1,00	-	2,00
Muy firme	2,00	-	4,00
Dura	>4,00		

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Autor: Braja M. Das

La ejecución de ensayos de compresión simple poseen la ventaja adicional de permitir evaluar la sensibilidad de muestras de arcilla. Cuando una muestra de este material es remoldeada después de haberse ensayado y sin

producirse cambio de humedad, pierde una porción de su resistencia a compresión, este cambio es el que se denomina sensibilidad y se expresa:

$$S_f = \frac{q_{u(\text{inalterada})}}{q_{u(\text{remoldeada})}}$$

Esta variación de la resistencia se debe a la destrucción del ordenamiento en que se encuentran dispuestas las moléculas de las capas adsorbidas además de la destrucción de la estructura del suelo con respecto a la natural otorgada por el proceso de sedimentación.

### Equipo Necesario

- a. Prensa de compresión simple, la cual permitirá otorgar la carga axial al espécimen, estará equipada de un adecuado anillo de carga para medir la fuerza otorgada a la muestra.
- b. Balanza.
- c. Tallador de muestras, el cual permitirá obtener muestras cilíndricas a partir de muestras de tubo shelby ó de porciones producto del remoldeo.
- d. Molde para muestra, cuyas medidas permiten obtener una muestra de dimensiones adecuadas.
- e. Moldes metálicos, para poder determinar el contenido de humedad de la muestra después del ensayo.

- f. Dispositivos de medición de deformación, como diales o dispositivos LVDT.

### Procedimiento

- 1) Obtener una muestra representativa del material de suelo extraído mediante tubo de pared delgada, considerar una longitud +/- 20% mayor de la del tamaño de espécimen a ensayar.
- 2) Colocar esta muestra entre la base y el vástago del marco para moldear. Procurar no aplicar excesiva presión sobre la muestra, únicamente se deberá procurar asegurar el espécimen entre ambas partes.
- 3) Girar la probeta, utilizando la manija del vástago superior, lentamente cortar porciones del material utilizando un hilo metálico tensado entre 2 mordazas .
- 4) Colocar el espécimen en el molde de muestras, cortar las caras superior e inferior del espécimen con lo que se asegurará que el mismo posea una longitud 2 a 1.
- 5) Colocar el espécimen de prueba en la prensa de compresión, lentamente colocar en contacto la cara superior de la muestra con el plato de la prensa, procurar que el anillo de carga marque 0 en todo momento.

- 6) Alinear y encerar el dispositivo de medición de deformación con el plato superior de la prensa.
- 7) Comenzar la compresión del espécimen, este deberá avanzar a una tasa de deformación controlada igual a xxx mm/seg.
- 8) Anotar los valores de fuerza y deformación en cada instante del ensayo.
- 9) Pesar la probeta después de haber llegado a la falla y finalizado el ensayo, colocar este espécimen en un recipiente metálico para la determinación de la humedad.

### Cálculos

- 1) Determinar la carga otorgada, multiplicando las lecturas marcadas, por la constante de carga del anillo.

$$F = k * \text{lectura.de.anillo}$$

- 2) Determinar la deformación unitaria en la probeta de suelo.

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h}$$

Siendo  $\Delta h$  = variación de altura del espécimen, se obtiene restando las lecturas consecutivas del deformímetro.

$h$  = altura inicial de la probeta.

$\varepsilon$  = deformación unitaria de la probeta



- 3) Determinar el área corregida de la probeta de suelo para cada lectura de carga y deformación.

$$A.corregida = \frac{A_o}{1 - \varepsilon}$$

Siendo  $A_o$  = area inicial de la probeta

- 4) Determinar el esfuerzo de compresión sobre el espécimen.

$$\sigma = \frac{P}{A.corregida}$$

### 3.1.7 Compresión Triaxial

#### Introducción

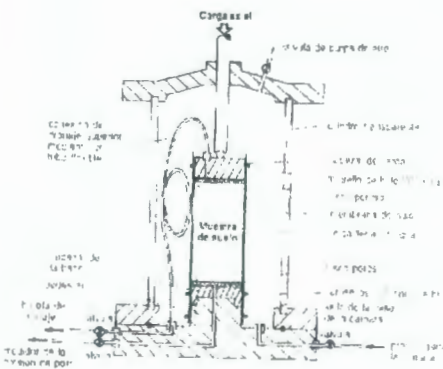
A pesar de los cuidados que requiere la ejecución de este tipo de prueba se ha convertido en la más usual a la hora de determinar los parámetros de cohesión y ángulo de fricción del suelo. Igualmente esta es considerada como una prueba muy confiable por lo cual los parámetros anteriormente enumerados pueden utilizarse como datos de entrada para el diseño de obras de geotecnia.

En esta prueba usualmente se utilizan probetas cuya relación altura / diámetro sea 2 a 1, con tamaños usuales de 76 x 38 mm y 100 x 50 mm. El espécimen utilizado es colocado dentro de una membrana delgada de caucho y colocada en el interior de una cámara de lucita la cual se llena de

agua para aplicar una presión de confinamiento alrededor de toda la probeta (presión de cámara). Para llevar la muestra hasta la falla se aplica una fuerza axial a través de un émbolo de carga que descarga sobre la parte superior de la muestra que reacciona sobre un anillo de carga. Al esfuerzo producto de la aplicación de esta fuerza axial se le denomina esfuerzo desviador.

La cámara triaxial posee conexiones (Figura 3.8) para medir el drenaje hacia dentro o fuera de la muestra, además de la presión de poros dentro de ella producto de la compresión. Según las condiciones bajo las cuales se ejecuta la prueba, se presentan los siguientes tipos de ensayo:

1. Ensayo consolidado-drenado o prueba lenta (CD).
2. Ensayo consolidado-no drenado (CU)
3. Ensayo no consolidado-no drenado o prueba drenada (UU)



(a)



(b)

**FIGURA 3.8 (a) ESQUEMA DE LA CÁMARA TRIAXIAL; (b) PRENSA TRIAXIAL.** Fuente: Fundamentos de Geotecnia Braja M. Das



A continuación se detallan cada uno de los aspectos de las pruebas triaxiales enumeradas.

### **Ensayo consolidado-drenado o prueba lenta (CD)**

En esta prueba la muestra es inicialmente sometida a la presión de confinamiento  $\sigma_3$  la cual se ejerce alrededor de todas las caras del espécimen. Conforme se aplica esta presión, la presión de poros dentro de la muestra se incrementa hasta una cantidad  $u_c$ , este incremento se expresa en función de un parámetro adimensional de la siguiente manera:

$$B = \frac{u_c}{\sigma_3}$$

siendo  $B$ = parámetro de presión de poros de Skempton.

Para suelos blandos saturados,  $B$  es aproximadamente igual a 1, sin embargo en suelos firmes saturados este coeficiente es ligeramente menor a 1.

La conexión de drenaje del espécimen se mantiene abierta durante la ejecución de la prueba, por lo cual la disipación de presiones de poro y la consolidación es completa. El cambio de volumen de la muestra durante esta fase se considera igual al volumen de agua desalojado desde la muestra. El esfuerzo desviador  $\Delta\sigma_d$  es aplicado a una velocidad de carga muy pequeña, la conexión al drenaje se mantiene abierta más la lenta rata

de carga sobre el espécimen hacen que cualquier aumento en la presión de poros sea rápidamente disipado ( $\Delta u_d$ ).

Es posible apreciar una notable diferencia entre la variación de volumen de la muestra versus la deformación axial cuando se trabaja con probetas de arena suelta ( ó arcillas normalmente consolidadas) o con arenas compactas (ó arcillas preconsolidadas).

Como la presión de poros del agua desarrollada durante la prueba es totalmente disipada, los esfuerzos producidos durante esta prueba serán:

$$\text{Esfuerzo de confinamiento}_{(\text{total}=\text{efectivo})} = \sigma_3 = \sigma'_3$$

$$\text{Esfuerzo axial}_{(\text{total}=\text{efectivo})} = \sigma_3 + (\Delta\sigma_d) = \sigma_1 = \sigma'_1$$

$$\text{Trayectoria de Esfuerzos: } p' = (\sigma_1 + \sigma_3)/2; \quad q = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$$

Se ejecutan varias pruebas, en las cuales se varía el esfuerzo de confinamiento o presión de cámara, lo cual generará un aumento del esfuerzo desviador necesario para poder llevar el material hasta la falla, los valores obtenidos para cada uno de estas pruebas servirán para trazar la envolvente de Mohr-Coulomb correspondiente al material.

Ejecutar este tipo de ensayos sobre arcillas demora varios días en concluirse, por lo cual no resulta una prueba común.

### **Ensayo Consolidado- No Drenado (CU)**

Este tipo de prueba es el más comúnmente utilizado para propósitos de ingeniería. Una muestra de suelo saturado es consolidada por una presión

de cámara  $\sigma_3$ , con las válvulas de drenaje abiertas, se permite el total drenaje. Posterior a la disipación de la presión de poros ( $u_c = B \cdot \sigma_3 = 0$ ), se aplica el esfuerzo desviador, llevando la muestra de suelo hasta la falla, el sistema de drenaje en esta última fase permanecerá cerrado por lo que serán necesarias las lecturas de presión de poros durante el ensayo. Esta presión se denominará  $\Delta u_d$  y se expresa en una forma adimensional como:

$$A = \frac{\Delta u_d}{\Delta \sigma_d}$$

donde A = parámetro de la presión de poros de Skempton.

0.5 – 1 para arcillas normalmente consolidadas

0 – 0.5 para arcillas preconsolidadas.

La prueba consolidada-no drenada difiere con la prueba no consolidada-drenada en que en la última los esfuerzos efectivos son iguales a los totales mientras que en la segunda mientras que en la primera ambos esfuerzos son diferentes. Al tener la posibilidad de registrar las presiones de poro durante el ensayo, en la falla los esfuerzos principales se analizan de la siguiente forma:

Esfuerzo principal mayor en la falla (total):

$$\sigma_3 + (\Delta \sigma_d)_f = \sigma_1$$

Esfuerzo principal mayor en la falla (efectivo):

$$\sigma_1 - (\Delta u_d)_f = \sigma'_1$$

Esfuerzo principal menor en la falla (total):

$$\sigma_3$$

Esfuerzo principal menor en la falla (efectivo):

$$\sigma_3 - (\Delta u_d)_f = \sigma'_3$$

Trayectoria de Tensiones  $p' = (\sigma_1 + \sigma_3)/2 - (\Delta u_d)_f$   $q' = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$

donde  $u$  = presión de poro del agua en la falla.

Se realizan ensayos sobre varios especímenes a distintas presiones de confinamiento para determinar los parámetros de resistencia a cortante.

### **Ensayo no consolidado no drenado (UU)**

Esta prueba posee la notable diferencia de no permitir el drenaje en ninguna fase del ensayo. Inicialmente se aplica la presión de cámara  $\sigma_3$ . Después se lleva el espécimen hasta la falla registrando además las presiones de poro producidas por la aplicación de estos dos esfuerzos. Gracias a la no permisión de drenaje durante el ensayo es posible terminarlo rápidamente. La presión de confinamiento otorgará un aumento de presión de poros hasta una cantidad  $u_c$ . Un aumento adicional  $\Delta u_d$  será producido por la aplicación del esfuerzo desviador. Por lo tanto la presión de poros estará constituida por estas dos componentes:

$$u = u_c + \Delta u_d$$

$$\text{Así } u = B.\sigma_3 + A.\Delta\sigma_d = B.\sigma_3 + A.(\sigma_1 - \sigma_3)$$

Esta prueba es generalmente utilizada sobre especímenes de arcilla. Un detalle importantísimo se encuentra en esta clase de pruebas cuando se ejecutan sobre suelos saturados. El esfuerzo axial en la falla  $(\Delta\sigma_d)_f$  es prácticamente el mismo, sin importar la presión de cámara aplicada al espécimen.

### **3.1.8 Ensayos de Compactación, Proctor Estandar y Modificado (ASTM D 698, ASTM D 1557)**

#### **Introducción**

Los suelos sueltos deberán ser compactados cuando se desean utilizar en obras de ingeniería. Al aumentar la densidad de un suelo su capacidad de soporte aumenta notablemente. Asimismo se pueden disminuir los asentamientos como resultado de una buena compactación.

Cuando se compacta un suelo, el efecto que se produce sobre el mismo es el de cerrar los vacíos que contienen aire, por medio de la aplicación de energía mecánica. El peso específico en estado seco de un material es el que sirve de referencia a la hora de cuantificar el grado compactación del mismo.

Al adicionar agua a un suelo, se producen películas deslizantes sobre las partículas lo que permite que las partículas se acomoden en un arreglo más denso. Sin embargo conforme se aumenta el contenido de humedad en la

masa de suelo, el agua comienza a ocupar espacios que podían haber sido rellenos con el material, por lo que la densidad seca llegará a un punto máximo, a partir del cual comenzará a descender progresivamente. El valor de humedad óptimo será el que produzca la mayor densidad seca del material utilizando la misma energía de compactación.

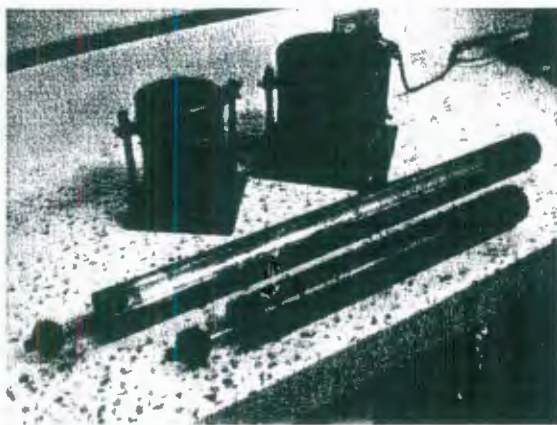
En este ensayo la muestra de suelo es compactada dentro de un molde de  $943.3 \text{ cm}^3$ , con un diámetro de  $101.6 \text{ mm}$ . Una muestra de aproximadamente  $3 \text{ kg}$  de suelo se hace pasar por el tamiz #4, los cuales se colocarán en el molde en 3 capas, cada una compactada con 25 golpes de un martillo de compactación de  $24.5 \text{ N}$  que posee una altura de caída de  $0.305 \text{ m}$ . La energía de compactación desarrollada por este conjunto es de  $593.7 \text{ kJ/m}^3$ .

### **Equipo Necesario**

- a. Molde de compactación, con base removible y collarín superior, podrá ser de 4 o 6 pulgadas de diámetro según el método de compactación que se escoja.
- b. Martillo de compactación, según el método que se escoja, el martillo para Proctor Standard tendrá un peso de  $24.4 \text{ N}$  y una altura de caída de  $30.48 \text{ cm}$ , mientras que el de Proctor Modificado pesará  $44.5 \text{ N}$  y una altura de caída de  $45.72 \text{ mm}$ .

- c. Recipientes metálicos, de tamaño conveniente para tomar muestras de los especímenes compactados y poder determinar su humedad.

**MATERIAL:** secar al ambiente el material que se utilizará en la prueba, tamizar la muestra por los tamices correspondientes al método a utilizarse; se recomienda separar 12.5 Kg si se trabaja con el Método Standard y 25 Kg si se trabaja con el Método Modificado.



(a)



(b)

**FIGURA 3.9.** (a) MARTILLOS ESTANDAR Y MODIFICADO; (b) PROCESO DE COMPACTACIÓN.

### Procedimiento

1. Según la rigurosidad de la obra en la que se vaya a desarrollar la compactación de suelos, se deberá escoger el tipo de ensayo más adecuado, se puede observar en la tabla III.4, las distintas

combinaciones que pueden ejecutarse bajo una misma energía de compactación del martillo Proctor.

2. Una vez escogido el método de compactación , recolectar el material necesario para ejecutar varios puntos de prueba, se recomiendan utilizar 12.5 Kg para el ensayo Estandar y 25 Kg para el Modificado con el fin de ejecutar 5 puntos de prueba para cualquiera de ellos. Secar el material a temperatura ambiente.
3. Particionar el material en 5 porciones iguales, tomar la primera y añadir suficiente agua para formar una masa de humedad uniforme, se recomienda colocar aproximadamente 5% de la humedad óptima estimada.
4. Pesar el molde donde se colocará la muestra de suelo, no incluir su base ni el collarín superior. Medir el diámetro y alto del molde para la posterior determinación de su volumen.
5. Colocar el suelo en el molde, en 5 capas, cada una compactada con el número de golpes propio del método escogido. Al final de la colocación del material, su superficie deberá quedar sobre la parte superior del molde, sin exceder los 6 mm, así se evita perder material por enrasado o no completar el volumen de prueba.
6. Retirar el collarín de compactación, enrasar la superficie del molde, procurando no quitar partículas significativas de material.
7. Pesar el conjunto molde - suelo.



8. Extraer el suelo del molde, separar una porción representativa para determinar su contenido de humedad.
9. Repetir los pasos del 1 al 8 con las porciones restantes del material inicialmente seleccionado, procurando otorgar un 2% más de humedad que en el ensayo precedente.

### Cálculos

1. Determinar el contenido de humedad para cada una de las muestras tomadas de los puntos de ensayo.
2. Determinar la densidad de moldeo del espécimen para cada punto de ensayo.

$$\gamma_h = \frac{W_m}{V_m}$$

Siendo  $W_m$  = peso del material húmedo (moldeo) (kg/m<sup>3</sup>).

$V_m$  = volumen del molde (m<sup>3</sup>)

$\gamma_h$  = densidad húmeda del material.

3. Determinar la densidad seca del material, para cada uno de los puntos de ensayo ejecutados.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + \frac{w(\%)}{100}}$$

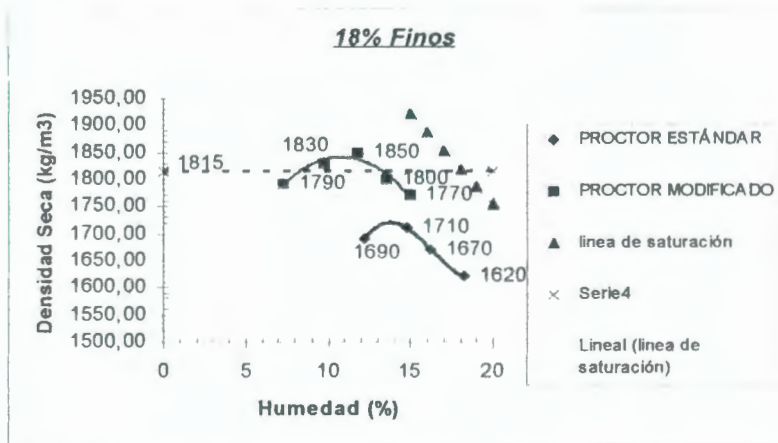
Siendo  $\gamma_d$  = densidad seca (kg/m<sup>3</sup>)

$\gamma_h$  = densidad húmeda (moldeo) (kg/m<sup>3</sup>)



$w(\%) = \text{contenido de humedad}$

4. Con los datos anteriores, graficar una curva sobre los ejes densidad seca vs humedad, el valor máximo de densidad observado en esta curva corresponderá a la densidad máxima del material, y su correspondiente humedad será su humedad óptima de moldeo.



**FIGURA 3.10,** GRÁFICO TÍPICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS PROCTOR ESTÁNDAR Y MODIFICADO.

**TABLA III.4 MÉTODOS DE COMPACTACIÓN PROCTOR ESTÁNDAR**

<b>PROCTOR ESTÁNDAR (ASTM 698-91)</b>			
	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde (mm)	101.6	101.6	152.4
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.3	943.3	2124
Peso del pisón (N)	24.4	24.4	24.4
Altura de caída del pisón (mm)	304.8	304.9	304.10
Número de golpes del pisón por capa de suelo	25	25	25
Número de capas de compactación	3	3	3
Energía de compactación (kN-m/m <sup>3</sup> )	591.3	591.3	591.3
Suelo a usarse	Pasante de la malla No 4	Pasante de la malla No 3/8	Pasante de la malla No 3/4
Condición de uso	Si retenido en malla No 4 <= 20%	Si retenido en malla No 4 >20% y Retenido en malla No 3/8 <= 20%	Si retenido en malla No 3/8 >20% y Retenido en malla No 3/4 <= 20%

**TABLA III.5 MÉTODOS DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

<b>PROCTOR MODIFICADO (ASTM 1557-91)</b>			
	<b>Método A</b>	<b>Método B</b>	<b>Método C</b>
Diámetro del molde (mm)	101.6	101.6	152.4
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.3	943.3	2124
Peso del pisón (N)	44.5	44.5	44.5
Altura de caída del pisón (mm)	457.2	457.2	457.2
Número de golpes del pisón por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación (kN-m/m <sup>3</sup> )	2696	2696	2696
Suelo a usarse	Pasante de la malla No 4	Pasante de la malla No 3/8	Pasante de la malla No 3/4 <= 20%
Condición de uso	Si retenido en malla No 4 <= 20%	Si retenido en malla No 4 >20% y Retenido en malla No 3/8 <= 20%	Si retenido en malla No 3/8 >20% y Retenido en malla No 3/4 <= 20%

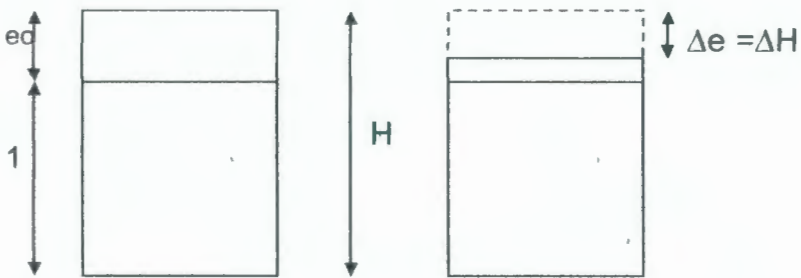
### 3.1.9 Cálculo de Asentamientos

Al aplicar un incremento de carga al suelo, ya sea por la construcción de una obra civil u otras cargas, los estratos de suelo subyacentes se comprimen. Las partículas sometidas a estos esfuerzos se reacomodan en arreglos más compactos produciendo la expulsión del agua de sus poros y finalmente la deformación y rotura de partículas, todas estas etapas se materializan dentro de una obra civil como un "asentamiento".

El asentamiento de un suelo causado por la aplicación de cargas puede dividirse en 3 categorías:

1. Asentamiento Inmediato, calculado bajo consideraciones de teoría elástica, no se produce ningún cambio en la humedad del suelo.

2. Asentamiento por Consolidación Primaria, en donde se produce la mayor parte de la reducción de volumen en los suelos saturados cohesivos debido a la expulsión del agua que se encuentra en sus poros.
3. Asentamientos por Consolidación Secundaria, el cual se materializa en un tiempo mucho mayor que el de consolidación primaria, se produce por una deformación plástica de los granos del suelo.



**FIGURA 3.11, MODELO DE DEFORMACIÓN DEL SUELO**

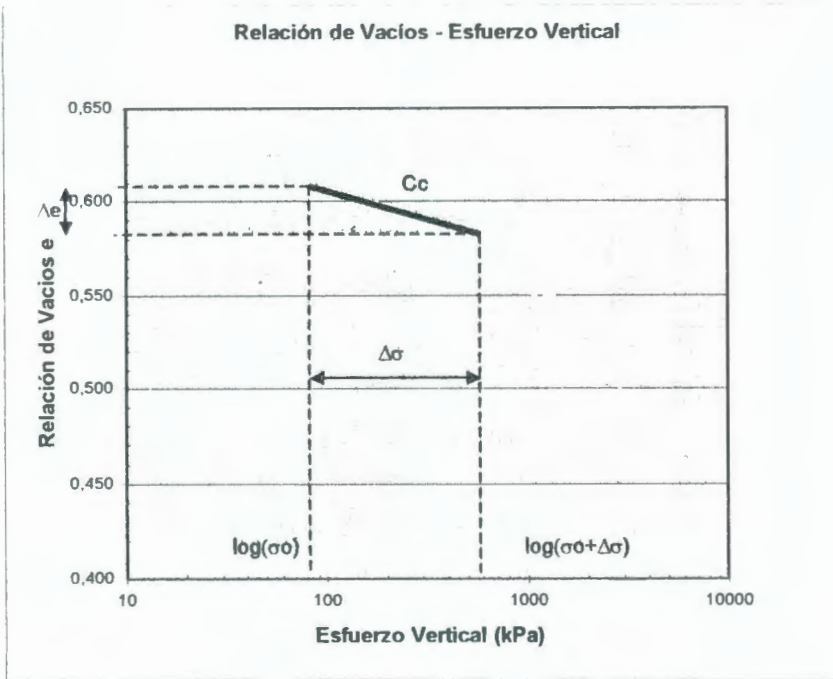
Considerando un modelo de suelo en el cual la porción representativa de granos de suelo se representa como uno y la parte correspondiente a los poros se identifica con el valor  $e$  (relación de vacíos), la columna total de material se representará por  $H$ .

La deformación unitaria de la altura de material se tomará como:

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \quad (\text{a})$$

De la curva del ensayo de consolidación (Figura 3.12), relación de vacíos vs esfuerzo de compresión se tiene que:

$$C_c = \frac{\Delta e}{\log(\sigma + \Delta\sigma) - \log(\sigma)} \quad (b)$$



**FIGURA 3.12, DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSOLIDACIÓN**

Despejando  $\Delta e$  de la ecuación (b) y reemplazándolo en la ecuación (a), se tiene que:

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{C_c * [\log(\sigma + \Delta\sigma) - \log(\sigma)]}{1 + e_0} \quad (c)$$

Ordenando la ecuación (c) y reemplazando el valor  $\Delta H$  como el valor del asentamiento  $S$  producido en el estrato de suelo se tiene que:

$$S = \frac{H * C_c}{1 + e_0} * \log\left(\frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0}\right)$$

La cual es la ecuación característica para el cálculo de los asentamientos por consolidación primaria en un estrato de suelo.

Siendo  $\sigma_0$  la magnitud de las presiones geostáticas del suelo hasta la mitad del estrato del cual se calculará el asentamiento,  $e_0$  representa la relación de vacíos inicial del suelo en consideración,  $C_c$  el índice de compresión del suelo, calculado en el ensayo de consolidación,  $\Delta\sigma$  la magnitud de la presión sobre el suelo aportada por la construcción y  $H$  la altura del estrato a consolidarse. Cabe anotar que en esta fórmula los valores del esfuerzo  $\sigma_0$  serán los efectivos, es decir descontando la presión de poros existente.

## 3.2 Area de Hormigones

### 3.2.1 Ensayo de Compresión Axial de Cilindros de Hormigón (ASTM C 39)

#### Introducción

La resistencia a compresión es la característica mecánica más importante del hormigón debido a la importancia que reviste este valor dentro de los cálculos de estructuras de hormigón armado. Esta resistencia se expresa como la fuerza necesaria para llevar un espécimen hasta la falla, dividida para el área sobre la que se aplica dicha fuerza.

La forma de evaluar la resistencia a compresión es por medio de pruebas mecánicas pudiendo ser destructivas o no destructivas. Para las primeras se podrán utilizar especímenes cilíndricos o cúbicos

Los especímenes cilíndricos se obtienen a partir de muestras de hormigón fundidas en moldes de acero con 150 mm de diámetro por 300 mm de altura ó de 100 mm de diámetro por 200 de altura, conservando siempre la proporción diámetro:altura de 1:2

Una vez fraguados, los especímenes deberán ser curados en tanques de agua a  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , evitando así la evaporación de agua desde el hormigón. El cilindro elaborado deberá permanecer en esta condición hasta el momento del ensayo. La resistencia a compresión se cuantifica aplicando

carga sobre el espécimen por medio de una prensa hidráulica. Hay que considerar que la carga aplicada por la prensa se distribuya uniformemente sobre las caras del espécimen, una falta de planicie de 0.25 mm puede llevar a reducciones de resistencia de hasta 1/3 . Este problema es fácilmente evitable por medio del refrentado de las caras del cilindro para lo cual se suelen utilizar almohadillas de neopreno o un compuesto de grafito y azufre denominado "capping". La resistencia del concreto se acostumbra a expresar en unidades de esfuerzo, siendo la más usual los  $\text{kg/cm}^2$ , con una precisión de  $1 \text{ kg/cm}^2$ .

La forma de las probetas utilizadas para ensayos de hormigón pueden presentar variaciones si estas no están referidas a las medidas tradicionales de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, por lo cual se aplican los siguientes factores de corrección:

**TABLA III.6, FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS RELACIONES DIÁMETRO/ALTURA**

Relación altura/diámetro	Factor de Corrección
2,00	1,00
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

Estableciendo una correlación lineal entre los factores enumerados, se obtiene la siguiente ecuación, que será utilizada para encontrar los valores adecuados para la corrección de carga en el programa:



Factor de corrección=  $0,144 (\text{Relación altura/diámetro}) + 0,737$

### Equipos Necesarios

- 1) Prensa de hormigón que cumpla los requerimientos de la norma ASTM E4 (que pueda mantener una rata constante transversal).
- 2) Balanza con precisión de 0.045 kg.

### Procedimiento

1. Reparar los vacíos y/o protuberancias que el moldeo de especímenes hayan dejado sobre sus caras, se puede pulir las caras del material para este propósito. Las caras del cilindro deberán ser perpendiculares a su eje vertical. Para lograr la horizontalidad total se refrentarán las caras de la muestra utilizando "capping".
2. Medir el diámetro y la altura del cilindro, con una aproximación de 0.25 mm, calcular el área de la sección.
3. Colocar el espécimen refrentado en la prensa de compresión, aplicar la carga de manera continua y sin sobresaltos, procurando que la rata de carga sea aproximadamente 1.25 mm/min ó con una velocidad dentro del rango de  $241 \pm 34$  kPa/seg.

## Cálculos

1. Calcular el área del espécimen del hormigón.

$$A = \pi * \frac{D^2}{4}$$

Siendo D el diámetro de la muestra en cm.

2. Calcular la relación diámetro / altura.
3. Según la relación diámetro / altura calculada escoger o interpolar el valor del coeficiente K apropiado para el cilindro
4. Calcular el esfuerzo de compresión en el material, para cada una de las lecturas de fuerza tomadas.

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

Siendo F la fuerza de compresión en kg.

5. Calcular el esfuerzo de compresión corregido , para cada una de las lecturas de fuerza tomadas.

$$\sigma_{\text{correg}} = K * \sigma$$

### 3.2.2 Dosificación de Hormigones por el Método ACI

La ley de Abrahms considera que la resistencia del concreto a cierta edad dependerá de la relación agua/cemento con la que fue elaborado, altas relaciones agua/ cemento desarrollarán concretos débiles en cuanto a su

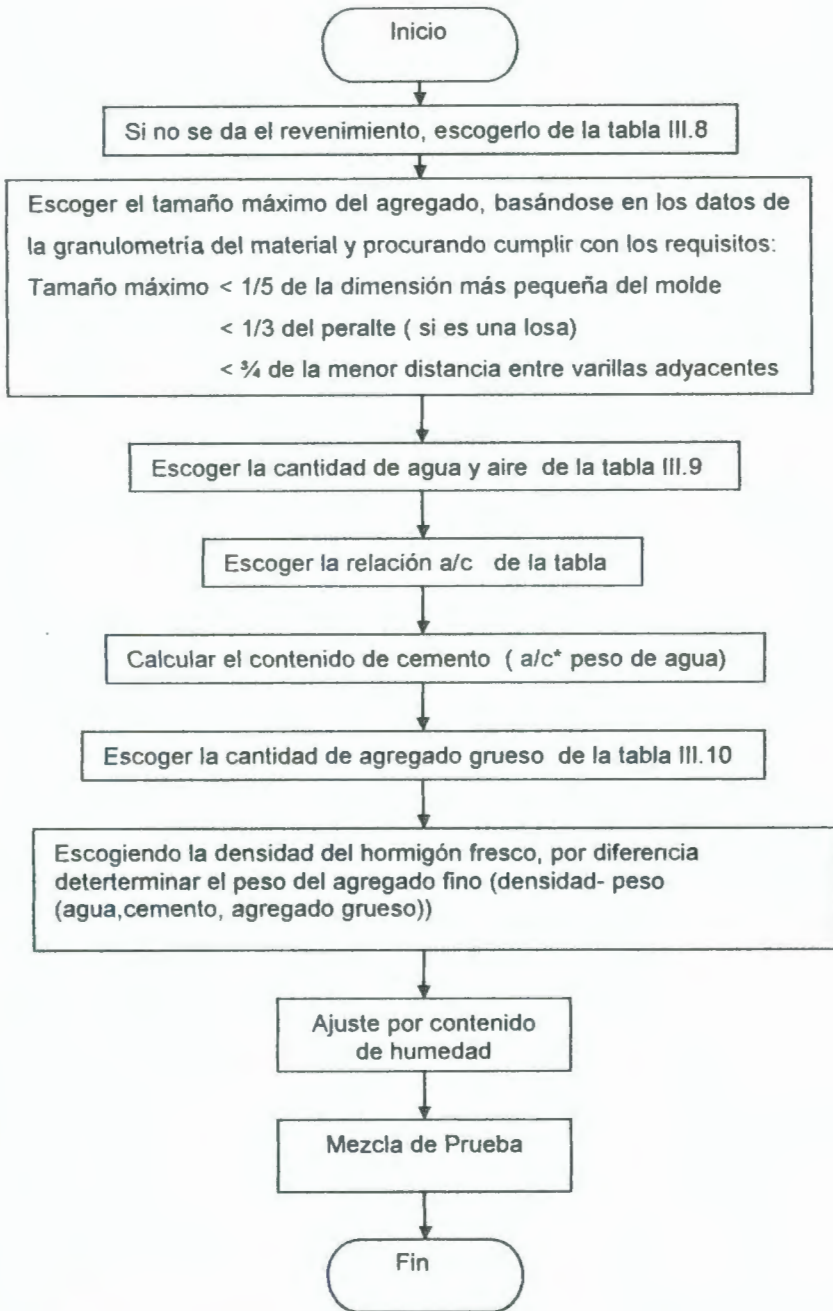
resistencia a compresión mientras que un valor bajo de esta significará un concreto de mayor resistencia.

No solo la resistencia debe considerarse dentro de los factores para el diseño del hormigón, una variable muy importante en el diseño de obras de ingeniería es la economía que en el caso del hormigón será dependiente de la cantidad de agregado presente que permita proveer una mezcla manejable. Así el técnico encargado de diseñar mezclas de concreto deberá tener presente en su cálculo que el hormigón presente una resistencia óptima, con el mínimo porcentaje de cemento en mezcla y una manejabilidad que haga versátil la construcción.

El Método ACI de dosificación de hormigones es el más comúnmente usado por ingenieros constructores a la hora de determinar la correcta dosificación de los materiales componentes de una mezcla de concreto. Mediante un algoritmo ya establecido, que se muestra en la Figura 3.13 el calculista únicamente deberá consultar las tablas enumeradas con el objetivo de estimar las proporciones correctas para cada paso.

**TABLA III.8 REVENIMIENTOS RECOMENDADOS**

Consistencia	Revenimiento (mm)	Tipo de Construcción
Seca	0 - 25	Prefabricados de alta resistencia
Semi-Seca	25 - 50	Pavimentos de gran espesor
Plástica	50 - 100	Losas, columnas, muros, vigas
Blanda	100 - 150	Secciones con congestión de armaduras
Flúida	150 ó más	Pilotaje con tubo tremie



**FIGURA 3.13 ALGORITMO PARA LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES**

Fuente: Concreto Reforzado, Nawy

**TABLA III.9 AGUA DE MEZCLADO , EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO Y EL ASENTAMIENTO REQUERIDO**

		<b>TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO (mm)</b>								
		<b>1</b>	<b>9,51</b>	<b>12,7</b>	<b>19</b>	<b>25,4</b>	<b>38,1</b>	<b>50,8</b>	<b>64</b>	<b>76,1</b>
<b>Asentamiento (mm)</b>	<b>0</b>	213	185	171	154	144	136	129	123	
	<b>25</b>	218	192	177	161	150	142	134	128	
	<b>50</b>	222	197	183	167	155	146	138	132	
	<b>75</b>	226	202	187	172	160	150	141	136	
	<b>100</b>	229	205	191	176	164	154	144	139	
	<b>125</b>	231	208	194	179	168	156	146	141	
	<b>150</b>	233	212	195	182	172	159	150	143	
	<b>175</b>	237	216	200	187	176	165	156	148	
	<b>200</b>	244	222	206	195	182	171	162	154	

**TABLA III.10 VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO PARA UNA MEZCLA DE HORMIGÓN, EN FUNCIÓN DEL MÓDULO DE FINURA DE LA ARENA Y EL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO**

		<b>Módulo de Finura del Agregado Fino</b>			
		<b>2,40</b>	<b>2,60</b>	<b>2,80</b>	<b>3,00</b>
<b>Tamaño Nominal del Agregado Grueso (mm)</b>	<b>9,51</b>	0,50	0,48	0,46	0,44
	<b>12,7</b>	0,59	0,57	0,55	0,53
	<b>19</b>	0,66	0,64	0,62	0,60
	<b>25,4</b>	0,71	0,69	0,67	0,65
	<b>38,1</b>	0,75	0,73	0,71	0,69
	<b>50,8</b>	0,78	0,76	0,74	0,72
	<b>64</b>	0,82	0,80	0,78	0,76
	<b>76,1</b>	0,82	0,80	0,78	0,76

## **CAPITULO 4**

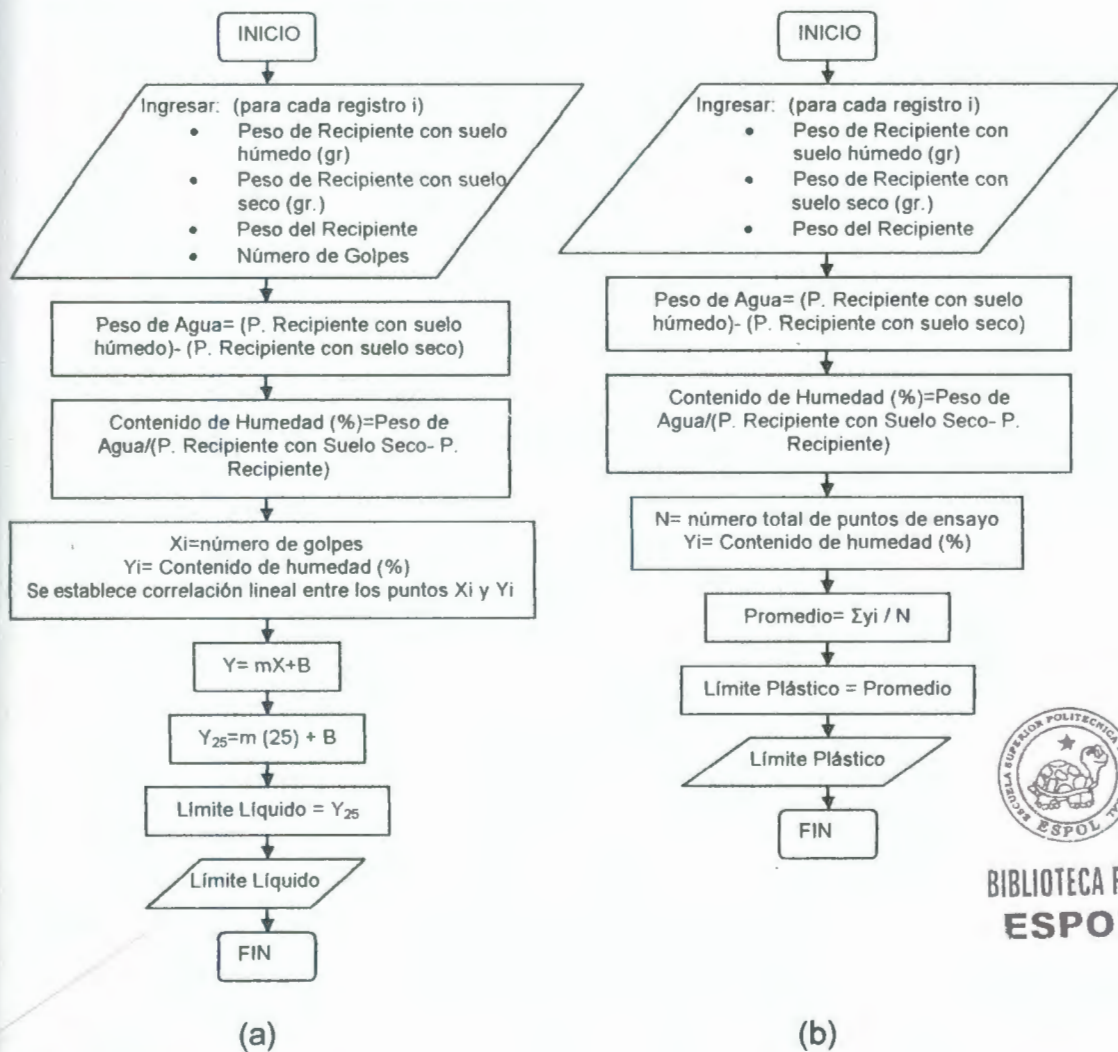
### **4. DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA CÁLCULO DE PARÁMETROS OBTENIDOS DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS**

#### **4.1 Algoritmos de Diseño para el programa**

##### **4.1.1 Algoritmo para Cálculo de los límites de Atterberg**

El cálculo de los límites de Atterberg, tanto el líquido como plástico poseen como variable principal el contenido de humedad de la muestra en distintos instantes de la prueba. Para el primero de ellos una muestra pasante del tamiz 40 se mezcla con un determinado contenido de agua hasta lograr una consistencia adecuada para el ensayo dentro de la copa de Casagrande, una vez abierta el canal central en la muestra utilizando un acanalador, el

operador cuenta el número de golpes para juntar la abertura en una longitud de media pulgada. El límite líquido del material se calcula pasando una recta por los puntos de humedad (%) versus número de golpes e interpolando el contenido de humedad correspondiente a los 25 golpes. El límite plástico del suelo ensayado se calcula como el promedio de los contenidos de humedad que presenta el material al cuartearse durante la formación de cilindros de 3 mm de diámetro. La Figura 4.X muestra el algoritmo bajo el cual se realizan los cálculos anteriormente descritos.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

FIGURA 4.1, ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DE: (a) LÍMITE LÍQUIDO, (b) LÍMITE PLÁSTICO

#### **4.1.2 Algoritmo para Cálculo distribución Granulométrica de Suelos finos y Gruesos**

Dentro del cálculo de la distribución granulométrica de suelos tanto finos como gruesos, los pesos de cada una de las fracciones retenidas sobre los tamices de ensayo serán los datos principales para el programa. La configuración del programa hace que cada dato de dichos pesos estén asociado a su tamiz respectivo y este a su abertura de malla, con la finalidad de facilitar cálculos adicionales como los diámetros efectivos D60, D30 y D10.

Como paso inicial el programa calcula los porcentajes retenidos de material para cada uno de los tamices de ensayo, el porcentaje retenido del material se evalúa como el peso de muestra retenido en cada malla dividido para la sumatoria de todos los pesos en las mallas de ensayo incluido el tamiz de fondo. A continuación el porcentaje retenido acumulado en cada malla será igual a la suma de todos los pesos retenidos desde la malla de abertura mayor hasta la malla sobre la cual se está efectuando el cálculo. Hecho esto el programa define el porcentaje pasante como el 100% de la muestra menos el porcentaje retenido acumulado hasta la malla en cuestión. El proceso de cálculo descrito puede observarse en la Figura 4.2.



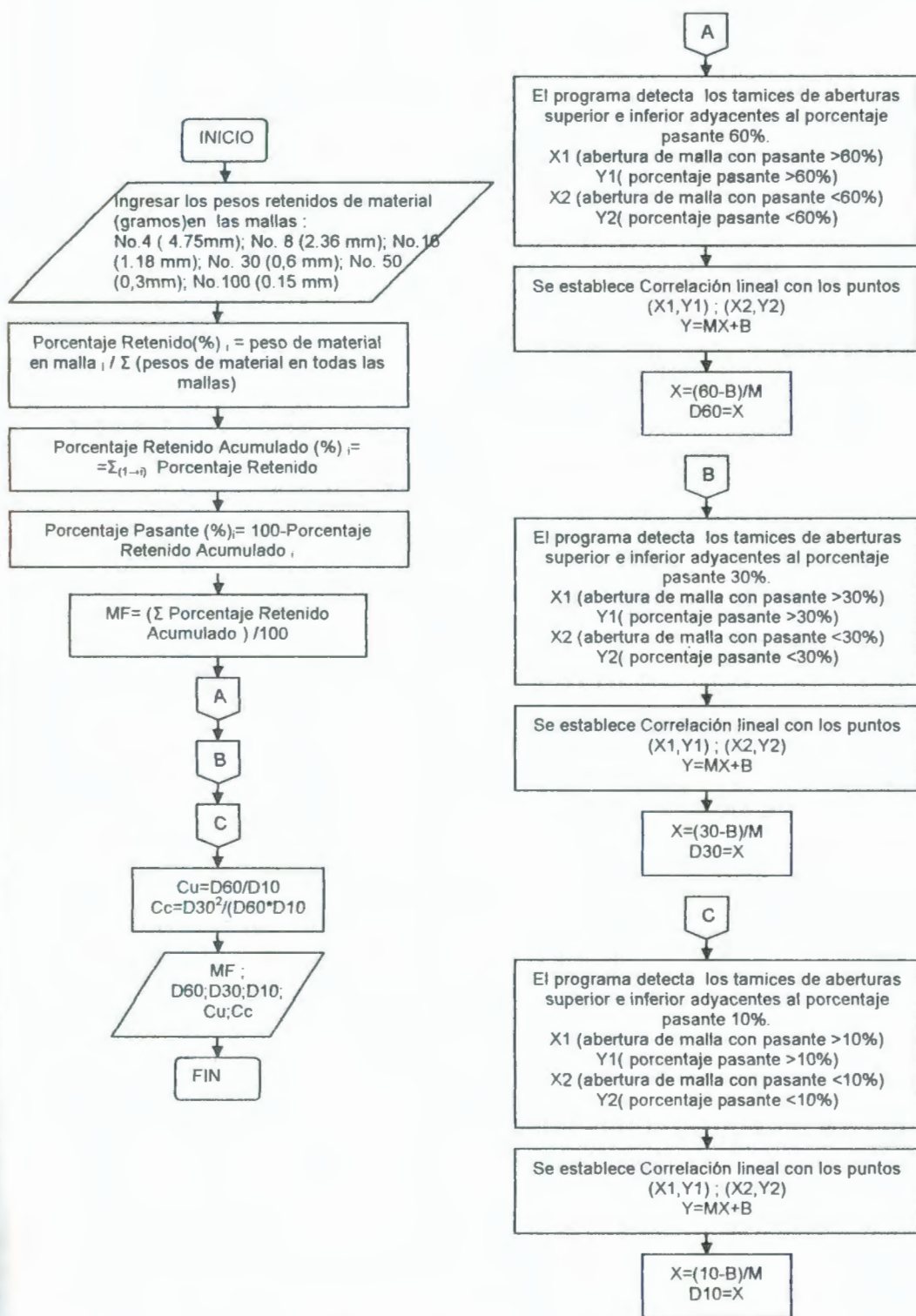


FIGURA 4.2. ALGORITMO UTILIZADO PARA EL CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE UN SUELO FINO

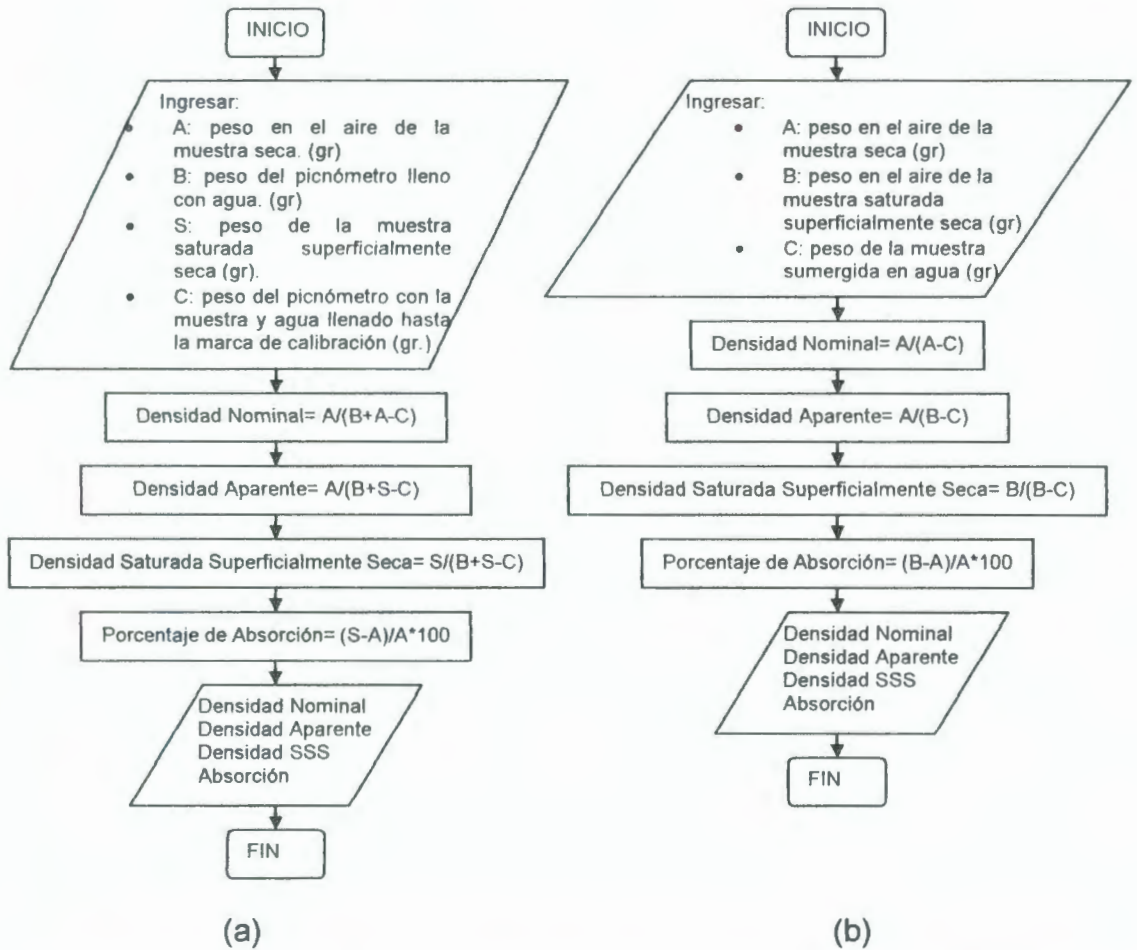
A continuación el programa efectuará el cálculo del módulo de finura del material, cabe destacar que para este proceso se toman únicamente los tamices de la serie estándar, osea aquellos cuyo tamaño de abertura sea igual a la mitad del tamiz antecesor. El programa posee también la capacidad de determinar los valores de diámetros efectivos al 10%, 30% y 60% de fracción pasante de material, estos se calculan interpolando el valor de la abertura de malla correspondiente al 60% (ó 10% ó 30%) a partir de las aberturas de tamiz con porcentajes pasantes adyacentes a dicho valor. Dichos parámetros sirven para la determinación de los Coeficientes de Uniformidad y Curvatura, de gran importancia al momento de clasificar suelos. La Figura 4.X muestra detalladamente el proceso descrito, debe considerarse que este algoritmo será utilizado también para la determinación de la distribución granulométrica de agregados gruesos, con la diferencia que los datos de ingreso incluirán también los pesos retenidos en las mallas 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2" y 3/8". El programa incluirá automáticamente las mallas que se encuentren sobre la serie estándar para la determinación del módulo de finura.

#### **4.1.3 Algoritmo para el cálculo de la Gravedad Específica de los sólidos del suelo en materiales gruesos y finos**

A pesar de que la determinación de la Gravedad Específica de un suelo se basa en el principio de flotación de Arquímedes, el proceso de ensayo difiere para materiales finos y gruesos, en el primero la determinación se realiza utilizando un picnómetro lleno con material y agua mientras que para suelos gruesos es necesaria la utilización de un recipiente de flotación para una cuba de malla en donde se coloca la muestra de ensayo. De esta forma los parámetros de entrada para ambos ensayos serán diferentes, el proceso de cálculo para estas pruebas puede observarse en la Figura 4.3

Como datos de entrada, en el caso de agregados finos, deberán ingresarse el peso en el aire de la muestra completamente seca, el peso del picnómetro a utilizarse una vez llenado con agua, también deberá ingresarse el peso de la muestra estando en su estado saturado y superficialmente seco, por último se pide el valor del peso del picnómetro conteniendo la muestra de suelo y el agua necesaria para completar el volumen hasta su marca de calibración. Todos los pesos arriba indicados deberán ingresarse en gramos.

Puede observarse en la Figura 4.3 las diferencias de cálculo entre ambos casos, finos y gruesos. Para este último los datos de entrada se refieren a los pesos del material seco, saturado superficialmente seco y de la muestra sumergida en la cuba de flotación, también deberán expresarse estos pesos en gramos.



**FIGURA 4.3, ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA, (a) SUELOS FINOS, (b) AGREGADOS GRUESOS**

#### 4.1.4 Algoritmo para la clasificación de suelos por los métodos SUCS y AASHTO

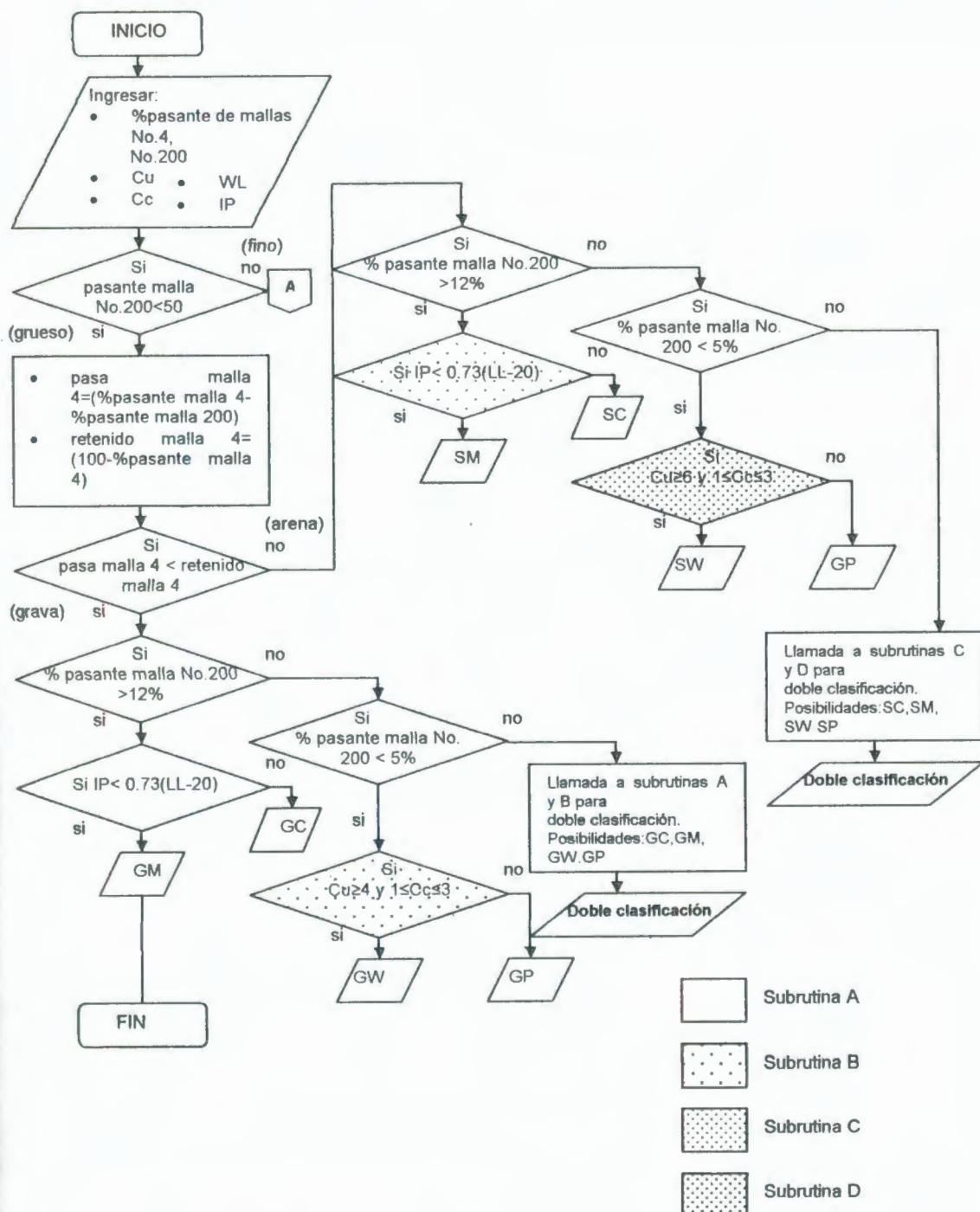
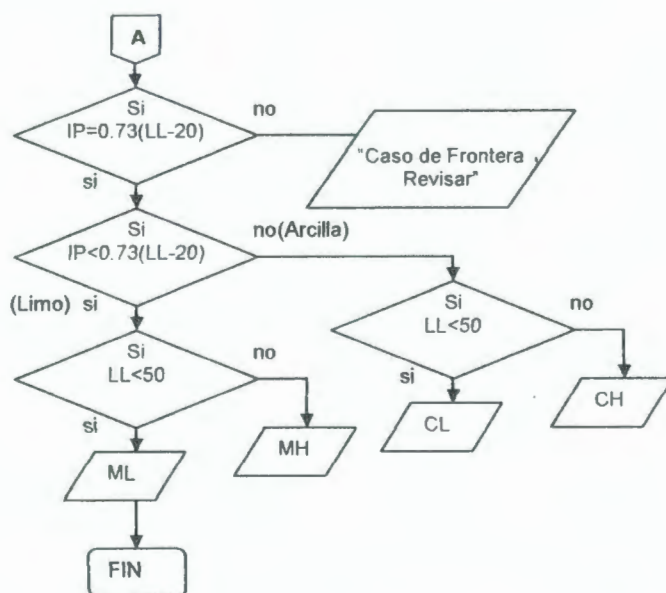


FIGURA 4.4 ALGORITMO UTILIZADO PARA EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

La Figura 4.5 muestra el algoritmo utilizado en el programa para la ejecución de la clasificación de suelos, en su componente del Sistema Unificado de Clasificación de „Suelos“ ; son indispensables para este proceso los parámetros de porcentaje pasante en las mallas No.4 y No. 200 así como los valores de Coeficiente de Uniformidad (Cu), Coeficiente de Curvatura (Cc), Límite Líquido (WL) e Índice de Plasticidad (IP) del suelo. Por motivos de espacio el algoritmo continúa en la Figura 4.5a partir del punto A.



**FIGURA 4.5** CONTINUACIÓN DE ALGORITMO PARA SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

El algoritmo descrito permite al usuario la posibilidad de clasificar suelos finos y gruesos. Para los suelos de partículas mayores a la Malla No. 200 (0.075 mm) el programa permite distinguir casos de hasta doble clasificación del material. En casos de partículas menores a dicho tamaño el programa solo

permite distinguir una sola caracterización, sin embargo los casos de frontera son detectados por el programa desplegando un mensaje de "Caso de Frontera", para que el usuario detecte la clasificación más adecuada para

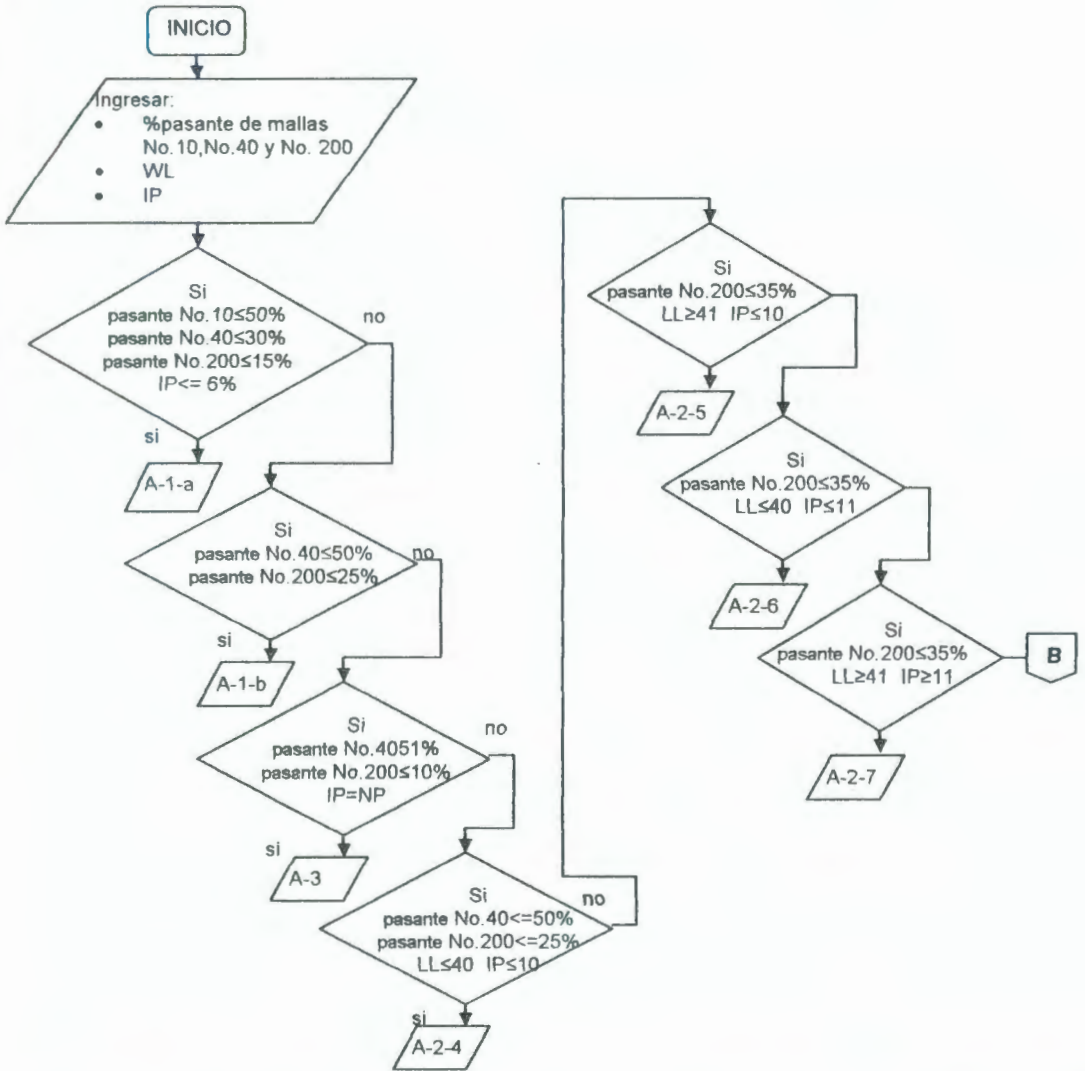


FIGURA 4.6 ALGORITMO UTILIZADO PARA EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO

el material.

Materiales orgánicos tampoco son detectados por el programa, si existe sospecha de contenidos considerables de estas partículas (mal olor, color negruzco), deberán hacerse dos tipos de límites de consistencia, uno con el material en condiciones naturales y el otro después de haberse secado totalmente durante 24 horas, si la variación supera un 25% se considerará que el suelo es orgánico.

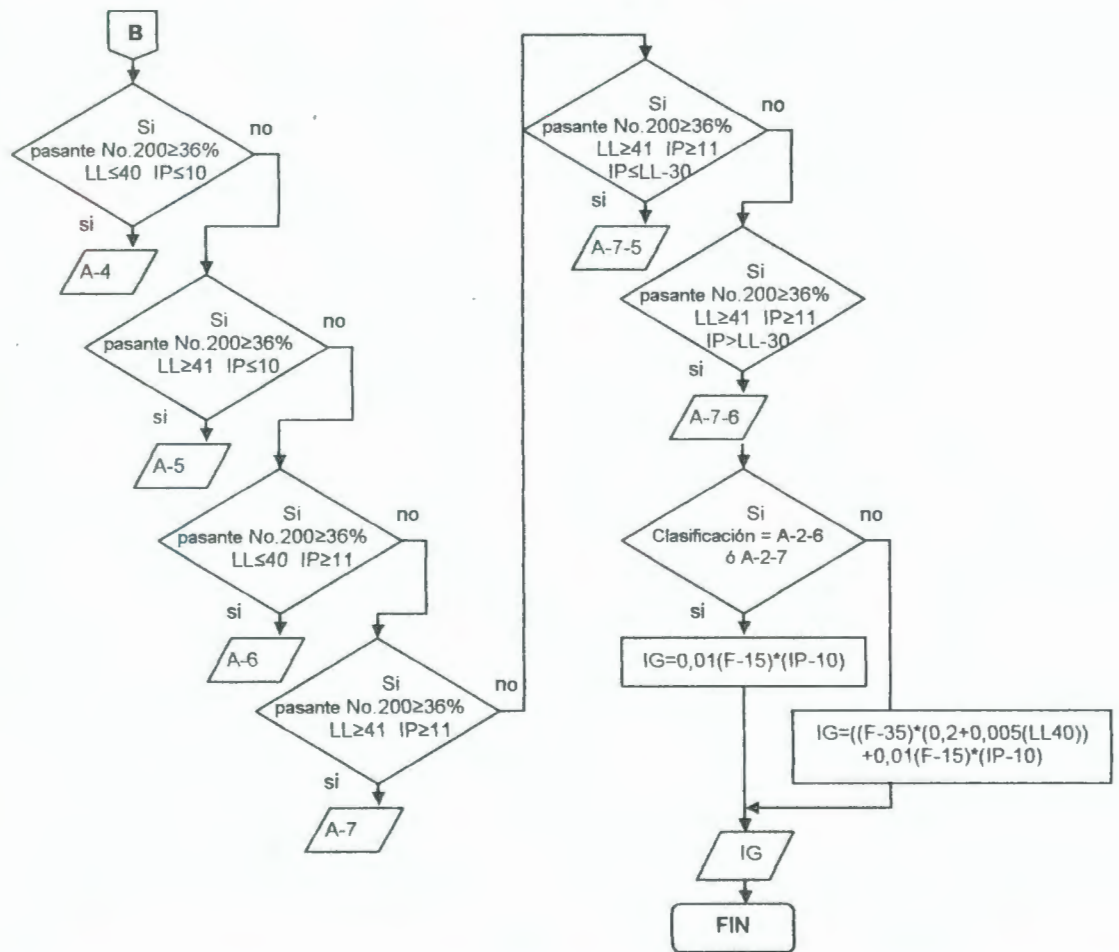


FIGURA 4.7 CONTINUACIÓN DE ALGORITMO UTILIZADO PARA EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO



Adicional a la clasificación del Sistema Unificado, el programa permite utilizar el método AASHTO como opción de caracterización del suelo, este método comúnmente utilizado en diseño de vías se ejecuta en forma de comprobación y eliminación, comenzando desde la caracterización A-1 para el mejor material hasta el A-7-6 para el suelo menos conveniente para construcción de carreteras. Este sistema comprueba requerimientos de granulometría e índices de consistencia particulares para cada clasificación adoptando como caracterización válida la primera de las cuales cumpla con todos los parámetros especificados.

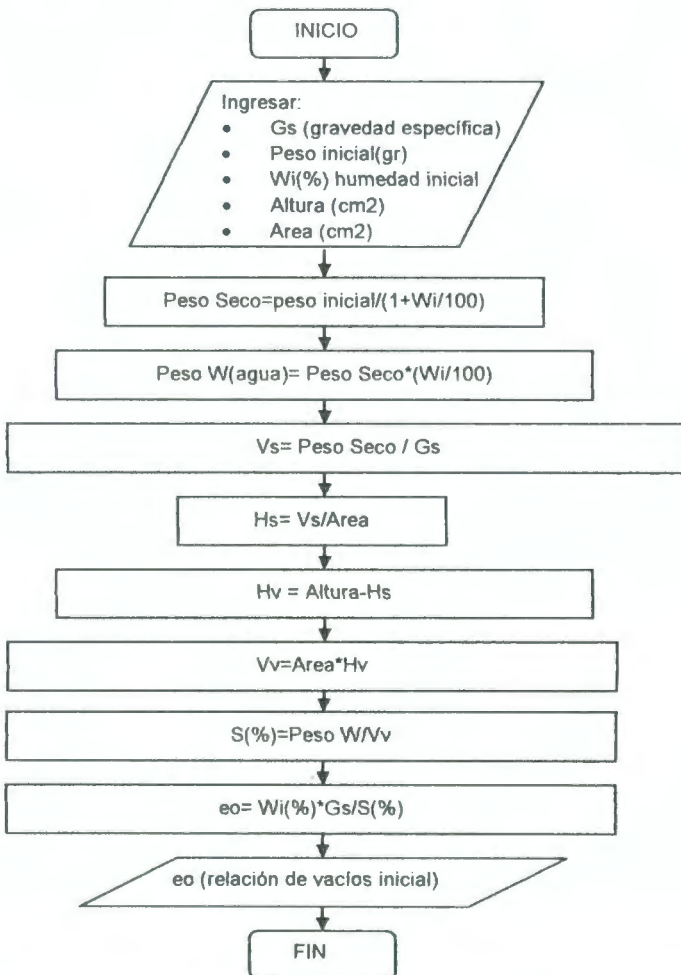
Una vez clasificado el material el programa calcula automáticamente el índice de grupo, parámetro que permite distinguir cualitativamente entre dos materiales con una misma clasificación, a mayor índice de grupo menos eficiente es su comportamiento como suelo para material de subrasantes.

#### **4.1.5 Algoritmo para el cálculo de los parámetros obtenidos del ensayo de Consolidación**

La gran cantidad de datos que se manejan en un ensayo de consolidación en suelos amerita una programación adecuada de sus cálculos; así mismo la existencia de pasos "manuales" para la determinación de la Presión de Pre-consolidación y el Índice de Compresibilidad de suelos será reemplazada por la programación propuesta en el siguiente algoritmo.



En una primera fase de ingreso de datos se deberá calcular el valor de la relación de vacíos inicial bajo la cual la probeta de suelo fue ensayada, se puede observar en la Figura 4.8 el algoritmo bajo el cual fue generado el cálculo, inicialmente se piden los valores de Gravedad Específica de los sólidos del suelo ( $G_s$ ), Humedad inicial de la muestra ( $W_i$ ), además del Area y Altura en centímetros cuadrados del anillo donde se coloca la muestra.



**FIGURA 4.8, ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE VACÍOS INICIAL EN EL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN**

Dentro del proceso de cálculo se utilizan variables adicionales para definir el cálculo completo, el peso  $W$  representa el peso del agua que contiene el material al inicio del ensayo;  $V_s$ , el volumen ocupado por los sólidos del suelo, en centímetros cúbicos;  $H_s$  la altura de dichos sólidos;  $H_v$  la altura de los vacíos dentro del material; previo al cálculo de la relación de vacíos ( $e_o$ ) se calcula el grado de saturación del material ( $S$ ).

Cada ciclo de carga del ensayo de consolidación irá acompañado de sus respectivos valores de deformación en intervalos de tiempo determinados, la siguiente fase del cálculo consiste en calcular cuanto varía la relación de vacíos para cada una de las lecturas tomadas para esto se empleará la ecuación  $e_i = e_o - (\Delta H / H_s)$  siendo  $\Delta H$  la variación de altura de la muestra obtenida como la diferencia entre lecturas consecutivas del dial de deformación y expresadas en cm. Así mismo el programa calculará la presión de compresión en el espécimen como la carga colocada expresada en kilogramos dividida para el área del anillo en centímetros cuadrados, a continuación esta carga se amplificará multiplicando la presión calculada por la relación de brazos de carga del consolidómetro.

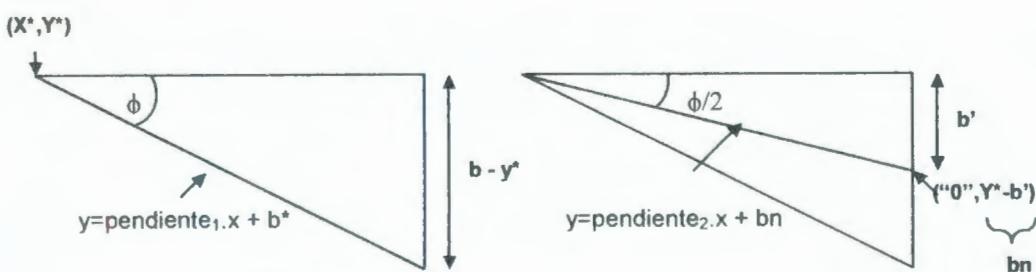
A continuación el programa calcula las relaciones de vacíos finales para cada uno de los procesos de carga y descarga, dichos valores constituirán los

datos de entrada para la siguiente fase del proceso de cálculo; la Figura 4.10 ilustra el algoritmo en cuestión cuyo objetivo será el de determinar la Presión de Preconsolidación así como el Índice de Compresibilidad del suelo. Al inicio el usuario deberá escoger que datos de su registro de relación de vacíos y presión utilizará para establecer las respectivas correlaciones. Primero se establece una correlación lineal entre los datos que se ubican sobre la rama virgen del gráfico (Figura 4.9, otro cap) seleccionando las casillas marcadas con L, así mismo se establece un polinomio de segundo grado con los datos seleccionados por medio de las casillas P; cabe destacar que al seleccionar un dato las variables  $L[i]$  ó  $P[i]$  toman el valor de 1.

Una vez establecidas las correlaciones anotadas, el programa pide el ingreso de la coordenada  $X^*$  y  $Y^*$ , las mismas que representan al punto de mínima curvatura de la rama de recompresión(tramo curvo) de la curva relación de vacíos vs presión. A continuación el programa calcula el valor de la coordenada  $x'$  que se ubica en la coordenada  $Y^*$  pero sobre la parábola determinada anteriormente. El ángulo que la tangente a la curva forma con la horizontal, constituye un parámetro fundamental, para calcularlo el programa determina el valor de la derivada de la parábola, evaluada sobre la coordenada  $(x', Y^*)$  siendo este número igual a la pendiente de la recta que pasa por dicho punto. Los pasos siguientes ejecutan la bisección del ángulo formado entre la tangente determinada el eje horizontal, una vez

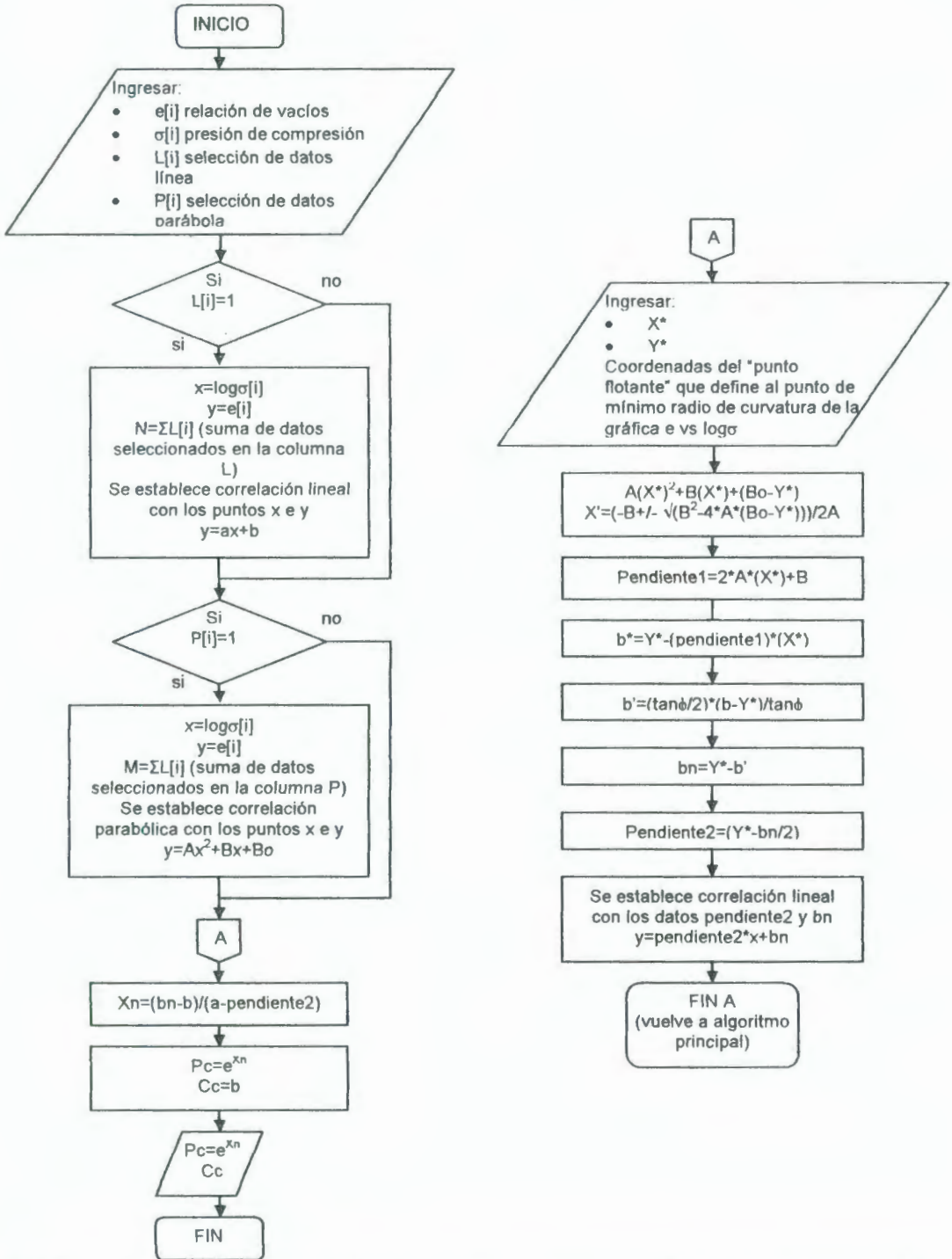
determinada esta bisección el programa obtiene la ecuación de la recta que cruza por la tangente a la rama de recompresión del gráfico y por la bisección del ángulo formado. Un esquema del cálculo detallado se observa en la Figura 4.9.

Una vez obtenidas estas dos ecuaciones de la recta: la tangente a la rama de recompresión (cruza por el ángulo bisecado) y la línea sobre la rama virgen (tramo recto del gráfico) el programa intercepta ambas relaciones, calculando así la presión de preconsolidación (aparente) del suelo ensayado, como los datos de presión corresponden a sus logaritmos en base 10; el



**FIGURA 4.9** ESQUEMA DEL CÁLCULO DE LA ECUACIÓN DE LA RECTA A PARTIR DEL ÁNGULO BISECADO

programa eleva el número 10 al valor de la intersección calculada, obteniendo de esta forma el valor real de la presión de preconsolidación en kilogramos por centímetro cuadrado. El algoritmo que describe todo el procedimiento de cálculo de esta fase se muestra en la Figura 4.10.



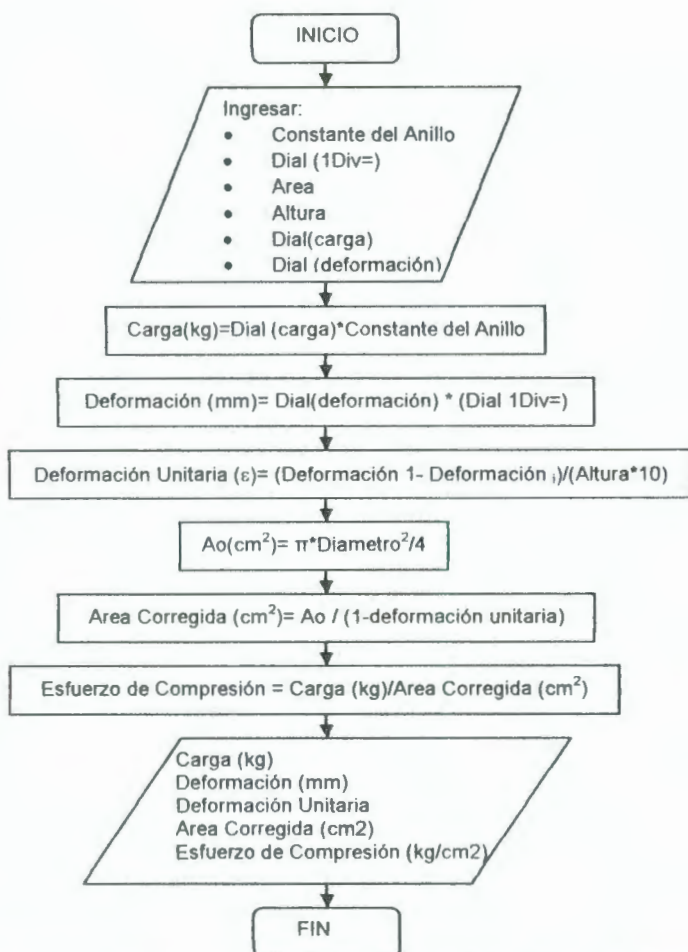
**FIGURA 4.10 ALGORITMO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN DE PRECONSOLIDACIÓN Y EL ÍNDICE DE COMPRESIBILIDAD DE UN SUELO EN EL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN**

#### 4.1.6 Algoritmo para el cálculo de los parámetros obtenidos del ensayo de Compresión Inconfinada

El ensayo de compresión inconfinada constituye una variante del ensayo triaxial en suelos, omitiendo la aplicación del esfuerzo de cámara, generando un estado uniaxial de esfuerzos.

La Figura 4.11 muestra el algoritmo de cálculo aplicado a cada uno de los registros ingresados al programa. Una vez otorgados los cálculos mostrados en la salida del proceso, la función max de excel escogerá el mayor valor de carga producido, que será tomado como el esfuerzo "qu" que soporta el suelo.

En el algoritmo puede observarse que los dos primeros pasos corresponden al cálculo de la Carga ejercida sobre el espécimen, y su respectiva deformación, ambos valores se obtienen de la multiplicación de la lectura directa en sus diales por la constante respectiva. Posteriormente se calculan la deformación unitaria y el área inicial de la muestra, ambos se utilizan en el cálculo del área corregida de esta última. Producto de las deformaciones en la probeta, el esfuerzo de Compresión en cada instante de la prueba se calcula sobre el área corregida de la muestra y no sobre su área inicial.



**FIGURA 4.11, ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DEL ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN SUELOS**

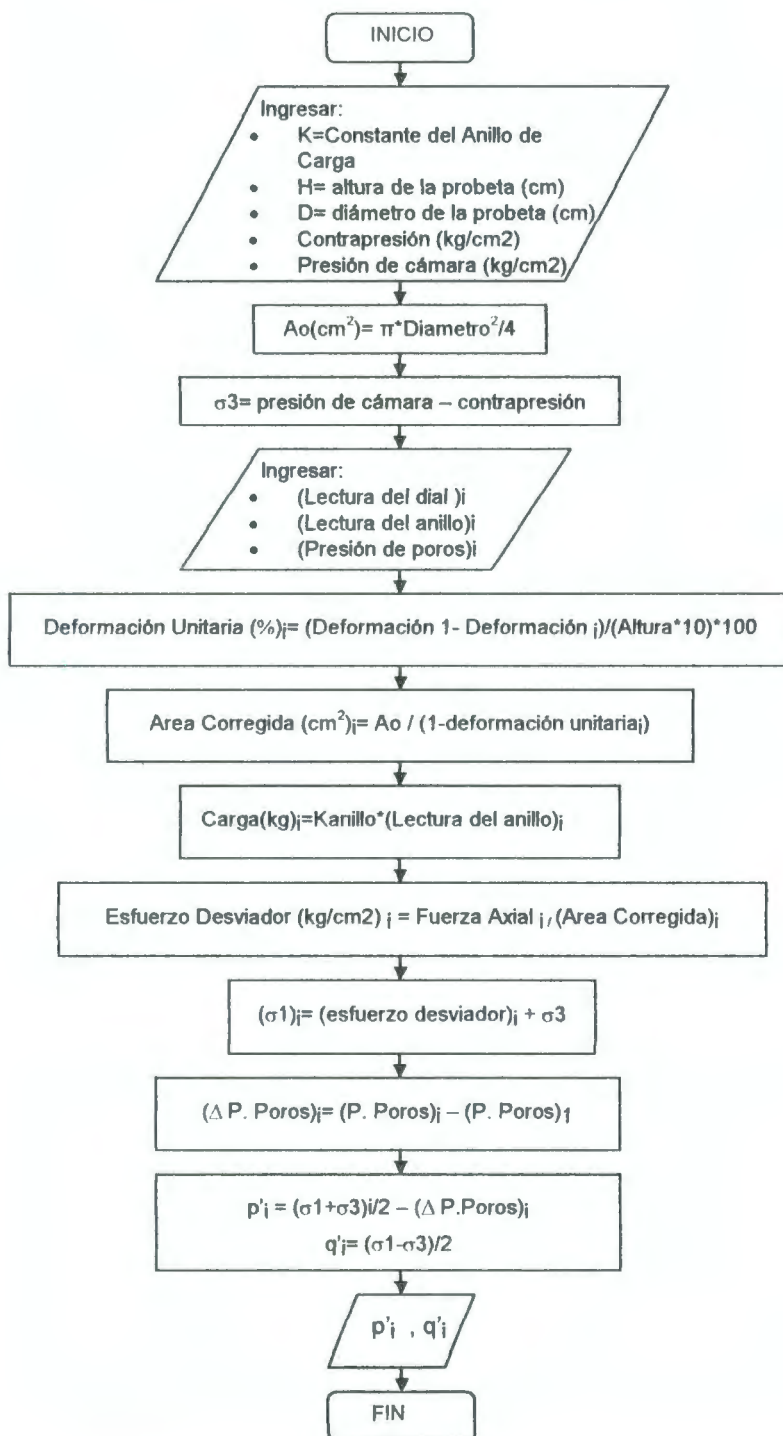
Un error en la lectura o ingreso de los datos de diámetro y diales producirán errores no solo en las deformaciones calculadas si no que también generarán un valor incorrecto de resistencia a compresión del suelo por lo cual es labor del usuario del programa tomar correctamente los datos de carga y deformación del espécimen.



#### 4.1.7 Algoritmo para la determinación de los parámetros de resistencia a cortante a partir del ensayo Triaxial

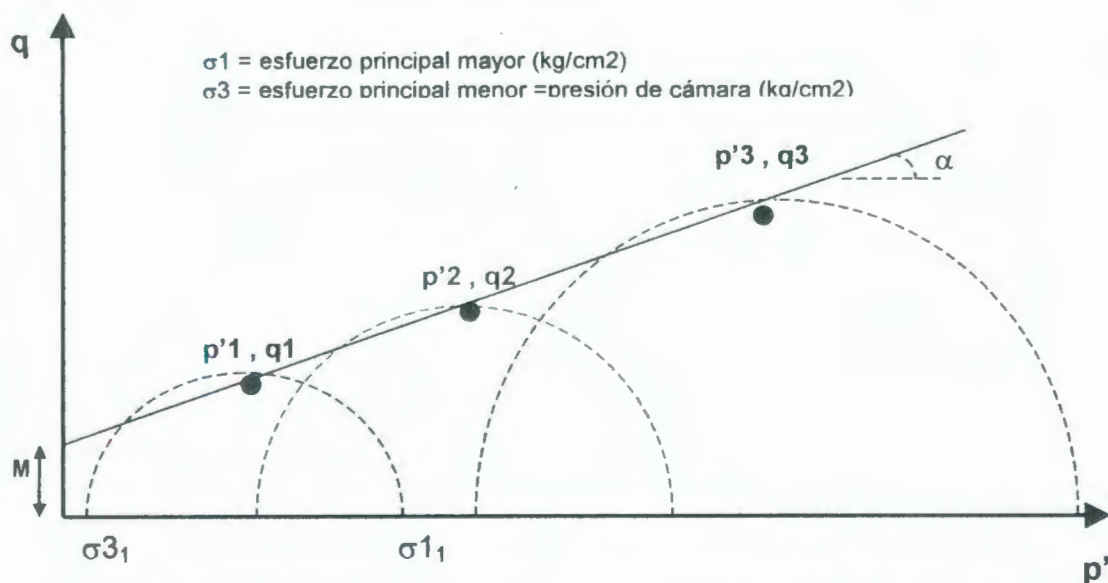
Antiguamente los datos de resistencia a cortante obtenidos a partir del ensayo triaxial eran calculados de forma totalmente manual. Los círculos de Mohr resultantes en la falla del espécimen eran dibujados sobre un eje de coordenadas de esfuerzo normal, vs esfuerzo cortante para posteriormente trazar una tangente a sus puntos máximos y con graduador y regla proceder a "medir" el ángulo de fricción y la cohesión resultantes; las incertidumbres en el cálculo de dichos parámetros serán eliminadas en este programa gracias a la utilización de diagramas de trayectorias de esfuerzos  $p'$  vs  $q'$ .

En la Figura 4.12 puede observarse el algoritmo utilizado para el cálculo de los valores de  $p'$  y  $q'$  en un ensayo consolidado no drenado (CU). Para cada probeta ensayada, se deberán ingresar los valores de la confección de la probeta, la constante del anillo de carga y las presiones utilizadas tanto para la saturación del espécimen (contrapresión) como la otorgada a la cámara para llevar la muestra hasta la falla (presión de cámara). A continuación se calcularán el área inicial de la muestra de prueba y la presión de cámara efectiva a utilizarse en todos los cálculos posteriores. A continuación el programa desarrollará el algoritmo descrito sobre cada uno de los puntos de ensayo ingresados, puede verse en la figura el proceso completo de cálculo



**FIGURA 4.12, ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DE LOS VALORES DE P Y Q PARA LA TRAYECTORIA DE TENSIONES EN EL ENSAYO TRIAXIAL CIJ**

cabe destacar que al final los parámetros de  $p$  (centro del Círculo de Mohr) y  $q$  (mitad del diámetro del Círculo de Mohr) serán los efectivos ya que se descontará en  $p$  la variación de presión de poros desarrollada en la probeta, ambas coordenadas se muestran en la Figura 4.13.



**FIGURA 4.13 ESQUEMA DEL DIAGRAMA DE MOHR Y LAS COORDENADAS P, Q EN LA FALLA**

Una vez que los cálculos detallados sean efectuados para cada probeta ensayada el programa pide al usuario la selección de la deformación a cuyo nivel se tomarán los valores de  $p'$  y  $q$  a utilizarse sobre la correlación lineal para el esfuerzo cortante del suelo, con el intercepto ( $M$ ) y la pendiente ( $\alpha$ ) de dicha recta se calcularán los valores del ángulo de fricción y cohesión del suelo ensayado, para el efecto se utilizarán las fórmulas propuestas por William Lambe:

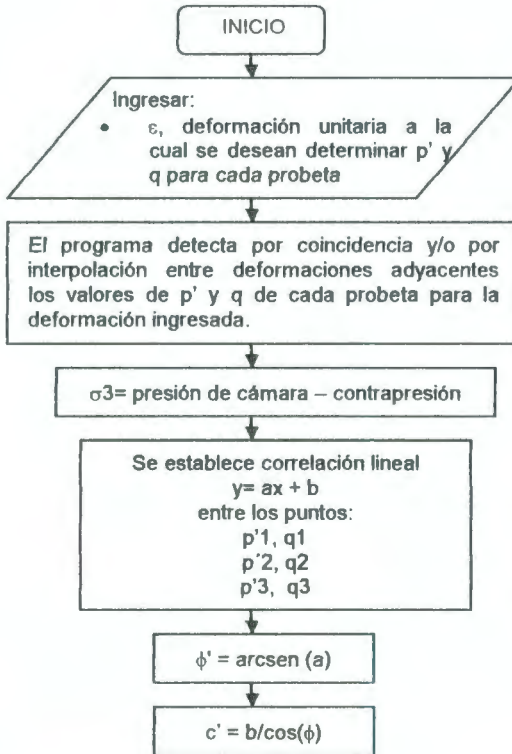
Angulo de fricción (grados):

$$\text{sen}(\phi) = \tan(\alpha)$$

Cohesión (kg/cm<sup>2</sup>):

$$c = M/\cos(\phi)$$

El detalle de dichos cálculos puede observarse en la Figura 4.14.



**FIGURA 4.14 ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DEL ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN DEL SUELO ENSAYADO**



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

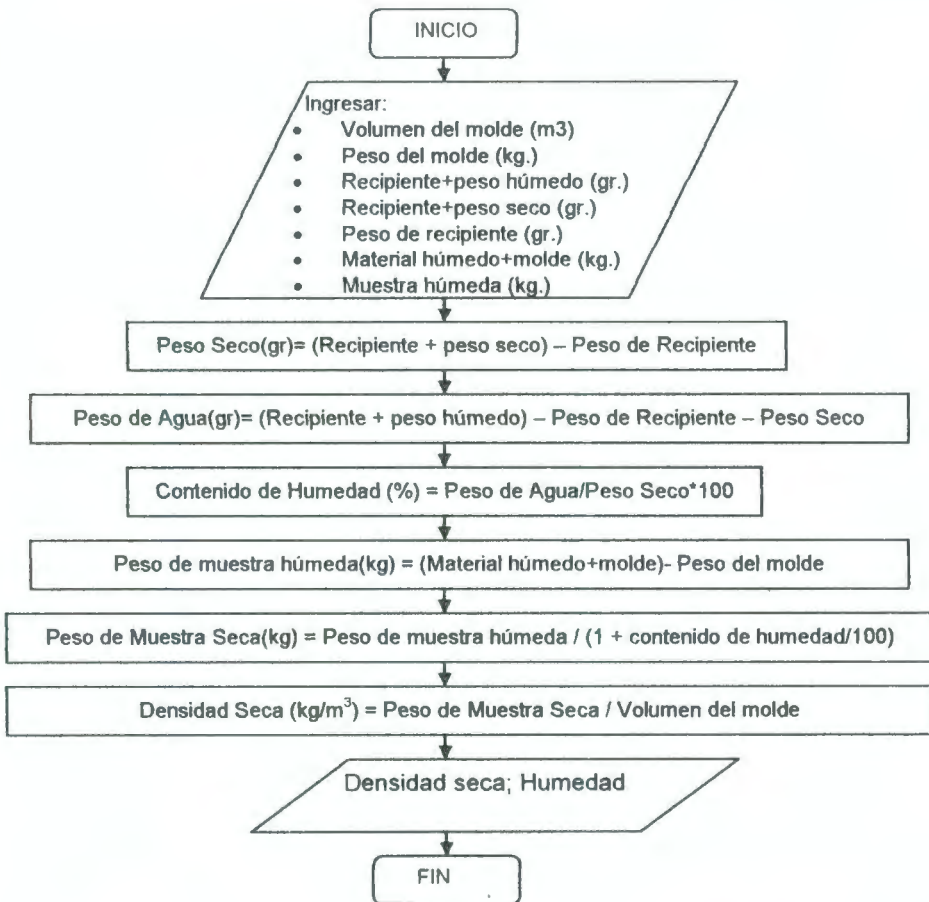
Como se destacó previamente los algoritmos mostrados en las figuras 4.12 y 4.14 servirán para el cálculo final del ángulo de fricción y cohesión en

función de los esfuerzos efectivos en las probetas de suelo ensayadas en una prueba consolidada no drenada. Para las pruebas no consolidada-no drenada y consolidada-drenada se utilizará básicamente el mismo algoritmo, con la notable diferencia que no se harán registros de variación de presión de poros durante el ensayo, determinando así los parámetros de resistencia cortante en función de los esfuerzos totales producidos en la probeta (sin descontar la presión de poros).

#### **4.1.8 Algoritmo para la determinación de la humedad óptima y densidad seca máxima de un suelo por medio de los ensayos de compactación Proctor Estándar o Modificado**

Los ensayos de Compactación Proctor Estándar y Modificado tienen como objetivo determinar los parámetros óptimos bajo los cuales un suelo puede ser compactado para su uso como material en obras civiles. A pesar de que las energías de compactación, el número de capas y el volumen de los moldes utilizados son diferentes para ambos casos, las variables para el cálculo son las mismas, por esta razón se utiliza el mismo programa para ambos casos, dejando las opciones necesarias para que el ingeniero de laboratorio pueda especificar bajo cual de los tipos de prueba obtuvo sus resultados.

La Figura 4.15 muestra el algoritmo para el cálculo de la humedad óptima y la densidad máxima a partir de los datos del ensayo de compactación Proctor, ya sea su tipo Estandar o Modificado; este procedimiento se aplicará a cada uno de los puntos ingresados como resultados de la prueba, se aceptará un número máximo de 5 ingresos.



**FIGURA 4.15, ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA A PARTIR DE DATOS DE COMPACTACIÓN PROCTOR**

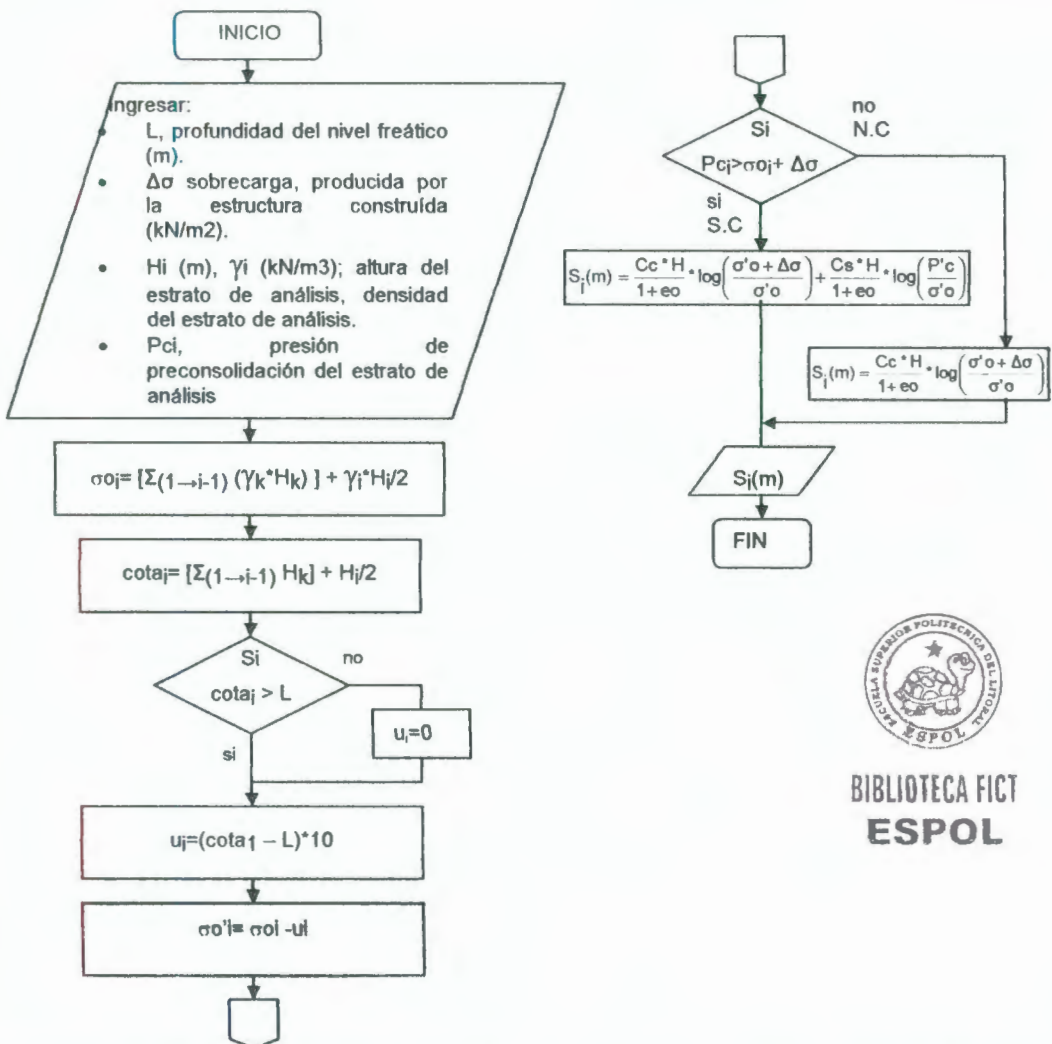
La Figura 4.15 muestra al inicio los datos que el usuario debe ingresar para lograr calcular la densidad seca y el contenido de humedad de un punto de ensayo. El volumen y peso del molde en el cual se compacta la muestra deberá ser ingresado descontando el collarín y la base del mismo. Los datos de recipiente + peso seco, recipiente+ peso húmedo y peso de recipiente se refieren a una porción de muestra de la masa inicial moldeada y servirán para calcular el contenido de humedad al moldearse. Los pesos de material húmedo + molde y material húmedo son de la muestra completa una vez apisonada dentro del molde. Una vez calculada la densidad y la humedad para cada registro de ensayo, se genera un gráfico polinómico de tercer grado, utilizando excel, el usuario únicamente deberá copiar los coeficientes de la ecuación mostrada en las casillas señaladas (más detalles en la sección 4.2.8) y seleccionar del gráfico el contenido de humedad óptima observado, así utilizando este último valor y la ecuación de polinomio el programa presentará el valor de la densidad máxima obtenida.

#### **4.1.9 Algoritmo para el cálculo de asentamientos por consolidación primaria en suelos arcillosos**

Partiendo del ensayo de probetas en una prueba edométrica, se determinan parámetros útiles para el estudio de la consolidación de estratos de suelo sometidos a cargas externas. Así, valores como presión de preconsolidación

( $P_c$ ), Índice de compresibilidad ( $C_c$ ) , relación de vacíos inicial ( $e_o$ ) constituyen los datos a ingresar para poder estimar la altura que una estructura se asentará como producto de la consolidación primaria de los estratos subyacentes.

La Figura 4.16 presenta el algoritmo de cálculo utilizado para el desarrollo



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

FIGURA 4.16 ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DEL ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN .



del programa para la determinación del asentamiento por consolidación en suelos arcillosos. Se admitirá un máximo de 5 estratos para el análisis, pudiendo obviarse el cálculo de los asentamientos en cualquier estrato intermedio que no sea arcilloso. El primer cálculo será el de el esfuerzo geostático hasta la mitad del estrato de análisis, se sumarán los productos de la densidad saturada del material por la altura de cada estrato desde la superficie del terreno hasta la mitad del estrato de análisis. A continuación se calcula la "cota i", siendo esta la cota del punto medio del estrato de análisis y se comparará con la profundidad del nivel freático para determinar la presión de poros en dicho punto. Al determinar la presión de poros en cada punto de análisis el programa calcula para cada uno el esfuerzo geostático efectivo (restando la presión de poros producida). Para finalizar el cálculo se verificará si las presiones geostáticas hasta el punto de cálculo sumadas a la sobrecarga considerada superan a la presión de preconsolidación (de ser el caso) con objeto de determinar la contribución de cada rama de la curva de consolidación al proceso total. El programa otorgará el valor final de la consolidación expresado en metros.

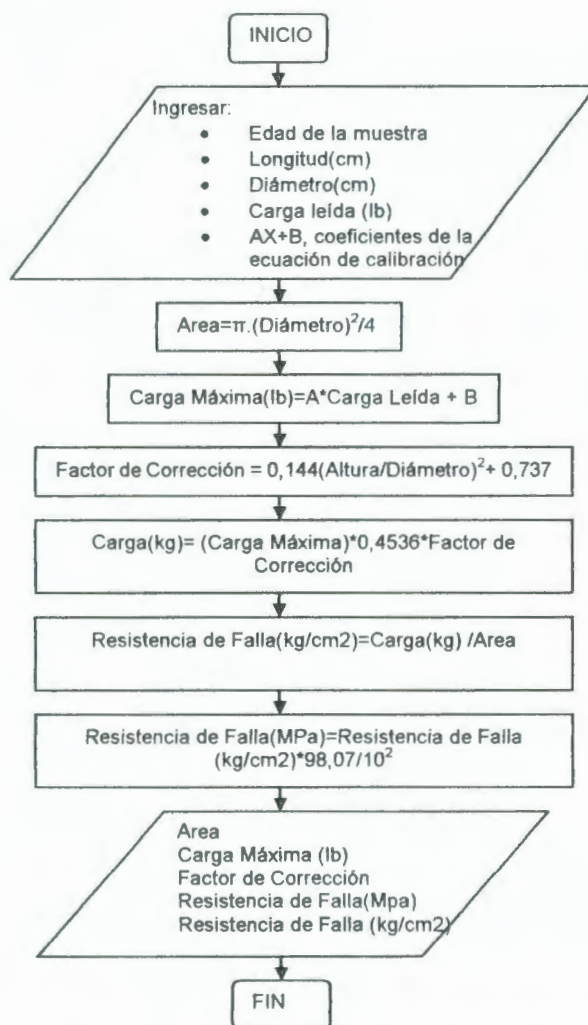
#### 4.1.10 Algoritmo para el cálculo de la resistencia a compresión axial de cilindros de hormigón.

El cálculo de la resistencia a compresión de cilindros de Hormigón puede considerarse como un procedimiento numéricamente sencillo, sin embargo las características de los especímenes de prueba así como el estado en el que se encuentra la prensa utilizada para la ejecución de las pruebas pueden otorgar una amplia dispersión de los resultados, así como una estimación errónea de la carga máxima que el material puede soportar bajo compresión axial.

La Figura 4.17 muestra el algoritmo utilizado para la elaboración del programa, los datos de edad, longitud y diámetro del espécimen son necesarios para el cálculo, así mismo la carga leída será llevada hasta carga real si es que la prensa hidráulica ha sido sometida a una calibración por lo cual los coeficientes de la ecuación de corrección también forman parte de los parámetros de entrada para el cálculo.

Los coeficientes 0.144 y 0.737 utilizados en el cálculo del factor de corrección adecuado para la relación Altura/Diámetro de la muestra fueron calculados en base a la ecuación propuesta en el procedimiento de ejecución de la prueba en el capítulo 4, sección 1.1. La carga de rotura será expresada

en kilogramos, multiplicando la carga máxima en libras por el coeficiente de conversión de unidades 0,4536 . Finalmente para poder expresar el esfuerzo de falla del espécimen en Mega Pascales, la resistencia de falla obtenida en kilos por centímetro cuadrado será multiplicada por 9.807 y dividida para 100.



**FIGURA 4.17, ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE CILINDROS DE HORMIGÓN**

Como último paso el programa muestra automáticamente los valores calculados de Area en centímetros cuadrados, Carga Máxima en libras, Factor de Corrección y Resistencia de Falla tanto en MegaPascales como en Kilogramos por centímetro cuadrado.

#### 4.1.11 Algoritmo para la dosificación de mezclas de hormigón, según el método ACI.

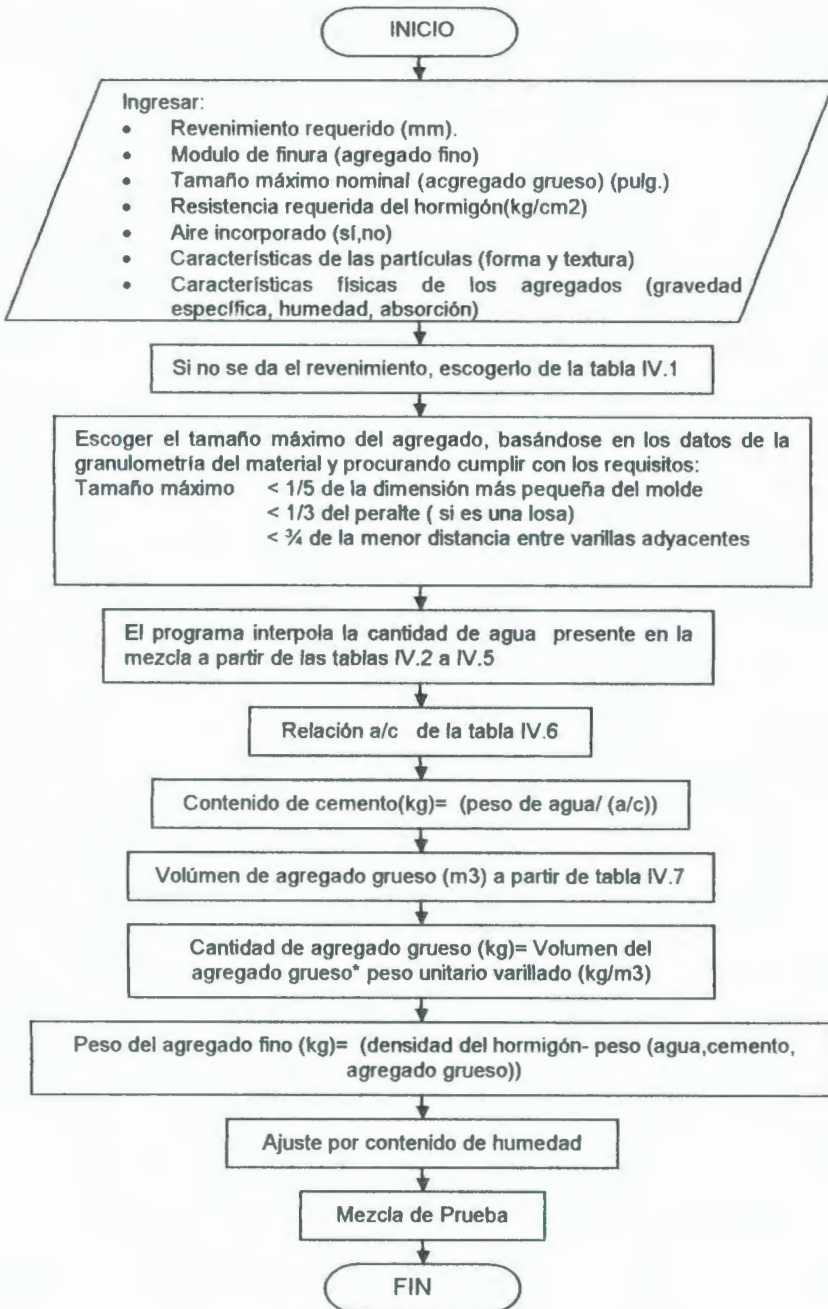
El procedimiento de dosificación de hormigones por el método ACI brinda la posibilidad de determinar las proporciones de los materiales necesarios para producir un metro cúbico de concreto, combinando la interpolación de variables a partir de tablas preestablecidas y el cálculo de parámetros adicionales, el proceso logra ser sencillo y práctico.

La Figura 4.18 describe el procedimiento de cálculo desarrollado en el programa , al inicio se deberá ingresar el valor del revenimiento deseado para la mezcla, si no se especifica deberá escogérselo de la tabla IV.1.

**TABLA IV.1 REVENIMIENTOS RECOMENDADOS**

Consistencia	Revenimiento (mm)	Tipo de Construcción
Seca	0 - 25	Prefabricados de alta resistencia
Semi-Seca	25 - 50	Pavimentos de gran espesor
Plástica	50 - 100	Losas, columnas, muros, vigas
Blanda	100 - 150	Secciones con congestión de armaduras
Fluída	150 ó más	Pilotaje con tubo tremie

Deberá especificarse el tamaño máximo nominal del agregado grueso a utilizarse en la mezcla, el usuario deberá verificar previamente si cumple con los requerimientos anotados en la Figura 4.18



**FIGURA 4.18 ALGORITMO PARA LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES**

Fuente: Concreto Reforzado, Nawy

El algoritmo mostrado en la Figura 4.18 muestra de manera clara el proceso completo para la dosificación, las tablas IV.2 a IV.5 para la estimación del agua de mezclado fueron obtenidas del Instituto Colombiano del Concreto,

**TABLA IV.2 AGUA DE MEZCLADO , EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO Y EL ASENTAMIENTO REQUERIDO (FORMA REDONDEADA Y TEXTURA LISA, SIN AIRE INCLUIDO).**

		TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO (mm)								
		1	9,51	12,7	19	25,4	38,1	50,8	64	76,1
Asentamiento (mm)	0	213	185	171	154	144	136	129	123	
	25	218	192	177	161	150	142	134	128	
	50	222	197	183	167	155	146	138	132	
	75	226	202	187	172	160	150	141	136	
	100	229	205	191	176	164	154	144	139	
	125	231	208	194	179	168	156	146	141	
	150	233	212	195	182	172	159	150	143	
	175	237	216	200	187	176	165	156	148	
	200	244	222	206	195	182	171	162	154	

**TABLA IV.3 AGUA DE MEZCLADO , EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO Y EL ASENTAMIENTO REQUERIDO (FORMA ANGULAR Y TEXTURA RUGOSA, SIN AIRE INCLUIDO).**

		TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO (mm)								
		9,51	12,7	19	25,4	38,1	50,8	64	76,1	
Asentamiento (mm)	0	223	201	186	171	158	147	141	132	
	25	231	208	194	178	164	154	147	138	
	50	236	214	199	183	170	159	151	144	
	75	241	218	203	188	175	164	156	148	
	100	244	221	207	192	179	168	159	151	
	125	247	225	210	196	183	172	162	153	
	150	251	230	214	200	187	176	165	157	
	175	256	235	218	205	192	181	170	163	
	200	260	240	224	210	197	186	176	168	

Las tablas restantes provienen del procedimiento de diseño ACI , mostradas en el libro "Tecnología del Concreto" del Ing. Flavio Abanto (Editorial San Marcos, Perú).

**TABLA IV.4 AGUA DE MEZCLADO , EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO Y EL ASENTAMIENTO REQUERIDO (FORMA REDONDEADA Y TEXTURA LISA, CON AIRE INCLUIDO).**

		TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO (mm)								
		9.51	12.7	19	25.4	38.1	50.8	64	76.1	
Asentamiento (mm)	0	188	161	151	134	129	121	119	113	
	25	193	167	157	141	135	127	124	117	
	50	197	172	163	147	140	131	128	122	
	75	200	176	167	152	145	135	132	125	
	100	203	179	169	155	148	137	134	128	
	125	205	183	172	158	151	140	137	130	
	150	208	188	176	162	155	144	141	134	
	175	213	194	181	167	161	150	146	139	
	200	219	201	186	174	167	156	152	144	

**TABLA IV.5 AGUA DE MEZCLADO , EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO Y EL ASENTAMIENTO REQUERIDO (FORMA ANGULAR Y TEXTURA RUGOSA, CON AIRE INCLUIDO).**

		TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO (mm)								
		9.51	12.7	19	25.4	38.1	50.8	64	76.1	
Asentamiento (mm)	0	198	176	166	152	143	132	130	122	
	25	206	183	174	158	149	138	136	128	
	50	211	189	179	164	155	144	142	134	
	75	216	193	183	169	159	149	146	138	
	100	219	196	186	172	163	152	150	141	
	125	222	200	190	176	167	156	153	144	
	150	226	205	194	180	171	161	157	148	
	175	230	210	199	185	177	166	162	153	
	200	235	215	204	190	182	171	168	158	

TABLA IV.6 RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN FUNCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN. (s.a sin aire incluido, c.a. con aire incluido).

f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Agua/cemento	
	S.A.	C.A.
350	0,48	0,4
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,7	0,61
150	0,8	0,71

TABLA IV.7 VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO PARA UNA MEZCLA DE HORMIGÓN, EN FUNCIÓN DEL MÓDULO DE FINURA DE LA ARENA Y EL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO

Tamaño Nominal del Agregado Grueso (mm)		Módulo de Finura del Agregado Fino			
		2,40	2,60	2,80	3,00
9,51		0,50	0,48	0,46	0,44
12,7		0,59	0,57	0,55	0,53
19		0,66	0,64	0,62	0,60
25,4		0,71	0,69	0,67	0,65
38,1		0,75	0,73	0,71	0,69
50,8		0,78	0,76	0,74	0,72
64		0,82	0,80	0,78	0,76
76,1		0,82	0,80	0,78	0,76



## 4.2 Manual de Ayuda para el Usuario del Programa

### 4.2.1 Programa para la determinación de los límites de Atterberg

El Cálculo de los límites de Atterberg se simplifica ventajosamente mediante la utilización de este programa, como se puede apreciar en la Figura 4.19 el ingreso de datos se hace en el primer formulario. Todos los valores que deben ser ingresados por el usuario se encuentran marcados con fondo gris y letras blancas, las demás celdas mostradas serán los cálculos generados automáticamente por el programa y su contenido estará protegido para evitar cualquier modificación de las fórmulas de calculo.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
Ing. Raul Maruri Diaz

ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LÍMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO  
Ingreso de Datos

Fecha

PROYECTO					
PERFORACIÓN					
MUESTRA					
PROFUNDIDAD					
CALCULADO POR					
VERIFICADO POR					
OBSERVACIONES					

DATOS PARA LÍMITE LIQUIDO

	1	2	3	4	5	6
Número del Recipiente						
Recipiente + peso húmedo						
Recipiente + peso húmedo						
Peso del recipiente						
Número de Golpes						
Humedad	36.36	32.79	30.91	28.79	30.65	

DATOS PARA LÍMITE PLÁSTICO

	1	2	3	4	5	6
Número del Recipiente						
Recipiente + peso húmedo						
Recipiente + peso húmedo						
Peso del recipiente						
Humedad	21.62	22.22	21.43			

INGRESO DE DATOS / REPORTE /

FIGURA 4.19 FORMULARIO DE INGRESO DE DATOS PARA CÁLCULO DE LÍMITES DE ATTERBERG



Se encuentra preestablecido que el programa admita un máximo de 6 puntos de ensayo para la determinación de los valores de límite líquido y plástico, en caso de emplearse un número menor de datos se recomienda al usuario vaciar completamente cualquier contenido que no vaya a intervenir en los cálculos.

El programa cargará automáticamente los datos ingresados dentro del formulario "Reporte", en donde la única celda editable por el usuario será la correspondiente a los comentarios acerca del ensayo efectuado. El valor del límite líquido se mostrará automáticamente y corresponderá al valor de la humedad correspondiente a los 25 golpes de ensayo evaluados sobre la correlación lineal de los puntos de humedad y número de golpes. Asimismo se mostrará el límite plástico del suelo ensayado como el promedio de los contenidos de humedad ensayados para dicha prueba. Una vista completa del reporte generado puede observarse en el Anexo 8.

#### **4.2.2 Programa para el cálculo de la distribución granulométrica de suelos finos y gruesos**

La Figura 4.20 muestra el formulario de ingreso de datos para el ensayo granulométrico en el caso de suelos finos. Los datos a ser ingresados por el usuario serán únicamente los marcados en gris con letras blancas. Cabe

destacar que los pesos de las distintas fracciones del material ensayado deberán ser ingresados en gramos. Si se omite alguno de los tamices para el ensayo, el usuario deberá borrar cualquier valor que se encuentre ocupando la celda en cuestión.

2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9



ESPOL  
ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DEL LITORAL

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA**

**DE MATERIALES**

"Ing. Raul Maruri Diaz"

**GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO**

Ingreso de Datos

10 PROYECTO		Fecha
11 MUESTRA		
12 CALCULADO POR		
13 VERIFICADO POR		
14 ENSAYADO POR		

Abertura de Tamices				Peso Retenido (gr.)
19 3"	75	mm		
20 2 1/2"	63	mm		
21 2"	50	mm		
22 1 1/2"	37,5	mm		
23 1"	25	mm		
24 3/4"	19	mm		
25 1/2"	12,5	mm		
26 3/8"	9,5	mm		
27 No. 4	4,75	mm		
28 No. 8	2,36	mm		
29 No. 15	1,18	mm		
30 No. 30	0,6	mm		
31 No. 50	0,3	mm		
32 No.100	0,15	mm		
33 Fondo				

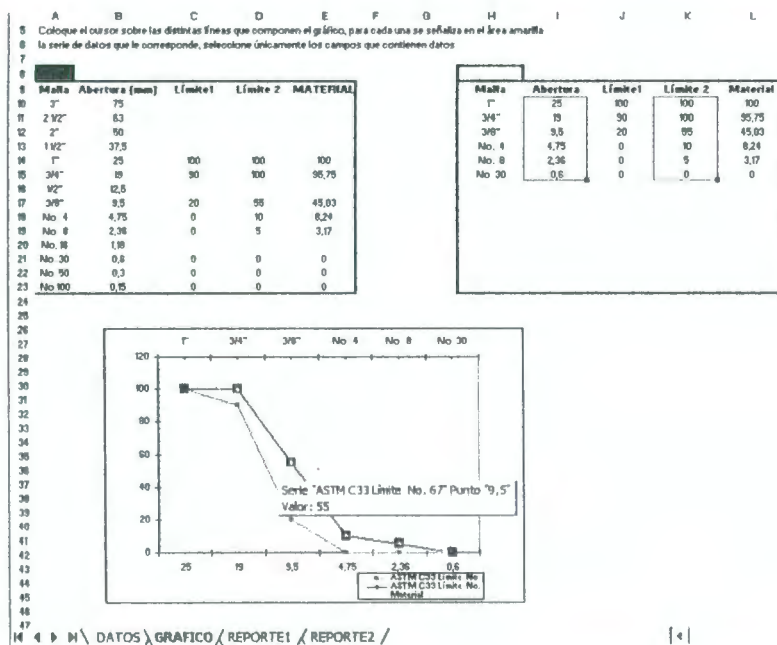
|< |> INGRESO DE DATOS / REPORTE1 / REPORTE2 /

**FIGURA 4.20** FORMULARIO DE ENTRADA DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DEL SUELO

El programa genera dos tipos de informe, el Reporte 1 será utilizado con propósitos de caracterización del material para dosificación de hormigones (Anexo 8) ya que compara los valores del porcentaje pasante del material con los límites de clasificación de Agregados Finos del ASTM C33, mientras que el Reporte 2 (Anexo 8) clasifica el material bajo parámetros geotécnicos,

calculando los valores de los Diámetros D10, D30 y D60 así como los coeficientes de uniformidad Cu y curvatura Cc.

El algoritmo de cálculo utilizado para la granulometría de agregados finos y gruesos es el mismo, sin embargo para el caso de materiales gruesos, el programa posee la utilidad extra de permitir clasificar el suelo como material para hormigones. Para esto el usuario deberá utilizar el formulario "Gráfico", los datos del ensayo así como los límites ASTM C33 serán automáticamente cargados en la hoja, el usuario deberá copiar dichos valores y pegarlos en el área amarilla indicada (sus celdas serán las únicas editables). Eliminando las celdas vacías y ordenando los valores, sin dejar espacios intermedios,

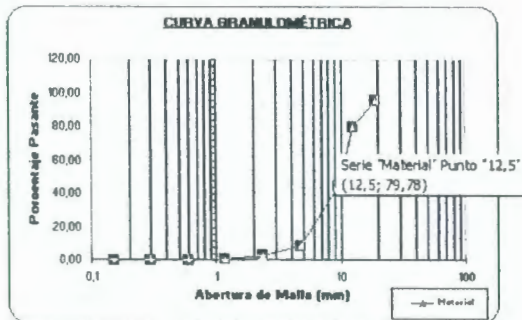


**FIGURA 4.21** FORMULARIO DE EDICIÓN DE GRÁFICO GRANULOMÉTRICO, PARA CLASIFICACIÓN COMO AGREGADO GRUESO

las series de datos estarán listas para ser introducidas en el gráfico. Haciendo clic sobre cualquiera de los puntos de datos, como se observa en la Figura 4.2] el usuario podrá escoger correctamente los valores para el gráfico.

Finalmente, en el formulario "Reporte 2" se deberán escoger nuevamente las series de datos adecuadas para elaborar el gráfico, ya que dicha curva tendrá como objetivo aclarar el origen de los datos para la determinación de los diámetros D10, D30, y D60 para el cálculo de los parámetros Coeficiente de Uniformidad y Curvatura. Un detalle de la selección a ejecutarse se observa en la Figura 4.22.

TAMICES		PESO RET.	PERCENT.	RET. ACUM.	PASANTE
ASTM	Abertura(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(%)
5"	125				
2 1/2"	63				
2"	50				
1 1/2"	37.5				
1"	25				
3/4"	19	4,25	4,25	4,25	95,75
1/2"	12,5	15,97	15,97	20,22	79,78
3/8"	9,5	34,75	34,75	54,97	45,03
No. 4	4,75	36,79	36,79	91,76	8,24
No. 8	2,36	5,07	5,07	96,83	3,17
No. 15	1,19	2,35	2,35	99,38	0,62
No. 30	0,6	0,32	0,32	99,70	0,30
No. 50	0,3	0,14	0,14	99,84	0,16
No.100	0,15	0,05	0,05	99,90	0,10
Fondo		0,10	0,10	100,00	0,00



D60	D30	D10
10,75	7,55	4,98

Cu	2,2
Cc	1,1

**FIGURA 4.22 FORMULARIO "REPORTE2"; SELECCIÓN DE LOS DATOS ADECUADOS PARA LA CURVA GRANULOMÉTRICA**

### 4.2.3 Programa para el cálculo de la Gravedad Específica de los sólidos en suelos finos y gruesos

El programa de cálculo para Gravedad Específica de los sólidos presenta 2 formularios que se pueden apreciar en las Figuras 4.23 y 4.24. El primero recibe los datos del ensayo cuando la muestra es de suelos finos, el segundo será utilizado cuando se empleen materiales gruesos.

**ESPOL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**  
"Ing. Raúl Marul Díaz"

**GRAVEDAD ESPECÍFICA EN FINOS**  
Ingreso de Datos

PROYECTO Prueba de Proyecto  
MUESTRA 1  
CALCULADO POR Voch  
VERIFICADO POR Voch  
ENSAYADO POR Voch


22-Ene-04

	1	2	3	4	5
A. Peso en el aire de muestra seca (gr)	10	10	10	10	10
B. peso del picnómetro lleno con agua (gr)	20	20	20	20	20
S. peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	30	30	30	30	30
C. peso del picnómetro con muestra y agua (gr)	40	40	40	40	40

**FIGURA 4.23** FORMULARIO DE INGRESO DE DATOS PARA ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA EN FINOS

Para el caso de materiales finos el programa permite el ingreso de hasta 5 muestras de ensayo, de no emplearse el número total de celdas disponibles se recomienda al usuario desocupar completamente dichos espacios para evitar errores al mostrar los resultados del ensayo. Los datos a ingresarse se encuentran marcados con fondo gris y letras blancas y son: Peso en el aire de la muestra seca (gr.), Peso del picnómetro lleno con agua

(gr), Peso de la muestra en estado saturado superficialmente seco (gr.) y Peso del picnómetro conteniendo la muestra y llenado con agua (gr.). Se puede observar la disposición de las celdas de ingreso de datos en la Figura 4.24.



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

**"Ing. Raúl Marurí Díaz"**

---

**GRAVEDAD ESPECÍFICA EN GRUESOS**

Ingreso de Datos

---

**PROYECTO** Prueba de Proyecto

**MOESTRA** 1

**CALCULADO POR** Voch

**VERIFICADO POR** Voch

**ENSAYADO POR** Voch

22-Ene-04

	1	2	3	4	5
A. Peso en el aire de muestra seca (gr)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
B. peso saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
C. peso de la muestra en el agua (gr)	30.0	40.0	40.0	40.0	40.0

**FIGURA 4.24 FORMULARIO DE INGRESO DE DATOS PARA ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA EN GRUESOS**

En el formulario de ingreso de datos para materiales gruesos se puede observar que el usuario tiene predefinidos también un máximo de 5 celdas para ingreso de valores las cuales se encuentran destacadas con fondo gris y letras blancas, los parámetros de ingreso para esta parte del cálculo serán: peso en el aire de la muestra seca (gr.), peso de la muestra en estado saturado superficialmente seco (gr.) y el peso del material una vez sumergido en el agua.

En el anexo 8 se muestran los informes definitivos generados por el programa.

### 4.2.4 Programa para la clasificación de suelos por los métodos Unificado y AASHTO

La Figura 4.25, muestra el formulario de ingreso de datos para el procedimiento de clasificación de los Sistemas Unificado y AASHTO, para poder identificar correctamente la fuente de datos para el análisis, así como la intervención del personal del laboratorio en el ensayo se presentan casillas de ingreso de datos para el nombre del proyecto, número de muestra, encargado del cálculo, encargado de la verificación, y la persona que ejecuta la prueba, además de la fecha en la cual fue llevada a cabo.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**  
Ing. Raul Maruri Diaz

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**  
SISTEMAS S.U.C.B. Y AASHTO  
Ingreso de Datos

PROYECTO: Prueba de Proyecto  
 MUESTRA: 1  
 ENCARGADO POR: 22-Fm-04  
 VERIFICADO POR: Voch  
 EJECUTADO POR: Voch

	PORCENTAJE PASANTE				Límite Lq		Ind. Plast		Descripción del Material
	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	Cu	Cc	WL	IP	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

**FIGURA 4.25 FORMULARIO DE ENTRADA DE DATOS PARA CLASIFICACIÓN DE MATERIALES**

La Figura 4.25 muestra también los campos para ingresar los datos de porcentajes pasantes por las mallas No.4, No.10, No.40, No.200, también deberán ingresarse los datos de Coeficiente de Curvatura Cc, Coeficiente de



Uniformidad Cu, límite líquido y límite plástico de la muestra; una breve descripción del material podrá ser ingresada en la columna Descripción del material, con el fin de adicionar referencias respecto a la muestra de prueba. Vale acotar que los valores que constituyen datos de entrada para el procedimiento de clasificación están marcados con fondo gris y letras blancas, ayudando así al usuario a una fácil ubicación de los parámetros que debe ingresar. En caso de no tener alguno de los datos de ingreso se recomienda dejar la casilla en blanco evitando así colocar ceros u otras simbologías.

No.200	Cu	Cc	Límite Liq WL	Límite Plást IP	Descripción del Material
70.00			10	5	
43.00			50	9	
2.00	7	15	14	13	
20.00			14	13	
10.00			14	13	

Caso de Frontera Revisar CL-ML

**FIGURA 4.26, DETALLE DE ADVERTENCIA EN CASOS DE FRONTERA EN FINOS**

El estudio y clasificación de suelos finos puede llegar a generar casos de frontera como: convergencia del límite líquido y plástico sobre la línea A de la carta de plasticidad del suelo, doble clasificación del material en la zona CL-ML ó clasificación ML sin estar bajo la Línea A (Límite Líquido menor a 20). Para estos casos, el programa no otorga automáticamente la clasificación del suelo, en su lugar muestra una advertencia de "Caso de Frontera" el cual se observa en la Figura 4.26 junto a la clasificación de suelo sugerida, queda a criterio del usuario revisar esta clasificación en

particular, así como su inclusión en el informe definitivo en el cual si se desea modificar de manera manual alguna de las clasificaciones deberá quitarse temporalmente la protección del documento.

Adicional a lo anteriormente indicado, este programa no posee ninguna consideración especial a ser tomada en cuenta por el usuario, ya que simplemente deberá llenar las casillas de datos y generar el informe que se encuentra en la hoja REPORTE en donde la única celda editable será la destinada a los comentarios de la persona que calcula el informe, los datos se cargarán automáticamente en dicho formulario. El anexo 8 muestra el informe definitivo generado.

#### **4.2.5 Programa para el cálculo de parámetros de Consolidación**

La prueba de consolidación es uno de los ensayos más delicados y largos dentro de la ingeniería geotécnica, la necesidad de un control continuo de la deformación producida en el espécimen de prueba hace que su ejecución se desarrolle con mucha cautela, procurando registrar la mayor cantidad de lecturas posibles. El programa desarrollado para el ensayo de consolidación permite administrar ordenadamente los datos provenientes de esta prueba generando las curvas correspondientes de deformación y calculando los parámetros propios de la consolidación de los suelos.



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**  
 "Ing. Raúl Maruri Díaz"

**CONSOLIDACIÓN**  
 Ingreso de Datos Etapa de Carga

PROYECTO	
MUESTRA	
CALCULADO POR	
VERIFICADO POR	
ENSAYADO POR	

Fecha:

Os:   
 Peso Inicial:  gr  
 Brazo (l):

Wt(%)   
 Area  cm  
 Altura  cm

dial:  pag:

Peso Seco l: 61.70      Hv: 1.81  
 Paso W: 49.80      Vv: 57.24  
 Vs: 23.20      S(%): 86.99  
 Hs: 0.73      eo: 2.47

1 kg

presión		0.25 kg/cm <sup>2</sup>		TIEMPO (min)	
H	S	H	S	H	S
1	15	20	1	0.0	0
2	20	30	1	5.2	175
3	25	40	1	10.3	185
4	30	0	1	14.7	190
5	50	0	1	34.7	193
6	15	0	1	44.7	196

2 kg

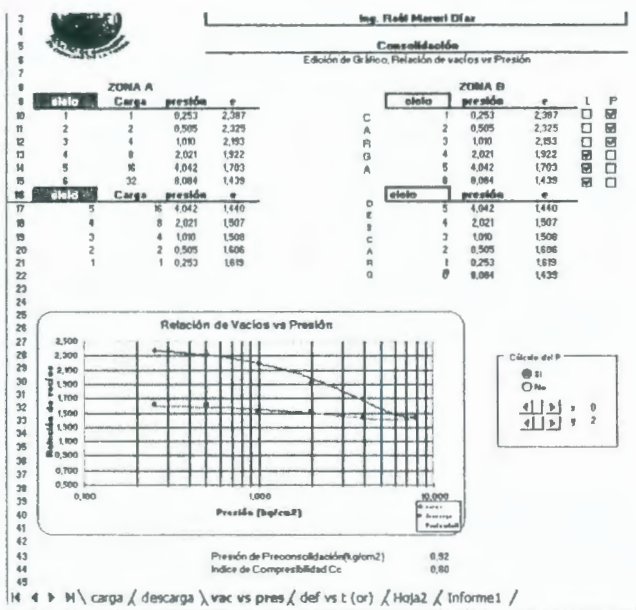
presión		0.51 kg/cm <sup>2</sup>		TIEMPO (min)	
H	S	H	S	H	S
1	15	20	1	0.0	232
2	20	30	1	5.2	305
3	25	40	1	10.3	322
4	30	0	1	14.7	330
5	50	0	1	34.7	334
6	15	0	1	44.7	337

4 kg

presión		1.01 kg/cm <sup>2</sup>		TIEMPO (min)	
H	S	H	S	H	S
1	15	20	1	0.0	411
2	20	30	1	5.2	568
3	25	40	1	10.3	596
4	30	0	1	14.7	619
5	50	0	1	34.7	633
6	15	0	1	44.7	642

**FIGURA 4.27 FORMULARIO DE INGRESO PARA LOS DATOS DEL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN, PROCESO DE CARGA**

La Figura 4.27 muestra una vista parcial del formulario de entrada de datos del ensayo de consolidación para el proceso de carga, se puede apreciar que los parámetros a ser ingresados por el usuario se encuentran claramente señalados con fondo gris y letras blancas, únicamente las casillas de la carga impuesta al espécimen en cada ciclo, el tiempo y el dial de deformación poseen sus cabeceras con las características anteriormente señaladas, con el fin de aclarar que son parámetros a ser ingresados por el usuario. Cada celda posee anexado un comentario explicando el papel que desempeña la variable seleccionada dentro de la serie de cálculos que debe realizar el programa. La ventana de ingreso de datos para el proceso de descarga es idéntica a la anteriormente nombrada, la única diferencia radica en el hecho de que los datos de identificación de la muestra así



**FIGURA 4.28, FORMULARIO PARA LA EDICIÓN DE LA CURVA RELACIÓN DE VACIOS VERSUS PRESIÓN**

como de las características del material y equipo utilizado (gravedad específica, área del anillo, etc), se mantendrán constantes e iguales a las ingresadas en el formulario anterior. Vale la pena resaltar que las presiones de compresión para el espécimen se calculan dividiendo la carga colocada en el consolidómetro (kg) para el área del anillo (cm<sup>2</sup>); la presión así calculada se multiplicará por la relación de brazos de carga del consolidómetro, de esta manera la celda "Brazo" no deberá contener valores nulos o irreales.

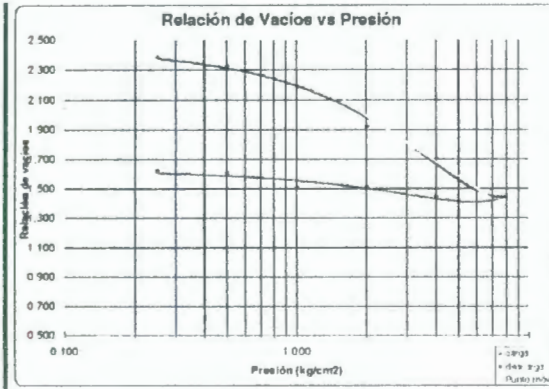
La figura 4.28 muestra el tercer formulario del programa, en el cual se presenta el resultado final de cada uno de los procesos de carga y descarga

del ensayo, el programa coloca automáticamente los datos en la denominada "Zona A", negando toda posibilidad de alteración de valores por parte del usuario, dichos datos deberán copiarse y pegarse en las celdas numeradas en la "Zona B", tanto para la carga como para la descarga. En este paso deberá tenerse especial cuidado con el listado del proceso de descarga, ya que como último dato del registro deberá colocarse el último ingreso del proceso de carga, esto con la finalidad de permitir la correcta configuración de la curva Relación de Vacíos vs Presión. Puede observarse además que junto a los datos de la "Zona B" se encuentran colocadas celdas de selección cuyas cabeceras son L (línea) y P (polinomio).

El usuario deberá seleccionar los datos que se encuentran sobre la zona virgen de la curva (tramo recto) haciendo un clic sobre la respectiva casilla de la columna línea, de esta forma generará una correlación lineal a partir de los datos seleccionados (Figura 4.29). Así mismo se deberán seleccionar los valores que se ubican en la zona de recompresión (tramo curvo) de la gráfica seleccionando las casillas cuya cabecera es la letra P; los datos seleccionados generarán la ecuación de un polinomio de segundo



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

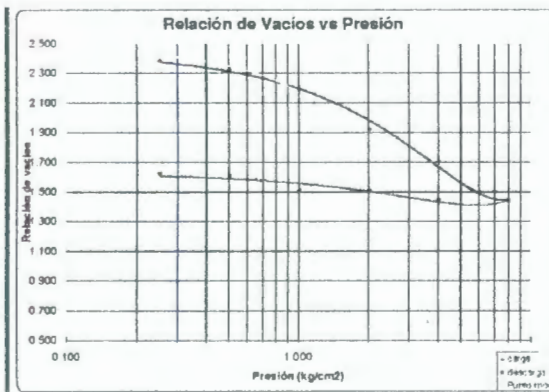


(a)

	ciclo	presión	e	L	P
C	1	0,253	2,387	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
A	2	0,505	2,325	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
R	3	1,010	2,193	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
G	4	2,021	1,922	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A	5	4,042	1,703	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6	8,084	1,439	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ciclo	presión	e		

(b)

FIGURA 4.29 (a) RECTA GENERADA POR LOS DATOS SELECCIONADOS EN LA COLUMNA "L" EN (b)



(a)

	ciclo	presión	e	L	P
C	1	0,253	2,387	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
A	2	0,505	2,325	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
R	3	1,010	2,193	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
G	4	2,021	1,922	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A	5	4,042	1,703	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6	8,084	1,439	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ciclo	presión	e		

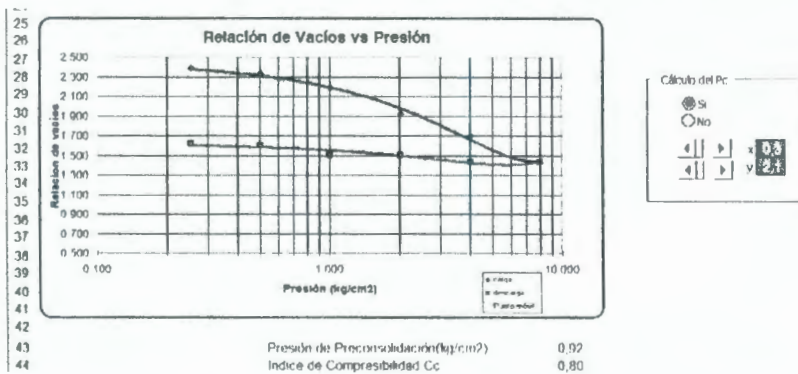
(b)

FIGURA 4.30 (a) PARÁBOLA GENERADA POR LOS DATOS SELECCIONADOS EN LA COLUMNA "P" EN (b)

grado. Las dos ecuaciones halladas con los datos en cuestión generarán los valores de la presión de consolidación del suelo y de su índice de

compresibilidad  $C_c$ . El detalle de dicho cálculo se detalla en la parte de algoritmos de diseño en la presente tesis.

Un parámetro de entrada fundamental en esta fase del cálculo del proceso de consolidación, consiste en asumir inicialmente el punto de mínimo radio de curvatura en el tramo de recompresión (tramo curvo inicial), para esto el programa permite ingresar una coordenada de partida asumida en las casillas  $x$  y  $y$  pudiendo modificarlas a conveniencia mediante 2 botones de desplazamiento, uno para cada dirección; la coordenada definitiva bajo la cual se hará el cálculo de la presión de consolidación corresponderá al punto amarillo (punto móvil en el gráfico), un detalle de este proceso puede observarse en la Figura 4.31. Se puede observar también que los valores




**FIGURA 4.31** INGRESO DE COORDENADA INICIAL DEL MÍNIMO RADIO DE CURVATURA EN LA ZONA DE RECOMPRESIÓN

tanto de la Presión de Preconsolidación como del Índice de Compresibilidad se muestran una vez ingresados los datos descritos anteriormente. Al final el

programa genera automáticamente el reporte del ensayo, el anexo 8 muestra como luce el informe definitivo.

#### 4.2.6 Programa para el cálculo de los parámetros obtenidos del ensayo de Compresión Inconfinada en especímenes de suelo

El cálculo de la resistencia a compresión simple sin confinamiento en un suelo ( $q_u$ ) se define como el máximo valor de esfuerzo de compresión que logra alcanzar un suelo bajo condiciones de deformación controlada. La Figura 4.32 muestra el formulario de ingreso de datos para este ensayo.



ESPOI  
CENTRO DE ESTUDIOS Y SERVICIOS DE INGENIERÍA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

"Ing. Raúl Maruri Díaz"

**GRAMULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO**  
Ingreso de Datos

PROYECTO		Fecha	
MUESTRA			
CALCULADO POR			
VERIFICADO POR			
ENSAYADO POR			

Constante del Anillo		Altura (cm)		Diámetro (cm)	
Dial (1 Div =)					10.19

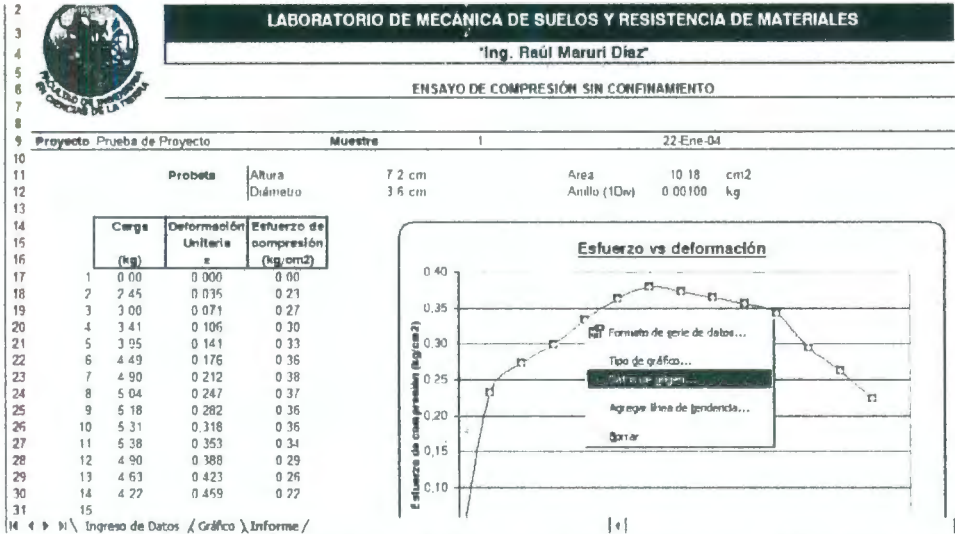
	CARGA		DEFORMACIÓN			1-ε	A <sub>0</sub> · (1 - ε)	Esfuerzo de compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
	Dial	Carga (kg)	Dial	Deformación (mm)	Unitaria ε			
1		0.00		0.000	0.000	1.000	10.179	0.000
2		2.45		0.025	0.035	0.985	10.551	0.232
3		3.00		0.051	0.071	0.929	10.951	0.274
4		3.41		0.076	0.108	0.894	11.384	0.299
5		3.95		0.102	0.141	0.859	11.851	0.333
6		4.49		0.127	0.176	0.824	12.359	0.364
7		4.90		0.152	0.212	0.788	12.912	0.380
8		5.04		0.178	0.247	0.753	13.517	0.373
9		5.18		0.203	0.282	0.718	14.181	0.365
10		5.31		0.229	0.318	0.683	14.914	0.358
11		5.38		0.254	0.353	0.647	15.727	0.342
12		4.90		0.279	0.388	0.612	16.634	0.295
13		0.00		0.000	0.000	0.997	17.661	0.267

**FIGURA 4.32 , FORMULARIO DE INGRESO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELOS.**



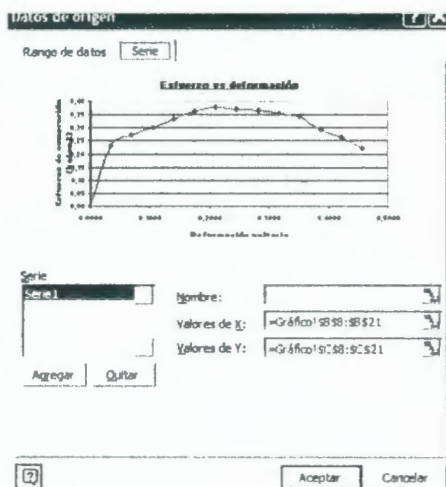
El operador tiene marcado con fondo gris y letras blancas todos los campos que son modificables. En la Figura 4.33 se pueden apreciar las distintas casillas a ser llenadas por el operador del programa, evidentemente los datos de identificación de la muestra y quienes intervinieron en el ensayo no poseen influencia alguna sobre los resultados otorgados por el programa.

Las lecturas hechas por el dial de carga se deberán transformar a kilogramos mediante la multiplicación de sus lecturas y su coeficiente de carga se deberá tener cuidado en que estas lecturas sean correspondientes al número de vueltas del dial y que la celda con nombre Constante del Anillo tenga ingresado su valor correcto. De igual forma el dial de deformación marcará valores directos del número de vueltas y divisiones que su aguja ha rotado, estas lecturas directas serán escritas en el la columna Dial y la deformación existente en cada instante será calculada colocando las respectivas unidades de deformación por cada división en la celda Dial (1Div=). Es muy importante que el operador en este paso coloque únicamente el número de divisiones que la aguja ha avanzado para cada lectura, de no cumplirse este requisito los datos de deformación serán totalmente erróneos.



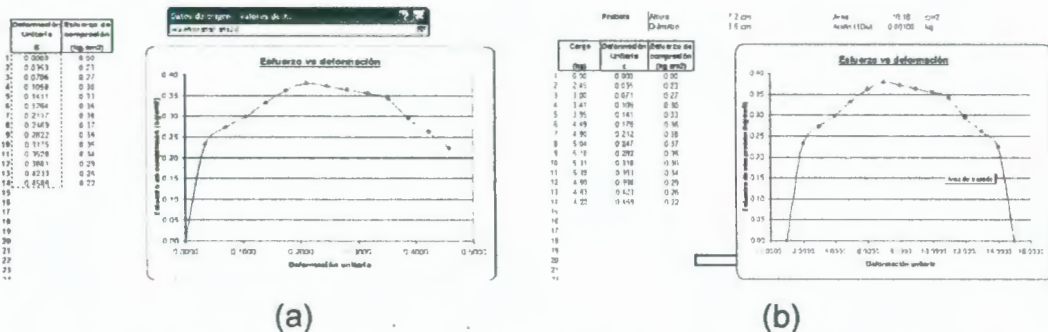
**FIGURA 4.33** FORMULARIO DE REPORTE DEFINITIVO; SELECCIÓN DE LA SERIE DE DATOS PARA EL GRÁFICO ESFUERZO-DEFORMACIÓN

El programa genera también la curva esfuerzo vs deformación a partir de los datos de carga del espécimen, para esto el usuario deberá escoger en las hojas Gráfico e Informe las series de datos adecuadas para su gráfico, con el fin de que la tendencia mostrada por los puntos sea la correcta y no presente desviaciones incorrectas. La Figura 4.33 muestra la selección que se debe hacer sobre los puntos del gráfico, luego de lo cual presionando el botón derecho del mouse se deberá escoger la opción Datos de Origen. Producto de la selección realizada se despliega el menú que muestra la Figura 4.34, en este se deberán seleccionar las opciones Serie y los respectivos Valores de X y Y, dichos valores estarán en correspondencia con los campos seleccionados con líneas punteadas como muestra la



**FIGURA 4.34**  
**VENTANA "ORIGEN DE DATOS"**

Figura 4.35(a). Vale recalcar en el hecho de que una mala selección de la serie de datos para el gráfico generará un reporte incorrecto como se puede apreciar en la Figura 4.35(b).



**FIGURA 4.35 (a) SELECCIÓN CORRECTA DE LOS DATOS DE ORIGEN PARA EL GRÁFICO (b) SELECCIÓN INCORRECTA**

Una vez seleccionados los datos de origen convenientes para nuestro reporte, los datos serán cargados automáticamente en el formulario Reporte cuyo formato se muestra en el anexo 8.

### 4.2.7 Programa para la determinación de parámetros de resistencia a cortante a partir del ensayo Triaxial

Los ensayos Triaxiales Consolidado Drenado (CD), Consolidado no Drenado (CU) y No Consolidado no Drenado(UU) podrán otorgar los parámetros de resistencia a cortante correspondientes al ángulo de fricción y cohesión del suelo de una manera más rápida y práctica mediante la

**ENSAYO TRIAXIAL CIU** Ingreso de Datos

Proyecto:  Profundidad:  m  
 Muestra:  1 Anillo  1 g/dm<sup>3</sup>

Fecha:   
 Ensayado Por:   
 Calculado Por:   
 Verificado Por:

Área Inicial de Confección		cm
Diámetro Inicial de Confección		cm
Área de la probeta	19.56	cm <sup>2</sup>
Variación de Volúmenes drenado etapa consolidación		cm <sup>3</sup>
Densidad Seca de Confección		g/cm <sup>3</sup>
Humedad de Confección		(%)
Contrapresión		kg/cm <sup>2</sup>
Presión de Cámara		kg/cm <sup>2</sup>
Velocidad Deformación Unitaria		%/min

Dial Deformación mm	Deformación Unitaria (%)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Lectura del Anillo	Fuerza Axial (kg)	Esfuerzo Desviador (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión de Poros (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación P. Poros (kg/cm <sup>2</sup> )	p' [(σ1-σ3)/2 - Au] (kg/cm <sup>2</sup> )	q' [(σ1-σ3)/2] (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0	19.56		0.00	0.00		0.00	1.00	0.00
2	0.12	19.59		4.70	0.24		0.03	1.09	0.12
3	0.23	19.60		8.17	0.57		0.08	1.21	0.23
4	0.33	19.62		11.48	0.89		0.12	1.33	0.45
5	0.43	19.64		22.55	1.15		0.16	1.42	0.58
6	0.53	19.66		26.85	1.33		0.18	1.49	0.67
7	0.63	19.68		30.21	1.54		0.19	1.58	0.77
8	0.83	19.72		35.89	1.82		0.20	1.71	0.91
9	1.03	19.78		40.71	2.06		0.20	1.83	1.03
10	1.23	19.80		43.96	2.22		0.19	1.92	1.11
11	1.43	19.84		47.02	2.37		0.18	2.01	1.19
12	1.73	19.90		51.16	2.57		0.16	2.13	1.29
13	2.03	19.96		55.29	2.77		0.12	2.27	1.39
14	2.43	20.04		59.12	2.95		0.08	2.40	1.48
15	2.84	20.13		62.60	3.10		0.03	2.52	1.56
16	3.34	20.23		65.76	3.25		-0.04	2.64	1.63
17	3.84	20.36		68.23	3.38		-0.05	2.73	1.68
18	4.34	20.44		70.74	3.48		-0.09	2.82	1.73
19	4.84	20.55		72.85	3.53		-0.12	2.89	1.77
20	5.84	20.77		75.80	3.64		-0.17	2.99	1.82
21	6.84	20.88		78.82	3.78		-0.20	3.08	1.88
22	7.86	21.22		82.13	3.87		-0.24	3.16	1.94

M \ probeta1 \ probeta2 \ probeta3 \ graficos \ Reporte1 \ Reporte2 \ Reporte3 \ Reporte [4]

**FIGURA 4.36** FORMULARIO DE ENTRADA DE DATOS PARA EL ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO.

utilización de los formularios mostrados en las Figuras 4.36, 4.37 y 4.38; está preestablecido que el programa acepte un máximo de 30 registros para cada prueba.

Todos los formularios de ingreso tienen en común los valores de : altura inicial de confección, que es la altura con la que fue moldeada la probeta; diámetro de confección; densidad y humedad secas de confección, con las cuales la probeta fue ensayada. Adicionalmente se incluye una casilla en la que el usuario deberá registrar la variación de volumen que la muestra presenta durante su proceso de consolidación, esta opción de ingreso se presentará en los ensayos Consolidado-Drenado y Consolidado No drenado. Finalmente se debe ingresar los valores de contrapresión y presión de cámara, la primera es la presión necesaria para el proceso de saturación de la muestra y la segunda la otorgada por el fluido en la cámara, el programa calcula la presión de cámara efectiva como la resta entre la segunda y la primera.

Observando la Figura 4.36 se observa los parámetros particulares del ensayo Consolidado no Drenado. Las celdas de datos necesarios se encuentran marcados con fondo gris y letras blancas , siendo indispensables

los valores de las lecturas de los anillos de deformación y el de carga, además de los valores de presión de poros en cada instante de la prueba ya que el programa determina los valores de cohesión y ángulo de fricción en función de los esfuerzos efectivos en la probeta.

El formulario para el ensayo Consolidado Drenado posee una configuración similar al de la prueba anterior, sin embargo por ser una prueba en que la disipación de presión de poros es total no existen medidas de presión de poros sino de variación de volumen de la probeta. La Figura 4.37 muestra el formulario nombrado, nótese la sustitución de la columna "presión de poros" por la de "variación de volumen". No está de más recordar que debido a la naturaleza de la prueba los parámetros obtenidos del ensayo estarán en función de esfuerzos efectivos, siendo iguales a los de esfuerzos totales.

ENSAYO TRIAXIAL CID									
Ingreso de Datos									
Proyecto	SISTEMA DE PROTECCIÓN			Formación	m		Fecha	2012-10-10	
Nombre	SISTEMA DE PROTECCIÓN			1 Anillo	1 g/dv		Estado Por	Completado	
Altera Inicial de Confección								Validado Por	
Dímetro Inicial de Confección					cm				
Área de la probeta				8107	cm <sup>2</sup>				
Variación de Volumen durante etapa consolidación					cm <sup>3</sup>				
Densidad Seca de Confección					g/cm <sup>3</sup>				
Humedad de Confección					%				
Contrapresión					kg/cm <sup>2</sup>				
Presión de Cámara					kg/cm <sup>2</sup>				
Velocidad Deformación Unitaria					%/min				

Dial Deformación mm	Deformación Unitaria (%)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Lectura del Anillo	Fuerza Anillo (kg)	Esfuerzo Desvolado (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura de Volumen (cm <sup>3</sup> )	Variación de Volumen (%)	p [(σ1-σ3)/2] (kg/cm <sup>2</sup> )	q [(σ1+σ3)/2] (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.00	8107		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.08	8122		5.31	0.07	1.40	1.03	0.03	0.03
3	0.17	8125		8.94	0.09	2.00	1.04	0.04	0.04
4	0.25	8130		9.58	0.11	2.80	1.06	0.06	0.06
5	0.33	8135		10.82	0.13	3.40	1.07	0.07	0.07
6	0.41	8141		12.84	0.16	4.20	1.08	0.08	0.08
7	0.47	8146		14.81	0.18	5.00	1.09	0.09	0.09
8	0.53	8150		16.45	0.20	5.80	1.10	0.10	0.10
9	0.59	8155		18.27	0.22	6.60	1.11	0.11	0.11
10	0.65	8161		20.26	0.25	7.40	1.12	0.12	0.12
11	0.71	8171		23.89	0.29	8.00	1.15	0.15	0.15
12	0.80	8182		27.30	0.33	10.00	1.17	0.17	0.17
13	0.88	8182		30.46	0.37	12.00	1.18	0.18	0.18
14	0.96	82.02		33.80	0.41	13.40	1.21	0.21	0.21
15	1.04	82.12		37.22	0.46	15.00	1.23	0.23	0.23
16	1.11	82.33		43.37	0.53	16.20	1.26	0.26	0.26
17	1.17	82.54		49.13	0.60	21.00	1.38	0.30	0.30
18	1.23	82.75		55.49	0.67	23.80	1.34	0.34	0.34
19	1.30	82.86		61.73	0.74	26.40	1.37	0.37	0.37
20	1.37	83.18		66.87	0.80	29.00	1.40	0.40	0.40
21	1.44	83.72		80.87	0.98	35.20	1.48	0.48	0.48
22	1.78	84.25		93.87	1.11	40.80	1.56	0.56	0.56

FIGURA 4.37 FORMULARIO DE INGRESO DE DATOS PARA TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO

La prueba no Consolidada – no Drenada posee también su propio formulario de ingreso de datos, mostrado en la figura 4.38. Conforme a la ejecución de esta prueba en el Laboratorio Raúl Maruri Díaz, se ha decidido que los parámetros calculados sean en base a esfuerzos totales, por esta razón los datos de entrada requeridos para la prueba son únicamente los correspondientes a la lectura de los diales de deformación y carga.

**ENSAJO TRIAXIAL UU** Ingreso de Datos

Proyecto:  Profundidad:  m  
 Maestro:  Año:  Fecha:   
 Escrito Por:   
 Calculado Por:   
 Verificado Por:

Aletra Inicial de Confección	<input type="text"/>	cm
Diámetro Inicial de Confección	<input type="text"/>	cm
Área de la probeta	<input type="text"/>	cm <sup>2</sup>
Densidad Seca de Confección	<input type="text"/>	g/cm <sup>3</sup>
Humedad de Confección	<input type="text"/>	(%)
Contraprestión	<input type="text"/>	kg/cm <sup>2</sup>
Prestión de Cámara	<input type="text"/>	kg/cm <sup>2</sup>
Velocidad Deformación Unitaria	<input type="text"/>	%/min

Dial Deformación	Deformación Unitaria (ε)	Área Corregida	Lectura del Anillo	Fuerza Axial (kg)	Esfuerzo Desviador (kg/cm <sup>2</sup> )	p [(σ1-σ3)/2] (kg/cm <sup>2</sup> )	q [(σ1-σ3)/2] (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.00	9.62		0.00	0.00	1.00	0.00
2	0.01	9.62		2.19	0.26	1.13	0.13
3	0.02	9.62		4.09	0.42	1.21	0.21
4	0.05	9.63		5.27	0.55	1.27	0.27
5	0.06	9.63		5.75	0.60	1.30	0.30
6	0.08	9.63		5.79	0.60	1.30	0.30
7	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
8	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
9	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
10	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
11	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
12	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
13	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
14	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
15	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
16	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
17	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
18	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
19	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
20	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
21	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36
22	-0.02	9.62		-6.90	-0.72	0.64	-0.36

M \ probeta1 \ probeta2 \ probeta3 \ graficos \ Reporte1 \ Reporte2 \ Reporte3 \ Reporte | < |

**FIGURA 4.38** FORMULARIO DE INGRESO DE DATOS PARA TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO

Una vez ingresados todos los datos para cada probeta de ensayo (se admite un máximo de tres). El usuario deberá dirigirse hasta el formulario "graficos" del programa, en el cual se deben seleccionar las series de datos adecuadas

para elaborar las curvas: "q" versus deformación unitaria, "p" versus "q" y variación de presión de poros ó de volumen versus la deformación unitaria producida en la probeta.

La Figura 4.39 muestra el formulario "gráficos" puede observarse que al hacer un clic sobre uno de los puntos de datos de cada curva se marca el campo de datos de origen seleccionados (en este caso marcados con rosado y azul). El usuario ampliará o disminuirá el rango de datos seleccionados con el fin de obtener un gráfico racional y acorde con la prueba.

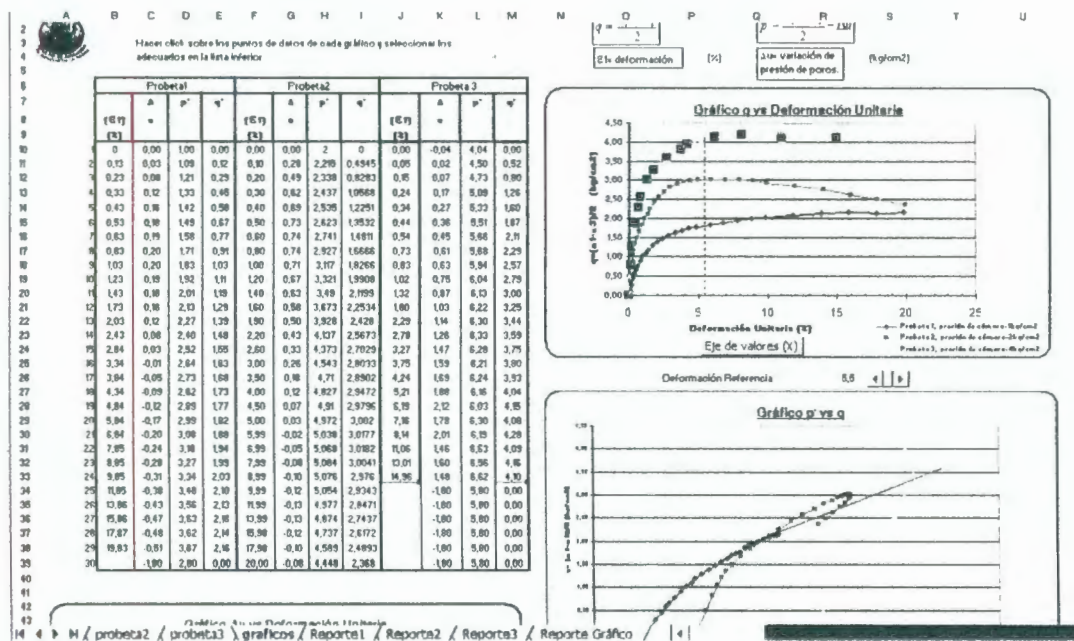
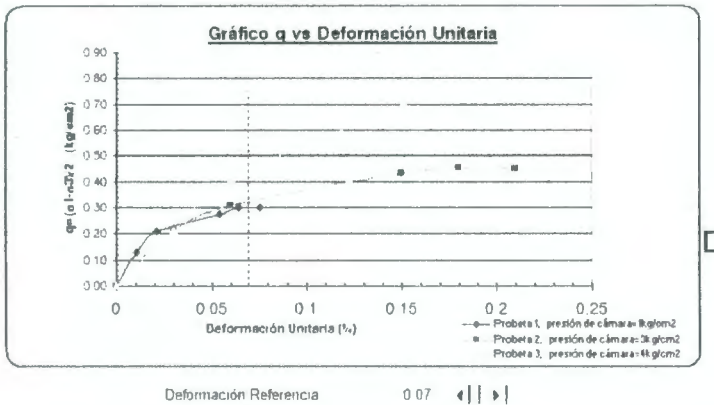


FIGURA 4.39 FORMULARIO "GRAFICOS" PARA LA SELECCIÓN DE LAS SERIES DE DATOS ADECUADAS PARA EL CÁLCULO.

Una vez hecha la selección adecuada de los datos de origen para el cálculo, se deberá definir a qué nivel de deformación el usuario desea determinar el



ángulo de fricción y la cohesión del suelo ensayado, para esto existe una barra de desplazamiento que marca una línea vertical y muestra el valor escogido de deformación para el cálculo correspondiente (Figura 4.40).



**FIGURA 4.40** SELECCIÓN DE LA DEFORMACIÓN UNITARIA REFERENCIAL PARA EL CÁLCULO DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN DEL SUELO

Al cumplirse los pasos arriba detallados el programa genera automáticamente cuatro reportes, los tres primeros muestran los valores de deformación, carga axial, esfuerzo desviador y de las coordenadas  $p$  y  $q$  (efectivas o totales), así mismo de ser el caso se mostrarán la variación de presión de poros ó volumen a lo largo de la prueba. Estos datos servirán para establecer el último reporte en el cual se mostrarán los gráficos de " $q$ " versus deformación unitaria, " $p$ " versus " $q$ " y variación de presión de poros ó de volumen versus la deformación unitaria producida en la probeta y los valores del ángulo de fricción en grados así como la cohesión en kilogramos por

centímetro cuadrado. En el anexo 8 se muestran los reportes definitivos generados por el programa.

### 4.2.8 Programa para la determinación de parámetros de Compactación de Suelos por los Métodos Proctor Estándar y Modificado

El cálculo de la humedad óptima y la densidad máxima de un suelo podrá determinarse utilizando este programa, los métodos Estándar y Modificado comparten sus variables de cálculo, sin embargo estos difieren en la energía de compactación, el número de golpes y el volumen del molde utilizados. Estos datos podrán ingresarse según la necesidad, por lo cual el mismo formulario servirá para los dos tipos de ensayo.

18 Volumen Molde  cm<sup>3</sup>

19 Volumen Molde  m<sup>3</sup>

Peso Cilindro  kg

Método

Número de Golpes

Número de Capas

DATOS DE PREPARACION DE LA MUESTRA DE ENSAYO							DATOS DE LA MUESTRA ENSAYADA				
Cantidad de Agua (cm <sup>3</sup> )	Recipiente peso húmedo (gr)	Recipiente peso seco (gr)	Peso Recipiente (gr)	Peso Seco (gr)	Peso de Agua (gr)	Contenido de Humedad (%)	Material Húmedo Cilindro (kg)	Muestra Húmeda (gr)	Muestra Seca (gr)	Peso materia moldeado seco	Densidad Seca (kg/m <sup>3</sup> )
1 0	100	100	100	100	32.1	21.95	0.2195	100	100	1.233	1305.63
2 10	100	100	100	100	34.4	27.25	0.2725	100	100	1.306	1383.62
3 20	100	100	100	100	47	31.87	0.3187	100	100	1.345	1424.30
4 30	100	100	100	100	54.1	36.24	0.3624	100	100	1.309	1386.32
5 40	100	100	100	100	59.8	42.37	0.4237	100	100	1.233	1305.86

**Curva de Compactación Proctor**

$$y = 0.0073x^3 - 1.7497x^2 + 89.041x + 115.21$$

x3	<input type="text" value="0.0073"/>
x2	<input type="text" value="-1.7497"/>
x	<input type="text" value="89.041"/>
b	<input type="text" value="115.21"/>

Humedad Óptima 31.8 %

Densidad Máxima 1412.10 kg/m<sup>3</sup>

FIGURA 4.41 FORMULARIO DE INGRESO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR



La Figura 4.41 muestra el formulario para el ingreso de los datos del ensayo de Compactación Proctor, el usuario puede distinguir fácilmente cuáles son los datos que debe ingresar para el cálculo ya que las celdas destinadas a los parámetros de entrada se encuentran destacadas con fondo gris y letras blancas. Inicialmente deberán ingresarse los datos para caracterizar el tipo de ensayo que se está efectuando, colocando el volumen del molde de prueba, su peso, tipo de prueba, número de golpes y capas empleadas.

El programa permite el ingreso de hasta cinco puntos de ensayo para la determinación de la humedad óptima y la densidad máxima del material compactado, los datos requeridos se encuentran claramente identificados. Se recomienda al usuario vaciar completamente aquellas celdas que no vayan a formar parte de los cálculos.

El programa establece una correlación polinómica de tercer orden entre los puntos ensayados, el usuario deberá copiar los coeficientes de la ecuación mostrada en el gráfico dentro las celdas marcadas como "X3", "X2", "X" y "b". Al mismo tiempo se deberá escoger la humedad óptima observada utilizando para ello la barra de desplazamiento mostrada en la Figura 4.41, este valor será evaluado en el polinomio a fin de calcular la máxima densidad seca producida en el ensayo.

El programa mostrará automáticamente el informe mostrado en el anexo 8, solamente la celda "comentarios" será editable por el usuario.

#### 4.2.9 Programa para el cálculo de asentamientos en estratos de arcilla

Utilizando los parámetros obtenidos del ensayo de Consolidación, este programa permite calcular los asentamientos por consolidación primaria de un perfil estratigráfico compuesto por 5 estratos diferentes de suelo. La Figura 4.42 muestra el formulario de ingreso de datos para completar los cálculos necesarios. Las celdas marcadas con fondo gris y letras blancas constituyen los campos de ingreso necesarios, las demás casillas mostrarán automáticamente los cálculos ejecutados.

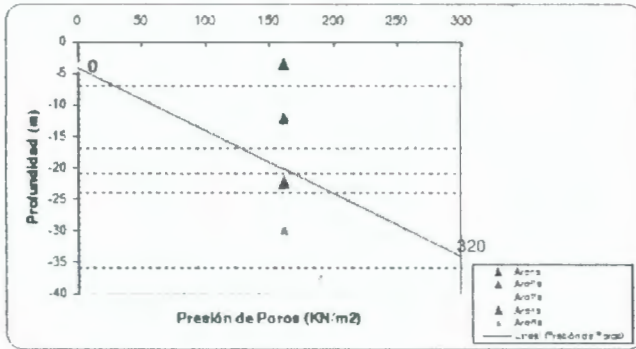
CALCULO DE ASENTAMIENTOS						
Profundidad de la capa freática			Sobrecarga ( $\Delta\sigma$ )			
m			kN/m <sup>2</sup>			
Estrato	Material	H(m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	(a la mitad del estrato)		Asentamiento (m)
				$\sigma_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	
Estrato 1				63	63	
Estrato 2				208.5	128.5	
Estrato 3				330	180	
Estrato 4				398.25	213.25	
Estrato 5				538.5	278.5	
	Cc	Cr	so	Pe (kN/m <sup>2</sup> )		
Estrato 1						
Estrato 2					0.82	
Estrato 3					0.28	
Estrato 4						
Estrato 5					0.40	

FIGURA 4.42 FORMULARIO DE INGRESO DE DATOS PARA CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS EN ESTRATOS DE ARCILLA.

Inicialmente el usuario deberá definir la altura de los distintos estratos que intervienen en el cálculo, a pesar de que su asentamiento no sea calculado a partir de datos edométricos (arenas, arenas limosas), la densidad del suelo también constituye un dato necesario. El programa cuenta además con casillas independientes para el ingreso de la profundidad de la napa freática; la sobrecarga producto de la implantación de una obra civil, la cual producirá el asentamiento y la caracterización de los suelos que conforman la estratigrafía de análisis.

Como segundo paso se deberán ingresar los datos obtenidos del ensayo de consolidación para el cálculo del asentamiento, en este caso se considerarán solamente los estratos cuya característica sea compatible con este cálculo. Así el usuario deberá ingresar los valores de Índice de Compresibilidad ( $C_c$ ), Índice de Expansión ( $C_s$ ), relación de vacíos inicial ( $e_0$ ) y Presión de Preconsolidación ( $P_c$ ). Si el suelo es normalmente consolidado, esta última casilla se dejará en blanco. Suelos arenosos ó limo-arenosos no son compatibles con este cálculo, por lo que las casillas destinadas a los datos enumerados anteriormente deberán quedar en blanco. Como un adicional el usuario puede observar un gráfico con la

distribución de los estratos en el perfil de suelo y la variación de presión de poros dentro de él (Figura 4.43).



**FIGURA 4.43** GRAFICO DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y LA VARIACIÓN DE PRESIÓN DE POROS PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS.

#### 4.2.10 Ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de cilindros de hormigón (ASTM C 39)

La Figura 4.44 muestra el Formulario de Ingreso de Datos requeridos en el ensayo de compresión de cilindros de hormigón. Los campos marcados en gris, con letras blancas son modificables mientras que los que no poseen relleno alguno serán inalterables por el usuario.

La carga leída desde la prensa de compresión no será la que se tome en cuenta para el cálculo, como se aprecia en la Figura 4.44 existen 2 celdas

destinadas al ingreso de los coeficientes de la ecuación de calibración del aparato los cuales darán como resultado la fuerza real (libras) a tomarse en

ESPOL		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES	
Ing. Raúl Maruri Díaz			
COMPRESIÓN SOBRE CILINDROS DE HORMIGÓN			
Ingreso de Datos			
PROYECTO	Prueba Programa	FECHA	22/05/2011
MUESTRA	DUDA	Ecuación de Corrección	
CEMENTO	Portland	Carga Leída	308.5
ENSAYADO POR	Victor Oviedo		
REVISADO POR	Victor Maruri		
CALCULADO POR	Victor Oviedo		

EDAD (días)	DIMENSIONES			Carga Leída (lb)	Carga Máxima (lb)	Factor de Corrección	RESISTENCIA DE FALLA	
	Longitud (cm)	Dímetro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )				(MPa)	(kg/cm <sup>2</sup> )
18	30	15	176.71		96304.4	1.025	25.47	253.38
19	3	31	201.06		73794.3	1.016	16.85	169.15
20	7	30.5	176.71		108048.8	1.0298	28.84	285.51

**FIGURA 4.44** FORMULARIO DE INGRESO DE DATOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

cuenta en el cálculo del esfuerzo de falla, la columna de Carga Máxima registrará los datos calculados con la ecuación. En caso de que la prensa se encuentre correctamente calibrada y por lo tanto sus lecturas no ameriten corrección deberá colocarse el valor de 1 en las 2 celdas señaladas con gris para el ingreso de los coeficientes de calibración.


Las celdas que no vayan a ser destinadas al cálculo de la resistencia a compresión de los cilindros, deberán estar totalmente vacías con el fin de no colocar datos innecesarios en el informe final; adicional a este detalle no existen consideraciones especiales en cuanto al ingreso de datos en este programa, cada uno de los valores de las celdas de ingreso serán cargados en el formulario Reporte; los valores de Area, Carga Máxima, Factor de



Corrección y Resistencia de Falla serán calculados automáticamente por el programa. El informe definitivo generado se muestra en el anexo 8.

#### 4.2.10 Programa para la dosificación de proporciones en mezclas de Hormigón, método ACI

El programa de dosificación de hormigones tiene como objetivo otorgar una primera estimación de las proporciones adecuadas para producir una mezcla de un metro cúbico de hormigón empleando un arido fino y uno grueso utilizando como procedimiento de cálculo el algoritmo propuesto por el ACI (American Concrete Institute).

		Ingreso de Datos	
<b>Revenimiento</b>	 mm		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">           Secciones con congestión de Armadura ▼            Prefabricados de Alta Resistencia            Pavimentos de gran espesor            Losas, columnas, muros, vigas  <b>Secciones con congestión de Armadura</b>            Pilotaje con tubo tremie         </div>
	mínimo	máximo	
	100	150	

**FIGURA 4.45 SELECCIÓN DE EL REVENIMIENTO ADECUADO SEGÚN EL TIPO DE ESTRUCTURA A CONSTRUIRSE**

La Figura 4.45 muestra las dos primeras casillas para el ingreso de datos, como paso inicial el usuario debe ingresar un valor de asentamiento esperado en la mezcla, expresado en milímetros, con la finalidad de otorgar una idea de los límites recomendables para dicho parámetro, el usuario puede utilizar la ventana adyacente en donde se ubican distintos tipos de elementos de hormigón y los revenimientos máximo y mínimo aceptables



para la mezcla. En este paso se podrán seleccionar asentamientos apropiados para elementos como: Prefabricados de alta resistencia, pavimentos de gran espesor, losas, columnas, vigas, secciones con congestión de armadura y sistemas de pilotaje utilizando tubo tremie.

11		
12	<b>Módulo de Finura</b>	2,55
13	(Agregado Fino)	◀   ▶
14		
15	<b>Tamaño máximo</b>	3/8 ▼ pulgadas
16	<b>Nominal del</b>	9,51 mm
17	<b>Agregado</b>	

**FIGURA 4.46** SELECCIÓN DEL MODULO DE FINURA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO.

Paso seguido deberán seleccionarse el módulo finura del agregado fino a utilizarse y el tamaño máximo nominal del agregado grueso (Figura 4.46). Para escoger el primero se ha dispuesto una barra de desplazamiento horizontal sobre la cual el usuario deberá hacer clic a fin de aumentar o disminuir su valor. Para el tamaño máximo del agregado la barra de menú adyacente mostrará las opciones que el programa permite escoger para la mezcla, siendo estos tamaños en pulgadas:  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{8}$ , 1,  $1\frac{1}{2}$ , 2,  $2\frac{1}{2}$  y 3.

La mezcla de prueba a diseñarse pretende alcanzar una resistencia prefijada por el diseñador, para seleccionarla se ha dispuesto una barra de

desplazamiento horizontal donde el usuario puede hacer clic para aumentar o disminuir su valor, modificando automáticamente las proporciones definitivas de cada material, cabe destacar que este valor de resistencia deseada deberá ser el definitivo o sea tomará en cuenta el adicional que por seguridad se adiciona a la especificada por el proyectista.

<b>Resistencia a Compresión Requerida</b>	30 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Incorporará aire a la mezcla?</b>	Si
<b>Características de las partículas</b> (Agregado Grueso)	Redondeada y lisa
<b>Volúmen de la Bachada</b>	0.8 m <sup>3</sup>

**FIGURA 4.47 SELECCIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA LA MEZCLA, EXISTENCIA DE AIRE INCORPORADO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTÍCULAS DEL AGREGADO GRUESO**

También deberán ingresarse los datos de densidades y humedad de los agregados, las casillas para este efecto se pueden observar en la Figura 4.48. La densidad estimada del hormigón producido, así como el volumen de la bachada para la cual se desea diseñar la mezcla (ya que le

procedimiento establece las proporciones para 1 metro cúbico de concreto) también deberán ser añadidos como parte de los datos del programa.

Gravedad Específica Grueso	2,7	
Peso varillado grueso	1650	kg/m <sup>3</sup>
Densidad del hormigón	2285	
Gravedad Específica Fino	2,3	
Peso varillado fino	3100	kg/m <sup>3</sup>
Humedad del agregado fino	7,5	(%)
Absorción del agregado fino	2,71	(%)
Humedad del agregado grueso	1	(%)
Absorción del agregado grueso	5,33	(%)
Peso SSS (grueso)	800	kg
Peso SSS(fino)	727	kg

**FIGURA 4.48** CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

El resultado final del programa se presentará como los pesos de cada uno de los materiales para elaborar un metro cúbico de hormigón y para el volumen especificado de la bachada requerida (volumen de la mezcladora). El reporte definitivo generado se muestra en el anexo 8.

## CONCLUSIONES

1. Mediante el presente trabajo se ha podido determinar que el laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales se encuentra parcialmente operativo, sin lograr brindar todos los ensayos que potencialmente podría ejecutar. Según las áreas de trabajo de este Laboratorio los siguientes porcentajes muestran el estado operativo de sus máquinas:

<b>Area</b>	<b>Porcentaje de Equipos Operativos</b>
Mecánica de Suelos	66%
Misceláneos	67%
Hormigones y Cementos	40%
Asfaltos	0%
Mecánica de Rocas	33%

2. Se ha determinado también que las dimensiones actuales del laboratorio son insuficientes para las características y cantidad de ensayos que se ejecutan. Por lo tanto se ha recomendado la ampliación de su edificio, así se podrán poseer salas con un control adecuado de temperatura y humedad, divididas en secciones por tipo de prueba y con dimensiones convenientes para la ejecución de clases prácticas. La implantación propuesta se observa en el anexo 4.
  
3. Se ha recomendado la compra de equipamiento nuevo para cada una de las áreas del laboratorio. De esta manera se podrán ofrecer nuevas pruebas de Hormigones, Cementos, Resistencia de Materiales, Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas y Asfaltos. El equipamiento propuesto tiene como objetivo la prestación de servicios a empresas constructoras y consultoras relacionadas con las áreas del Laboratorio, así como otorgar a la Carrera de Ingeniería Civil de la ESPOC la posibilidad de realizar su actividad docente y de investigación en un ambiente moderno, totalmente equipado y cumpliendo con las normas vigentes.

4. Se han presupuestado los rubros de reparación de equipos, remodelación del y la compra de nuevo equipamiento para el laboratorio estos montos se detallan a continuación:

**PRESUPUESTO FINAL PARA LA READECUACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE  
EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO DE  
MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA ESPOL**

Reparación de Equipos No Operativos	\$ 21.650,00
Remodelación del Laboratorio	\$ 62.210,22
Compra de Equipamiento Nuevo	\$ 109.830,13
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 193.690,35</b>

5. Se han generado 11 distintos programas para el cálculo de parámetros obtenidos de ensayos de Mecánica de Suelos y Hormigones. El objetivo de estos es permitir a los técnicos de este Laboratorio manejar una gran cantidad de datos de ensayo de manera exacta, generando un cálculo confiable y rápido para los informes tomados en cuenta en esta tesis.

## RECOMENDACIONES

1. Una vez presentadas las reparaciones y compra de equipos necesarias, más la remodelación del edificio 20C para la completa recuperación y actualización del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales, se recomienda considerar prioritarias las actividades de reparación de equipamiento no operativo y remodelación de la infraestructura. De esta forma se puede aprovechar todo el potencial actual del laboratorio que no ha podido ser aprovechado, mejorando también la disposición de las zonas destinadas a la ejecución de ensayos, otorgando orden y control a cada una de las áreas.
2. Siendo la compra de nuevo equipamiento, un rubro alto dentro del equipamiento del laboratorio, se recomienda buscar financiamiento externo para su materialización. Existen organizaciones internacionales (JICA, gobierno Alemán, etc.) que financian proyectos

de investigación y docencia en países en vías de desarrollo. El plan de recuperación del laboratorio podría presentarse como una alternativa viable de financiamiento ante estas instituciones.

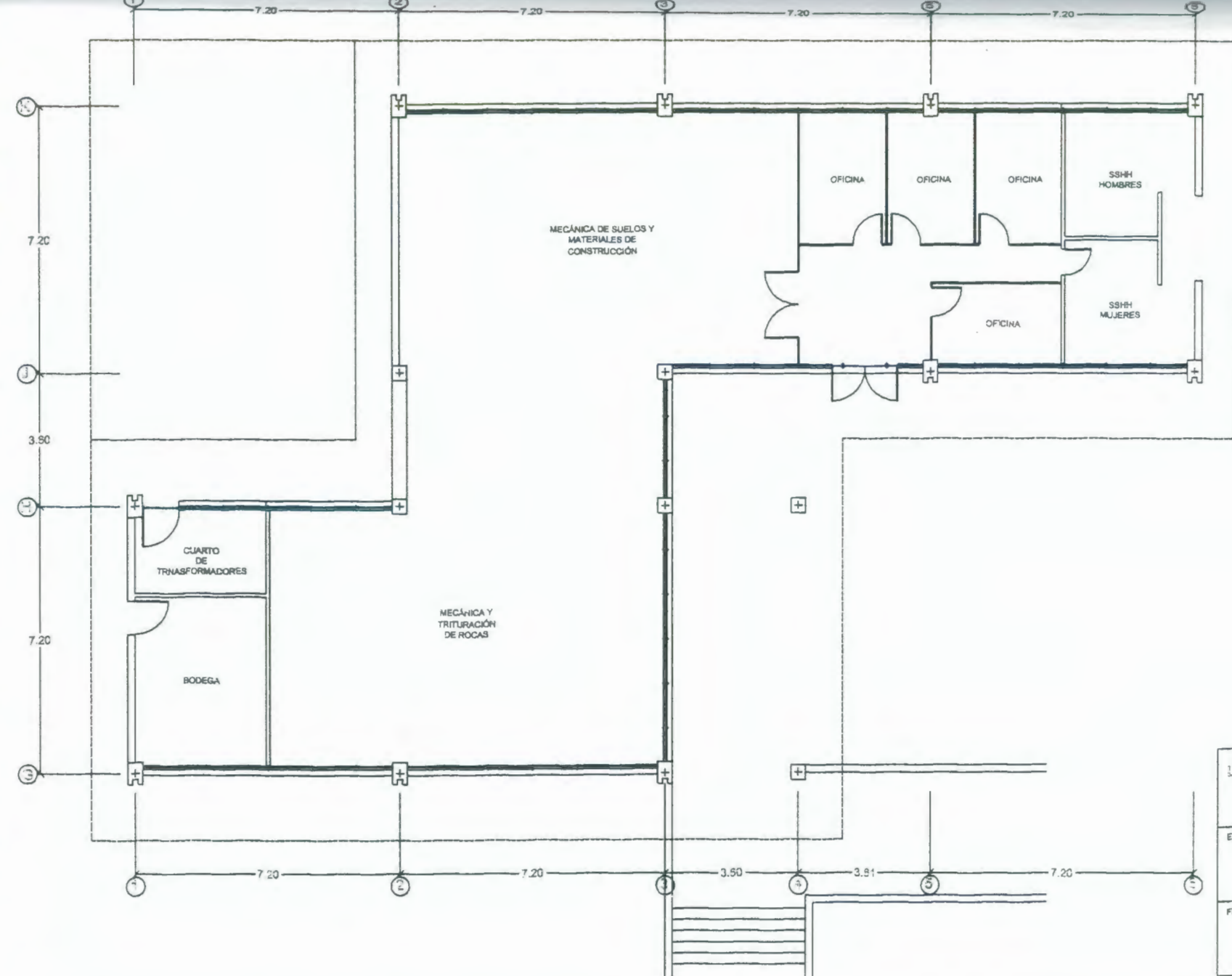


## **ANEXO 1**

# **PLANO ACTUAL DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES “RAUL MARURI DÍAZ”**



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES "PAÚL MARURI DIAZ"</b>	
ESCALA: 1:150	FUENTE: PLANIFICACIÓN /ESPOL
FECHA: ENERO /2004	EDIFICIO: 200

## **ANEXO 2**

### **INVENTARIO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES “RAUL MARURI DÍAZ”**

**ESCLERÓMETRO MECÁNICA DE ROCAS**

Operativo

**Mecánica de Rocas**

<b>Código</b>	7252	<b>Ingreso</b>	1986
<b>Marca</b>	Schmidt	<b>Modelo</b>	RM-710
		<b>Procedencia</b>	

**Función**

Mediante el impacto de un vástago sobre la superficie de un elemento de hormigón, aproxima la resistencia a compresión del mismo.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones**

Ninguna

**Comentarios****CUNA PARA ESPECÍMENES DE ROCA**

Operativo

**Mecánica de Rocas**

<b>Código</b>	-	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	RM-200
		<b>Procedencia</b>	Donación

**Función**

Permite alojar los especímenes de roca a ser ensayados con el esclerómetro.

**Daños**

-

**Reparaciones**

-

**Comentarios**

-

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS**

No Operativo

**Mecánica de Rocas**

<b>Código</b>	21305	<b>Ingreso</b>	1986
<b>Marca</b>	SBEL	<b>Modelo</b>	RML-100
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Ejecuta ensayos de compresión simple, compresión triaxial, medición de pulso sísmico sobre testigos de roca

**Daños**

-

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Necesita comprarse la celda de carga para la prensa.

**Comentarios**

Este aparato no ha sido operado desde 1988, falta una pieza importantísima como es la celda de carga. Este aparato es de enorme utilidad pues posee medición de deformaciones mediante LVDT, y provee las grandes presiones necesarias para comprimir muestras de roca.



**EXTRACTORA DE ASFALTOS**

No Operativo

Asfaltos

<b>Código</b>	7186	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	AP-176
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Por medio de la centrifugación de una muestra de pavimento asfáltico mezclada con químicos permite la recuperación de la emulsión asfáltica.

**Daños**

-

**Reparaciones**

-

**Comentarios**

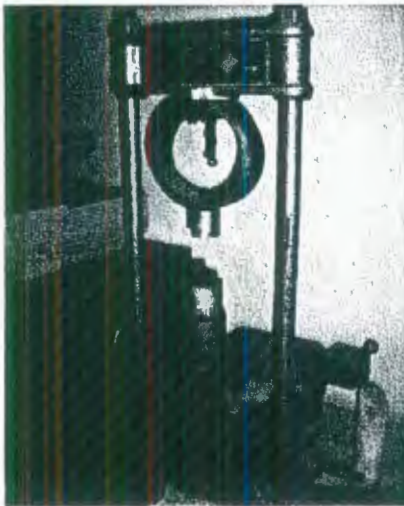
Este aparato opera manualmente, por lo que resulta totalmente impráctico.

**PRENSA MARSHALL**

No Operativo

Asfaltos

<b>Código</b>	6895	<b>Ingreso</b>	No
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	D-696
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	

**Función**

Otorga la carga axial necesaria para comprimir briquetas de asfalto según el método de estabilidad marshall.

**Daños**

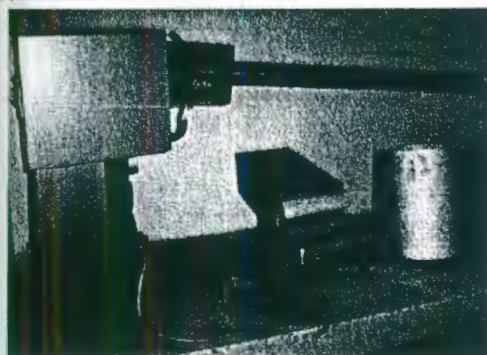
Motor dañado

**Reparaciones****Comentarios**

Este aparato permite a la prensa de compresión cumplir con los requisitos de velocidad de carga exigidos en la norma.

**APARATO PARA TRACCIÓN DE MORTEROS**

No Operativo

**Hormigones y Cementos**

**Código** - **Ingreso** 1987  
**Marca** Soiltest **Modelo** -  
**Cantidad** 1 **Procedencia** Compra Espol  
**Función**

Se prepara una muestra de mortero en moldes especiales para este aparato, luego se coloca entre abrazaderas en forma de "8" y se somete a tracción.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones**

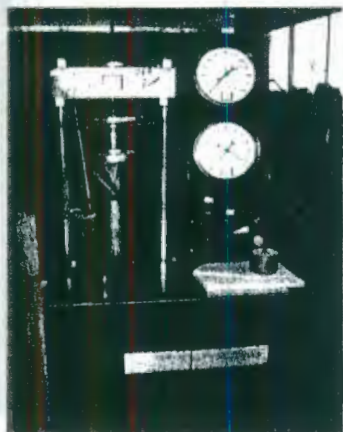
Revisar el sistema eléctrico, mantenimiento.

**Comentarios**

Es un aparato raramente utilizado, cabe anotar que tampoco es un ensayo muy popular e incluso las incertidumbres que posee hicieron que ya no se incluya en la norma ASTM.

**PRENSA DE COMPRESIÓN DE CUBOS MORTERO**

Operativa

**Hormigones y Cementos**

**Código** - **Ingreso** 2000  
**Marca** Soiltest **Modelo** Versa Tester  
**Cantidad** 1 **Procedencia** Donación  
 AP 1020

**Función**

Comprimir muestras de cubos de mortero, con los dispositivos adecuados puede ejecutar ensayos de flexión en viguetas.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones**

Dar mantenimiento, pintura y limpieza

**Comentarios**

A pesar de ser un aparato útil y que se encuentra en excelente estado ya dejó de producirse, por lo que la adquisición de adaptadores para ejecutar ensayos a flexión es poco probable.

**MEDIDOR DE CONTENIDO DE AIRE**

No Operativo

**Hormigones y Cementos**

**Código** - **Ingreso** 2000  
**Marca** Soiltest **Modelo** CT-126  
**Cantidad** 1 **Procedencia** Donación  
 Incel-Quito

**Función**

Mide el contenido de aire atrapado en muestras de hormigón, mortero o arenas.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Falta el calibrador del dial, que debe usarse antes de cada lectura del aparato

**Comentarios**

Equipo nuevo

**PRENSA DE COMPRESIÓN**

Operativo

**Hormigones y Cementos**

<b>Código</b>	7058	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	CT-900
		<b>Procedencia</b>	Donación

**Función**

Brindar la carga axial para la compresión de cilindros de hormigón y especímenes de materiales de construcción.

**Daños**

Fugas en el sistema hidráulico, el vástago de carga se salió del aparato

**Reparaciones y accesorios faltantes**

Reinsertar el vástago de carga en la cámara de presión, reparar las fugas de aceite que posee el aparato; limpieza y pintura.

**Comentarios**

Este aparato trabaja con operación manual, por lo que no puede cumplir a cabalidad con los requisitos de velocidad de carga descritos en la norma.

**ACCESORIOS PARA FLEXIÓN**

No operativo

**Hormigones y Cementos**

<b>Código</b>	-	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	-
		<b>Procedencia</b>	Donación A. Portuaria

**Función**

Adaptadas a una prensa de compresión compatible permiten realizar pruebas de flexión en vigas de hormigón

**Daños**

Los apoyos inferiores fueron soldados y adaptados a la prensa de compresión Soiltest (7058) por lo que el equipo quedó inutilizado.

**Reparaciones****Comentarios**

No existe información sobre estos adaptadores, ninguna de las prensas de compresión existentes en el laboratorio son compatibles con sus conexiones.

**SONDA DE ULTRASONIDO**

Operativo

<b>Código</b>	-	<b>Ingreso</b>	2000
<b>Marca</b>	TICO	<b>Modelo</b>	
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Mediante la velocidad de transmisión de un pulso ultrasónico a través de un espécimen de hormigón permite estimar la resistencia de la muestra.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones**

Ninguna

**Comentarios**

Equipo nuevo

**MEZCLADORA DE MORTEROS**

No Operativo

**Hormigones y Cementos**

<b>Código</b>	-	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Hobart	<b>Modelo</b>	S7N50
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación A. Portuaria

**Función**

Preparar muestras de mortero para confección de cubos destinados al ensayo de resistencia a la compresión.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Falta el aspa para el mezclado de morteros; mantenimiento

**Comentarios****APARATOS VICAT**

No Operativo

**Hormigones y Cementos**

<b>Código</b>	7189 ;
<b>Marca</b>	Soiltest ; Humboldt
<b>Cantidad</b>	3
<b>Ingreso</b>	1970; 2000
<b>Modelo</b>	-
<b>Procedencia</b>	Donación A. Portuaria (1) Compra (2)

**Función**

Se prepara una muestra tronco cónica de mortero y mediante la penetración de una aguja impulsada por el peso del vástago del equipo se mide su consistencia normal y tiempo de fraguado.

**Daños**

En los Aparatos 7189 y la Donación de Quito (1094) las agujas se encuentran inservibles

**Reparaciones**

Soldar un perno de sujeción en la tapa del tanque; dar mantenimiento y limpieza

**Comentarios**

Este aparato permite a la prensa de compresión cumplir con los requisitos de velocidad de carga exigidos en la norma.

**MESA DE FLUJO**

No Operativo

**Hormigones y Cementos**

<b>Código</b>	7056	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	-
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación A. Portuaria

**Función**

Se prepara una muestra de mortero dentro de un cono de caucho de dimensiones normadas, la mesa se hace subir y descender libremente una cantidad de veces determinada y se mide el diámetro final alcanzado por la muestra.

**Daños**

Motor dañado

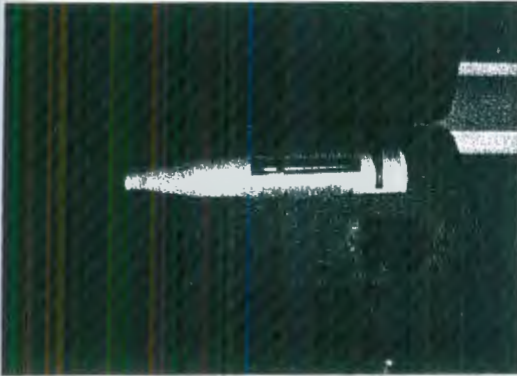
**Reparaciones, accesorios faltantes**

Reparar motor, realizar la conexión de este con la mesa de flujo, construir la pirámide truncada que sirve de base para ese equipo.



**ESCLERÓMETRO**

Operativo

**Hormigones y Cementos****Código****Marca** ELE**Ingreso** 2000**Modelo** CT-320A**Procedencia** Compra Espol**Función**

Mediante el impacto de un vástago sobre la superficie de un elemento de hormigón, aproxima la resistencia a compresión del mismo.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones**

Ninguna

**Comentarios****ESCLERÓMETRO DIGITAL**

Operativo

**Hormigones y Cementos****Código****Marca** Schmidt**Ingreso** 2000**Modelo** 2000**Procedencia** Compra Espol**Función**

Mediante el impacto de un vástago sobre la superficie de un elemento de hormigón, aproxima la resistencia a compresión del mismo.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones**

Ninguna

**Comentarios**

Lectura digital, almacenamiento de datos en memoria interna. Equipo nuevo.

**MEZCLADORA DE LABORATORIO**

Operativo

**Hormigones y Cementos****Código****Marca** Soiltest**Ingreso** 1970**Modelo** CT-30**Procedencia** Donación

A. Portuaria

**Función**

Preparar batchadas de hormigón para pruebas de resistencia en laboratorio.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones**

Dar mantenimiento, limpieza, colocar conexión eléctrica

**Comentarios**

Hormigones y Cementos



**Código** - **Ingreso** 2000  
**Marca** CENCO **Modelo** 25515-16  
**Procedencia** Donación Inecel-Quito

**Función**  
 Un prisma de mortero a alta temperatura y presión se coloca en su interior para determinar su potencial de expansión

**Daños**  
 Sistema eléctrico  
**Reparaciones, accesorios faltantes**  
 Reparar tapa (faltan pernos), reparar el sistema eléctrico, falta el termómetro para control de temperatura, reparar manómetro.

**Comentarios**  
 Ensayo muy práctico para determinar el potencial de expansión en morteros, sin embargo el uso de presión y alta temperatura hacen peligrosa su operación.

MEZCLADORA DE HORMIGÓN

Hormigones y Cementos



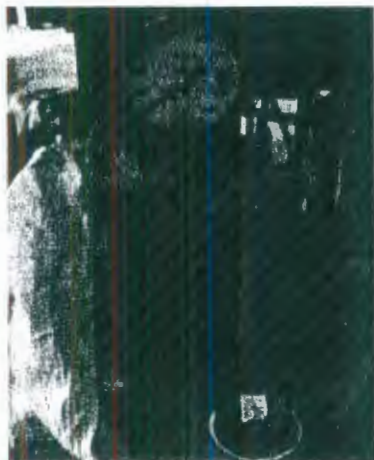
**Código** Donación **Ingreso** 2000  
**Marca** Metalúrgica **Modelo** -  
 Argentina **Procedencia** Donación Inecel-Quito

**Función**  
 Preparar bachadas de hormigón para pruebas de resistencia en laboratorio.

**Daños**  
 Revisar motor  
**Reparaciones**  
 Revisar motor, dar mantenimiento, limpieza, falta banda de rotación  
**Comentarios**

PRENSA DE COMPRESIÓN

Hormigones y Cementos



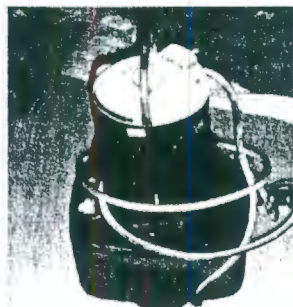
**Código** 7057 **Ingreso** 1977  
**Marca** Soiltest **Modelo** CT-710  
**Procedencia** Compra Espol

**Función**  
 Brindar la carga axial para la compresión de cilindros de hormigón y especímenes de materiales de construcción.

**Daños**  
 Fugas en el sistema hidráulico  
**Reparaciones**  
 Revisar el sistema hidráulico, revisar gata de transmisión de carga  
**Comentarios**  
 Este aparato trabaja con operación manual, por lo que no puede cumplir a cabalidad con los requisitos de velocidad de carga descritos en la norma

**MOTOR PARA PRENSA DE COMPRESIÓN**

No Operativo

**Hormigones y Cementos**

**Código** 7068      **Ingreso** 1970  
**Marca** Greenle      **Modelo** CT715  
**Cantidad** 1      **Procedencia** Donación  
**Función** A.Portuaria

Otorga presión a la prensa de compresión de hormigones, controlando la velocidad de carga.

**Daños**

Motor dañado

**Reparaciones**

Revisar motor, dar mantenimiento, limpieza

**Comentarios**

Este aparato permite a la prensa de compresión cumplir con los requisitos de velocidad de carga exigidos en la norma

**PRENSA DE COMPRESIÓN**

No Operativo

**Hormigones y Cementos**

**Código** -      **Ingreso** 2000  
**Marca** Soiltest      **Modelo** CT-900  
**Procedencia** Donación  
Incecl-Quito

**Daños**

No posee aceite hidráulico, vástago de carga salido

**Reparaciones**

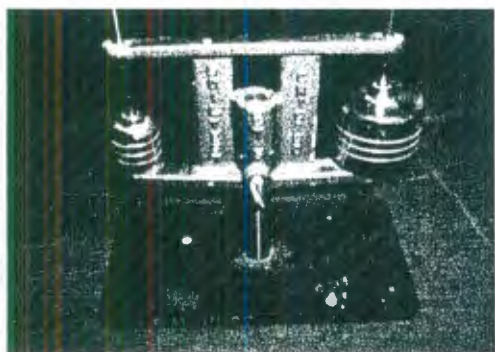
Sistema Hidráulico

**Comentarios**

Donación Quito-Incecl (2000), 30000 lb de capacidad

**APARATO DE GUILLMORE**

Operativo

**Hormigones y Cementos**

**Código** -      **Ingreso** 2000  
**Marca** Soiltest      **Modelo** CT-3  
**Procedencia** Donación  
Incecl-Quito

**Función**

Mediante la penetración de 2 pesas normadas sobre una muestra de mortero, permite conocer la velocidad de fraguado del mismo.

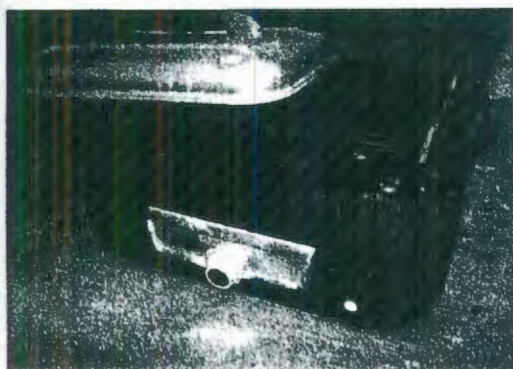
**Daños****Reparaciones****Comentarios**

**BIBLIOTECA FICT**  
**ESPOL**

**BAÑO DE MARIA**

No Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7178	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	AP-160
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación A.Portuaria

**Función**

Mantener las muestras a la temperatura exigida en la norma, tanto para ensayos de mecánica de suelos como en asfaltos.

**Daños**

Rejilla de contención rota

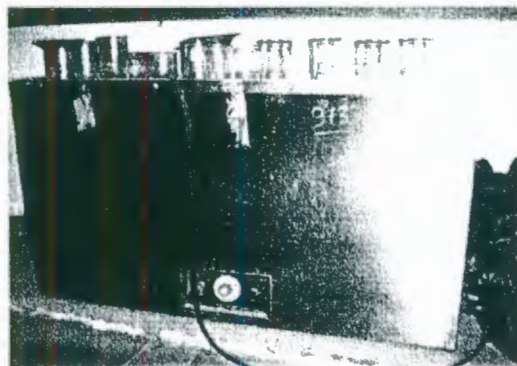
**Reparaciones, accesorios faltantes**

Falta cable a conexión eléctrica, reemplazar rejilla de contención dar mantenimiento

**Comentarios****BAÑO DE MARIA, Hidrometría**

Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	-	<b>Ingreso</b>	2000
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	-
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación Inecel Quito

**Función**

Mantener las jarras de suelo en suspensión a la temperatura adecuada exigida en la norma ASTM D-422 para el ensayo hidrométrico

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Disponer un lugar adecuado para su colocación pues posee una conexión para desfogar y cambiar el agua.

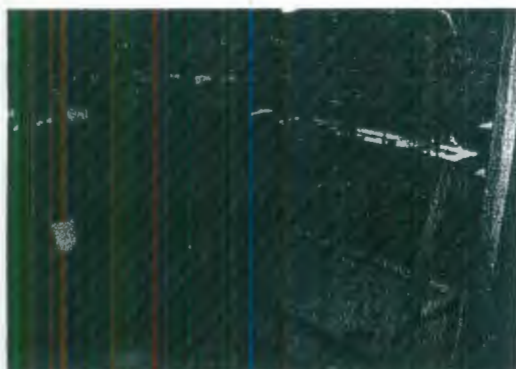
**Comentarios**

No se ha utilizado este aparata por no disponer de un lugar adecuado.

**CONSOLIDÓMETRO**

Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	15839	<b>Ingreso</b>	1993
<b>Marca</b>	Nacional	<b>Modelo</b>	-
<b>Cantidad</b>	1; con 2 cápsulas	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Obtener parámetros de consolidación de muestras inalteradas o remoldeadas de suelo, mediante la aplicación de cargas normales al espécimen.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Disponer un lugar adecuado para su colocación pues movimientos del aparato generan resultados incorrectos.

**EXTRUSOR DE MUESTRAS**

Operativo

Mecánica de Suelos

<b>Código</b>	7082	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	P-106
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación A. Portuaria

**Función**

Extraer las muestras inalteradas de suelo desde los tubos shelby después de un sondaje geotécnico

**Daños****Reparaciones, accesorios faltantes**

Limpieza

**Comentarios****BATIDORAS**

Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7086; 7154	<b>Ingreso</b>	1979
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelos</b>	P-106 y 936-1
<b>Cantidad</b>	3	<b>Procedencia</b>	Compra Espol(1) A. Portuaria (1) Inecel(1)

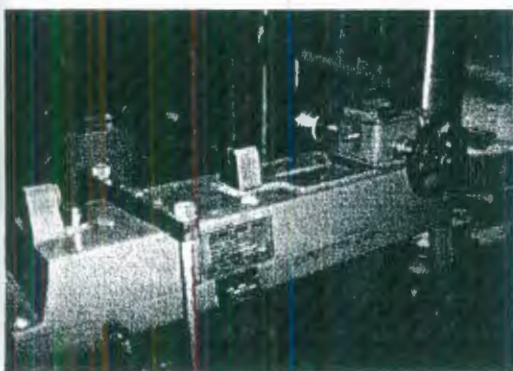
**Función**

Una muestra de suelo más un agente dispersador se colocan en el vaso del aparato para después ser "licuados" antes del ensayo hidrométrico.

**Daños****Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios****APARATO DE CORTE DIRECTO**

No Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>		<b>Ingreso</b>	2000
<b>Marca</b>	Tanifuji	<b>Modelo</b>	
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación

**Función**

Se coloca un espécimen de suelo (inalterado o remoldeado), se le aplica una carga normal y el aparato provee una carga tangencial a velocidad controlada. Procesando los datos se obtienen los valores de cohesión y ángulo de fricción de dicha muestra

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Construir una caja de corte, adaptar un anillo de carga (10KN).

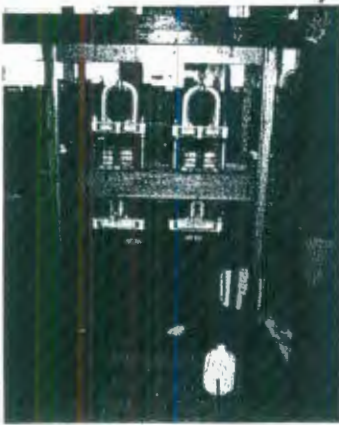
**Comentarios**

La marca de este equipo ya no fabrica material de laboratorio, por lo que el anillo de carga deberá ser adaptado mediante soldaduras al marco del mismo.

**CONSOLIDÓMETRO**

No Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	-	<b>Ingreso</b>	2000
<b>Marca</b>	Fabricación	<b>Modelo</b>	-
<b>Cantidad</b>	1; con 2 cápsulas	<b>Procedencia</b>	Donación Inecel-Quito

**Función**

Obtener parámetros de deformación de muestras inalteradas o remodeladas de suelo, mediante la aplicación de cargas normales al espécimen.

**Daños**

Falta una rótula de transmisión de carga, no posee las cápsulas para colocación de muestras.

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Reemplazar las rótulas de transmisión de carga, construir las cápsulas para colocarlas muestras, disponer un lugar adecuado para su colocación pues vibraciones y movimientos al aparato generan resultados incorrectos

**Comentarios****PERMEÁMETRO DE COMPACTACIÓN**

No Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7163	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	K-160
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación A.Portuaria

**Función**

Obtener el valor de permeabilidad K de muestras compactadas de suelo, ya sea bajo carga constante o variable.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Falta la bureta de medición de variación de volumen, 2 piedras porosas

**Comentarios****PERMEÁMETRO**

Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7184	<b>Ingreso</b>	1977
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	K-605
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Obtener el valor de permeabilidad K de muestras compactadas o inalteradas de suelo, ya sea en carga constante o variable.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

**PERMEÁMETRO**

No Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7063	<b>Ingreso</b>	1979
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	K-600
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Obtener el valor de permeabilidad K de muestras compactadas o inalteradas de suelo, ya sea en carga constante o variable.

**Daños**

Ninguno

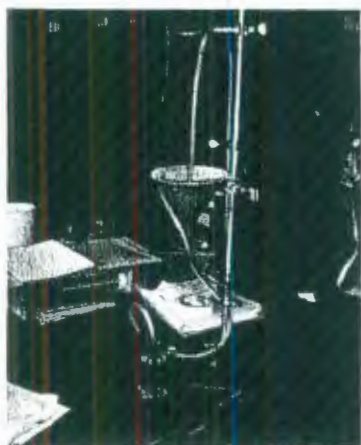
**Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

Muy vetusto y desprovisto de sus accesorios

**APARATO DE PINHOLE**

Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	15892	<b>Ingreso</b>	1993
<b>Marca</b>	Nacional	<b>Modelo</b>	-
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Determinar el potencial de dispersión ante la erosión de muestras de arcilla.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Ninguno

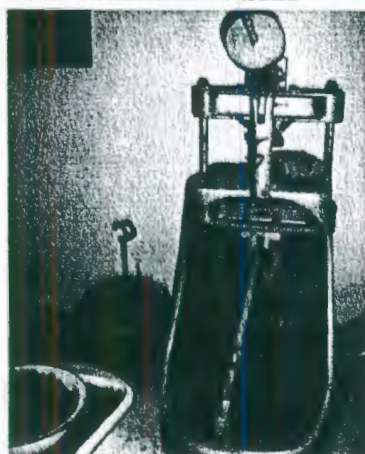
**Comentarios**

No es un ensayo común dentro del laboratorio, el equipo permanece sin utilizarse.

**CONSOLIDÓMETRO**

No Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7177	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	C-220
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación A. Portuaria

**Función**

Obtener parámetros de deformación de muestras inalteradas o remodeladas de suelo, mediante la aplicación de cargas normales al espécimen.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Anillo para colocar los especímenes.

**Comentarios**

Vetusto, permanece sin uso, falto de sus accesorios. Su modelo ya no es fabricado por la empresa Soiltest

**EYECTOR DE MUESTRAS**

No Operativo

Mecánica de Suelos

<b>Código</b>	7156	<b>Ingreso</b>	1979
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	P-103
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Extraer las muestras inalteradas de suelo desde los tubos shelby después de un sondaje geotécnico

**Daños****Reparaciones, accesorios faltantes**

Anillo para colocar los especímenes.

**Comentarios**

Muy vetusto, y desprovisto de sus accesorios.

**APARATO PARA CORTAR MUESTRAS**

No Operativo

Mecánica de Suelos

<b>Código</b>	7053	<b>Ingreso</b>	1979
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	RM-720
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

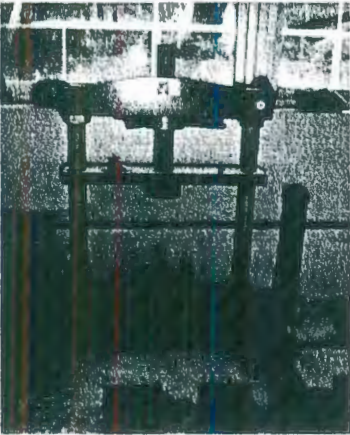
Fragmentar especímenes de roca

**Daños**

Sistema hidráulico averiado

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Re-ensamblar las partes componentes

**Comentarios****PRENSA COMPRESIONSIMPLE**

Operativo

Mecánica de Suelos

<b>Código</b>	7170	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	U-160
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación A. Porturaria

**Función**

Comprimir especímenes inalterados o remoldeados de suelo con el fin de obtener el parámetro de resistencia "qu".

**Daños**

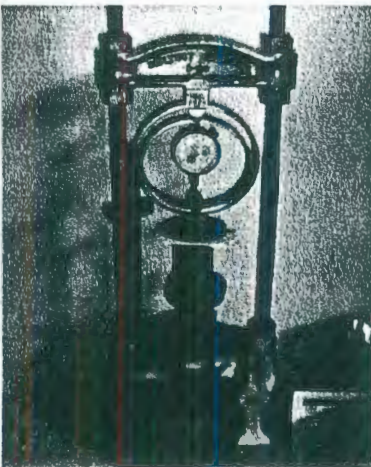
Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Ninguno

**Comentarios**

A pesar de ser un equipo antiguo (fabricado en 1970), permite ejecutar de manera correcta este ensayo, para poder otorgar una velocidad de carga óptima puede adaptarse un motor en lugar de su manivela.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**



**APARATO DE MUESTRAS**

No Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7080	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	-
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación A.Portuaria

**Función**

Extraer las muestras inalteradas de suelo desde los tubos shelby después de un sondaje geotécnico

**Daños****Reparaciones, accesorios faltantes**

Solo tiene el marco metálico

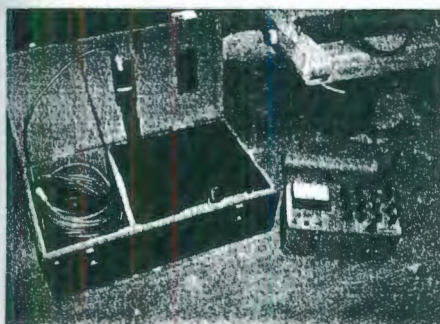
**Comentarios**

Muy vetusto, y desprovisto de sus accesorios.

**APARATO DE DEFORMACIÓN EN POZOS**

No Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	6897	<b>Ingreso</b>	1977
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	RM 590
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Medir esfuerzos en masas de roca.

**Daños****Reparaciones, accesorios faltantes**

Batería, manuales de operación.

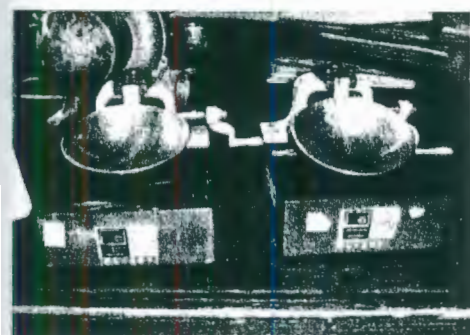
**Comentarios**

No se utiliza este aparato, se encuentra abandonado, y no existendetalles (manuales, documentación) para su operación. Soiltest ya no fabrica este equipo.

**COPAS DE CASAGRANDE**

Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7169; 7188	<b>Ingreso</b>	1970; 2000
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	CL-207
<b>Cantidad</b>	3	<b>Procedencia</b>	Espol (2) Donación(1)

**Función**

Determinar el límite líquido de una muestra de suelo tamizada por la malla No. 40

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

**MEDIDOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA EN SUELOS**

No Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7180	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	MC-300A
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación A. Portuaria

**Función**

Medición de Temperatura y Humedad de muestras de suelo

**Daños**

Falta Batería

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Comprar batería nueva, electrodos para medición de temperatura y humedad. Conseguir manual de Operación ya que no existe actualmente en el laboratorio.

**Comentarios**

El control de humedad en terreno en la actualidad se realiza con aparatos más versátiles como el densímetro nuclear

**MOLDEADOR DE MUESTRAS**

Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7064	<b>Ingreso</b>	1977
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	P-405
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Moldear especímenes cilíndricos a partir de muestras remoldeadas o inalteradas de suelo cohesivo.

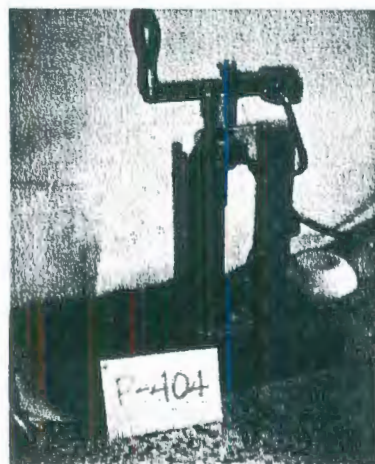
**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios****MOLDEADOR DE MUESTRAS**

No Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7102	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	P-404
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación A. Portuaria

**Función**

Moldear especímenes cilíndricos a partir de muestras remoldeadas o inalteradas de suelo cohesivo.

**Daños**

Ninguno

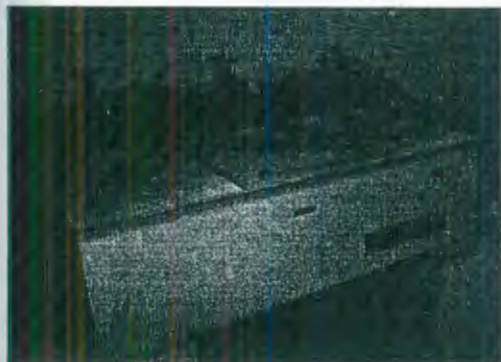
**Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

El moldeo de muestras con este aparato es más complicado que con el moldeador 7064, por lo que es un aparato de poco uso.

**PULIDORA DE MUESTRAS**

Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7152	<b>Ingreso</b>	1979
<b>Marca</b>	Precision Sci	<b>Modelo</b>	RM-800
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Preparar láminas delgadas a partir de especímenes de roca

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

No se ofrecen análisis de microscopía en este laboratorio, por lo que este equipo no es utilizado.

**PRENSA CBR**

Semi Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7074	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	IAP170
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Donación A. Portuaria

**Función**

Otorgar la carga necesaria para producir la penetración de 2.54 cm requerida en el ensayo CBR

**Daños**

Motor quemado

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Reparar el motor, dar mantenimiento (pintura y limpieza)

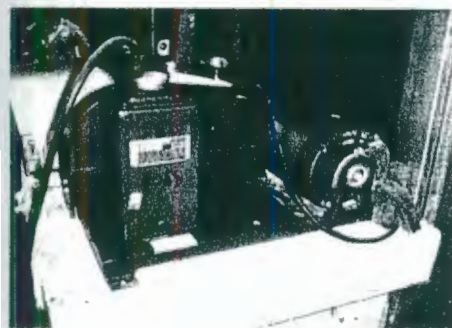
**Comentarios**

A pesar de tener su motor averiado se utiliza con operación manual

**BOMBA PARA SUCCIÓN DE MEMBRANAS**

Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7065	<b>Ingreso</b>	1979
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	T-500A
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Absorbe las membranas de protección de los especímenes para ensayo triaxial y los junta a las paredes del moldeador.

**Daños**

Ninguno

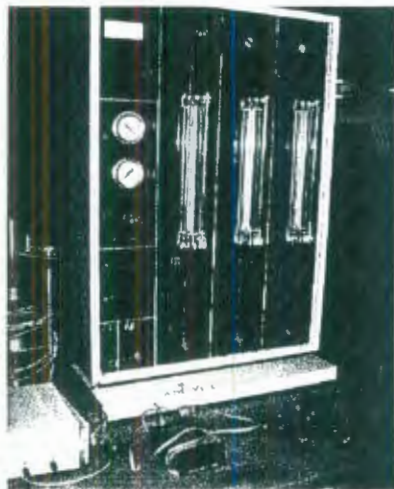
**Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

Este aparato forma parte del equipo triaxial.

**PANEL TRIAXIAL**

No Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	21306	<b>Ingreso</b>	1986
<b>Marca</b>	Brainard Killman	<b>Modelo</b>	4420
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Conectándolo a su celda triaxial, otorga mediciones de presión de poros y variación de volúmen de los especímenes sometidos a compresión triaxial.

**Daños**

Reguladores de presión inservibles, dial de presión de poros quemado.

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Comprar nuevos reguladores de presión, repara el dial digital, revisión y mantenimiento especializados.

**Comentarios**

El funcionamiento de este aparato es de vital importancia si se desea aprovechar la capacidad del marco triaxial y así poder ejecutar los ensayos tipo Consolidado Drenado y Consolidado No Drenado.

**MARCO TRIAXIAL**

Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7166	<b>Ingreso</b>	1977
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	T-120
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Otorga la presión de cámara y la carga axial suficientes para poder comprimir una probeta de suelo sobre sus tres ejes.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Dar mantenimiento especializado

**Comentarios**

Sin el panel triaxial este aparato solo puede ejecutar el ensayo no consolidado, no drenado, que por sus resultados es equivalente a la compresión inconfineda o compresión simple.

**MOLDEADOR DE MUESTRAS**

No Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	7182	<b>Ingreso</b>	1973
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	C-202
<b>Cantidad</b>	1	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Función**

Moldear las muestras a utilizarse en el ensayo de consolidación.

**Daños**

Falta aparato de corte de muestras

**Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

Muy vetusto y desprovisto de sus accesorios, la empresa **Soiltest** ya no fabrica este aparato.

**HIDRÓMETRO**

Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	-	<b>Ingreso</b>	20
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	-
<b>Cantidad</b>	7	<b>Procedencia</b>	Compra Espol (2) Inecel Quito(5)

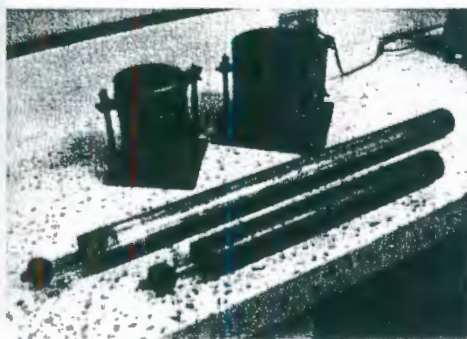
**Función**

Una muestra dispersa por un defloculante es colocada en una jarra permitiendo su asentamiento, la distribución de las partículas en la suspensión se determina durante el tiempo mediante la inmersión y lectura de este aparato.

**Daños****Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios****MARTILLOS, PROCTOR ESTANDAR Y MODIFICADO**

Operativo

Mecánica de Suelos



<b>Código</b>	-	<b>Ingreso</b>	1970
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	-
<b>Cantidad</b>	2	<b>Procedencia</b>	Donación A. Portuaria

**Función**

Compactar muestras de suelo previo a la medición de su peso y posterior determinación de densidad y contenido de humedad.

**RESUMEN, ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS**

TOTAL DE EQUIPOS	41
OPERATIVOS	27
NO OPERATIVOS	14

EQUIPOS DONADOS	22
EQUIPOS COMPRADOS	19

**BALANZA**

Operativo

Misceláneos



**Código** 7085      **Ingreso** 1970  
**Marca** Welch      **Modelo** L-600  
**Cantidad** 1      **Procedencia** Donación  
**Función** A. Portuaria  
 Pesaje de Muestras de hasta 100g, aprox. 0.01g  
**Daños**

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Dar mantenimiento

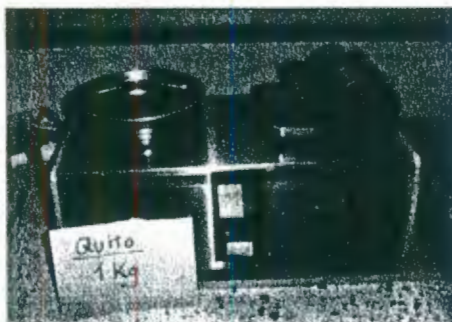
**Comentarios**

Operación manual, lenta e inexacta

**BALANZA**

Operativo

Misceláneos



**Código** -      **Ingreso** 2000  
**Marca** Ohaus      **Modelo** -  
**Cantidad** 1      **Procedencia** Donación  
**Función** Inecel-Quito  
 Pesaje de Muestras de hasta 1Kg aprox. 0.1 Kg.  
**Daños**

Foco, dial de lectura.

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Reparar el foco del dial y la banda de lecturas

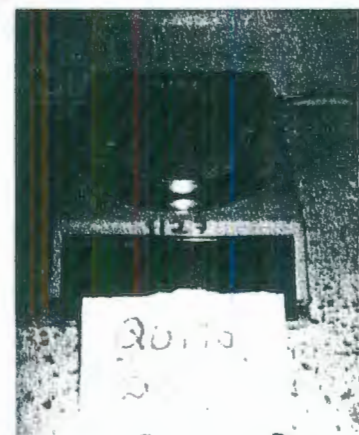
**Comentarios**

Lectura directa, donación Quito-Inecel (2000)

**BALANZA**

Operativo

Misceláneos



**Código** -      **Ingreso** 2000  
**Marca** Mettler      **Modelo** PE200  
**Cantidad** 1      **Procedencia** Donación  
**Función** Inecel-Quito  
 Pesaje de Muestras de hasta 200g, aprox. 0.1g  
**Daños**

-

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Mantenimiento, limpieza.

**Comentarios**

Donación Quito-Inecel (2000)

**BALANZA**

Operativo

Misceláneos



**Código** 7173      **Ingreso** 2000  
**Marca** Ohaus      **Modelo** L-415  
**Cantidad** 1      **Procedencia** Donación  
**Función** Inecel-Quito  
 Pesaje de Muestras de hasta 2.61 kg  
**Daños**

**Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

Operación manual, lenta e inexacta, Donación Quito-Inecel (2000)

**BALANZA**

No Operativo

Misceláneos



**Código** 7165      **Ingreso** 1970  
**Marca** Ohahus      **Modelo** L-920  
**Cantidad** 1      **Procedencia** Donación  
**Función** A. Portuaria

Pesaje de Muestras de hasta 1 Kg, aprox 0.1g

**Daños**

**Reparaciones, accesorios faltantes**

**Comentarios**

Las pesas de esta balanza fueron sustraídas por lo que quedó inutilizada

**BALANZA**

Operativo

Misceláneos



**Código** 6898      **Ingreso** 1970  
**Marca** Fairbanks      **Modelo** -  
**Cantidad** 1      **Procedencia** Donación  
**Función** A. Portuaria

Pesaje de Muestras de hasta 200lb, aprox 1 lb

**Daños**

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Dar mantenimiento

**Comentarios**

Operación lenta

**BALANZA**

Operativo

Misceláneos



**Código** 15865      **Ingreso** 1993  
**Marca** AccuWeigh      **Modelo** -  
**Cantidad** 1      **Procedencia** Compra Espol  
**Función**

Pesaje de Muestras de hasta 2500g aprox 2g

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

**Comentarios**

**BALANZA**

Operativo

Misceláneos



**Código** -      **Ingreso** 2000  
**Marca** Soiltest      **Modelo** 4505  
**Cantidad** 1      **Procedencia** Donación  
**Función** Incel-Quito

Pesaje de Muestras de hasta 311g, aprox 0.01g

**Daños**

**Reparaciones, accesorios faltantes**

**Comentarios**

Donación Quito (inexcel)

**MAQUINA PARA ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES**

Operativo

Misceláneos



**Código** 7054 **Ingreso** 1970  
**Marca** Soiltest **Modelo** M-500  
**Cantidad** 1 **Procedencia** Donación  
**Función** A. Portuaria  
 Una muestra de agregado se coloca en el interior junto a varias cargas abrasivas (bolas de acero), después de un número de rotaciones se pesa la cantidad de fino producto de la abrasión del material.

**Daños**

Ningun daño en el motor, tapa del tanque averiada.

**Reparaciones**

Soldar un perno de sujección en la tapa del tanque; dar mantenimiento y limpieza

**Comentarios****OLLA DE CAPIN**

No Operativo

Misceláneos



**Código** - **Ingreso** 2000  
**Marca** Soiltest **Modelo** -  
**Procedencia** Donación  
**Función** Inecel-Quito

Derretir el capin (compuesto de grafito y azufre) para su colocación de refrentado en cilindros de hormigón y materiales de construcción

**Daños**

Sistema eléctrico

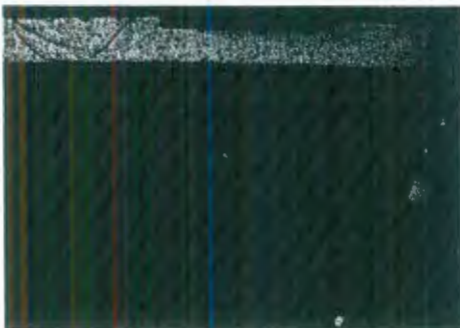
**Reparaciones**

Revisar el sistema eléctrico, adaptar cable de electricidad, dar mantenimiento y limpieza.

**Comentarios****COMPRESOR DE AIRE**

Operativo

Misceláneos



**Código** 7103 **Ingreso** 1970  
**Marca** Westinghouse **Modelo** 3098431-1  
**Cantidad** 2 **Procedencia** Donación  
 A. Portuaria

**Función**

Proveer la presión necesaria para la cámara del ensayo triaxial.

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones**

-

**Comentarios**



**NUCLEADORA**

Operativo

**Misceláneos**

<b>Código</b>	7162	<b>Ingreso</b>	1986
<b>Marca</b>	Acker	<b>Modelo</b>	1040
<b>Daños</b>	-	<b>Procedencia</b>	Donación Texaco

**Reparaciones, accesorios faltantes**  
Mantenimiento

**Comentarios**

**HORNILLO DE CAMPO**

No Operativo

**Misceláneos**

<b>Código</b>	-	<b>Ingreso</b>	2000
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	-
<b>Daños</b>	-	<b>Procedencia</b>	Donación Inecel-Quito

**Reparaciones, accesorios faltantes**

**Comentarios**

Por ser a gas no es un equipo práctico para su uso en laboratorio

**OLLA DE CAPIN**

Operativo

**Misceláneos**

<b>Código</b>	-	<b>Ingreso</b>	2000
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	-
		<b>Procedencia</b>	Donación Inecel-Quito

**Función**

Derretir el capin (compuesto de grafito y azufre) para su colocación de refrentado en cilindros de hormigón y materiales de construcción

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones**

**Comentarios**

Donación Inecel-Quito (2000)

**HORNO**

No Operativo

Misceláneos



<b>Código</b>	7081	<b>Ingreso</b>	1973
<b>Marca</b>	Cenco	<b>Modelo</b>	L-5
		<b>Procedencia</b>	Donación A. Portuaria

**Daños**

Sistema eléctrico

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Revisar el sistema eléctrico

**Comentarios**

Equipo varias veces reparado, sin embargo no se logra su reparación definitiva.

**HORNO**

Operativo

Misceláneos



<b>Código</b>	29779	<b>Ingreso</b>	1997
<b>Marca</b>	Caloric	<b>Modelo</b>	HE-20
<b>Cantidad</b>	2	<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Daños**

Ninguno

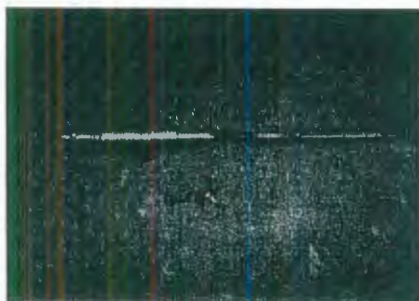
**Reparaciones, accesorios faltantes**

Dar Mantenimiento

**Comentarios****APARATO DE DEFORMACIÓN EN TÚNELES**

Operativo

Misceláneos



<b>Código</b>	6897	<b>Ingreso</b>	1979
<b>Marca</b>	Soiltest	<b>Modelo</b>	RM-590
		<b>Procedencia</b>	Compra Espol

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Dial indicador, referencias bibliográficas

**Comentarios**

No existe información disponible sobre este aparato, además está desprovisto de varias de sus piezas

**TAMIZADORA DE GRUESOS**

No Operativo

Misceláneos



<b>Código</b>	-	<b>Ingreso</b>	2000
<b>Marca</b>	-	<b>Modelo</b>	-
		<b>Procedencia</b>	Donación

**Daños****Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

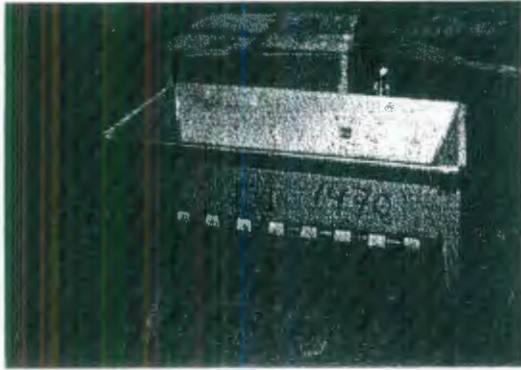
Se encuentra en muy mal estado, los tamices están deformados no posee marca distintiva, por lo que sus piezas de repuesto no están a la disposición.


**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

**CUARTEADOR UNA PULGADA**

Operativo

Misceláneos

**Código****Marca** Soiltest**Ingreso**

2000

**Modelo**

CL-284

**Procedencia**

Donación

**Daños**

Ninguno

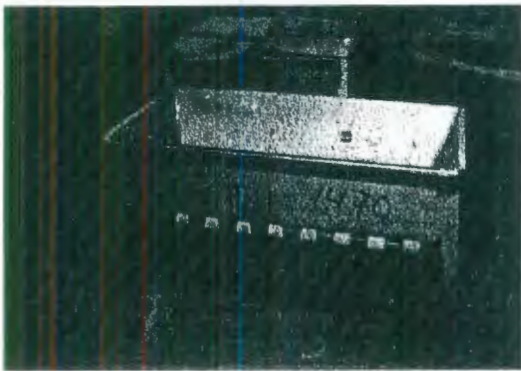
**Función**

Separar fracciones representativas de muestras para ensayos

**Reparaciones****Comentarios****CUARTEADOR UNA PULGADA**

Operativo

Misceláneos

**Código**

7176

**Ingreso**

1970

**Marca**

Soiltest

**Modelo**

CL-284

**Procedencia**

Donación

**Daños**

Ninguno

**Reparaciones**

-

**Comentarios**

-

**HORNO**

Operativo

Misceláneos

**Código**

7078

**Ingreso**

1970

**Marca**

Soiltest

**Modelo**

L-5

**Procedencia**

Donación

A. Portuaria

**Daños**

Manigueta rota, mallas de contención oxidadas.

**Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

(Fabricado en 1969)

**BALANZA DE TORSIÓN**

No Operativo

Misceláneos

**Código** 7067**Ingreso** 1970**Marca****Modelo** L-750**Cantidad** 1**Procedencia** Donación  
A. Portuaria**Función****Daños****Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

Obsoleta, impráctica, no amerita reparación.

**BALANZA ANALÍTICA**

No Operativo

Misceláneos

**Código** 7183**Ingreso** 1970**Marca** Soiltest**Modelo** L-700**Procedencia** Donación

A. Portuaria

**Daños**

Escala de medición destruida

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Dar mantenimiento (pintura y limpieza motor)

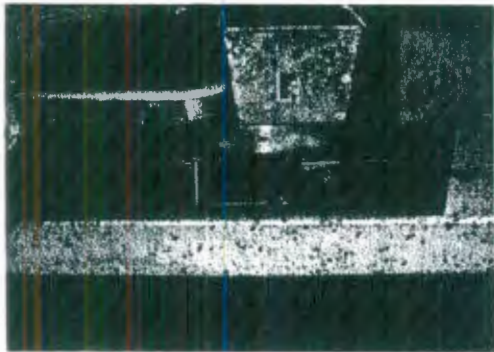
**Comentarios**

Reconstruir la escala de medición no amerita la reparación.

**PLACA CALENTADORA**

Operativo

Misceláneos

**Código** 7072**Ingreso** 1970**Marca** Temco**Modelo** LT-239**Procedencia** Donación

A. Portuaria

**Función**

Elevar la temperatura de muestras de suelo o buretas de ensayo

**Daños**

Falta Switch

Dar mantenimiento (limpieza y sistema eléctrico)

**Comentarios**

Donación Puerto Marítimo

**PLACA CALENTADORA**

No Operativo

Misceláneos

**Código** -**Ingreso** 2000**Marca** Thermolyne**Modelo** HPA 2235m**Daños** Sistema eléctrico dañado**Procedencia** Compra  
Espol**Función**

Elevar la temperatura de muestras de suelo o buretas de ensayo

**Reparaciones**

Revisar sistema eléctrico

**Comentarios**

Donación Quito-Inecel (2000)

**BALANZA**

No Operativo

Misceláneos



**Código** 7172 **Ingreso** 1970  
**Marca** Soiltest **Modelo** L-700  
**Cantidad** 1 **Procedencia** Donación  
**Función** A. Portuaria

Pesaje de Muestras de hasta 35 lb

**Daños**

Eje vertical de apoyo para el plato de muestras se encuentra descuadrado

**Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

Muy Vetuzta, impráctica, no amerita reparación.  
 Donación Quito-Inecel (2000)

**BALANZA**

Operativo

Misceláneos



**Código** - **Ingreso** 2000  
**Marca** Soiltest **Modelo** -  
**Cantidad** 1 **Procedencia** Donación  
**Función** Inecel-Quito

Pesaje de Muestras de hasta 20Kg

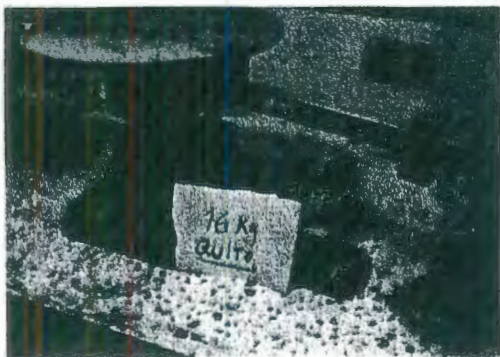
**Daños****Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

Operación manual.  
 Donación Quito-Inecel (2000)

**BALANZA**

Operativo

Misceláneos



**Código** - **Ingreso** 2000  
**Marca** Soiltest **Modelo** -  
**Cantidad** 1 **Procedencia** Donación  
**Función** Inecel-Quito

Pesaje de Muestras de hasta 16Kg

**Daños****Reparaciones, accesorios faltantes****Comentarios**

Operación manual .Donación Quito-Inecel (2000)

**BASCULA DE SUSPENSIÓN**

No Operativo

Misceláneos



**Código** 7251 **Ingreso** 1970  
**Marca** Hanson **Modelo** -  
**Cantidad** 1 **Procedencia** Donación  
**Función** A. Portuaria

Pesaje de Muestras de hasta 30 lb

**Daños****Reparaciones, accesorios faltantes**

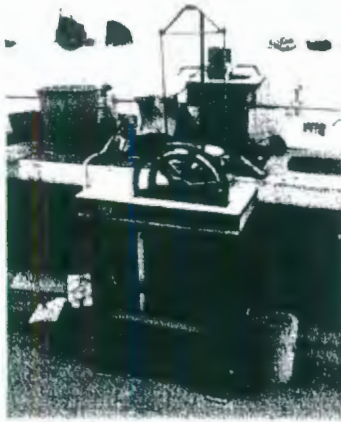
Calibrar, dar mantenimiento

**Comentarios**

**TAMIZADORA DE FINOS**

Operativo

Misceláneos



**Código** 7075  
**Marca** Tyler

**Ingreso** 1970  
**Modelo** CL-305A  
**Procedencia** Donación  
 A. Portuaria

**Daños**  
 Ninguno

**Reparaciones, accesorios faltantes**

Mantenimiento (limpieza y pintura)

**Comentarios**

**TAMIZADORA DE GRUESOS**

Operativo

Misceláneos



**Código** 7055  
**Marca** Soiltest

**Ingreso** Si  
**Modelo** CL-400  
**Procedencia** Donación  
 A. Portuaria

**Daños**  
 Ninguno

**Reparaciones**

Dar mantenimiento (pintura y limpieza motor)

**Comentarios**

**RESUMEN MISCELANEOS**

TOTAL DE EQUIPOS
OPERATIVOS
NO OPERATIVOS

33	EQUIPOS DONADOS	28
22	EQUIPOS COMPRADOS	5
11		

## **ANEXO 3**

**LISTADO Y PRESUPUESTO DE REPARACIÓN DE  
EQUIPOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES “RAUL  
MARURI DIAZ”**

	REPARACIÓN	REPARACIONES A REALIZARSE	COSTO (US\$)	COMENTARIOS
--	------------	---------------------------	--------------	-------------

<b>Consolidómetro Soiltest C-220</b> Inventario 7177	Sí	Cambio de Resortes, pintura, mantenimiento	\$ 300,00	
<b>Mesa de Flujo para morteros</b> Inventario 7056	Sí	Reparación de motor, mantenimiento, cromado	\$ 500,00	
<b>Medidor de Humedad eléctrico</b> Inventario 7180	Sí	Fabricación de batería y adaptador	\$ 200,00	
<b>Mezcladora de Suelos Soiltest</b> Inventario -	Sí	Mantenimiento y colocación de cable	\$ 50,00	
<b>Horno eléctrico Caloric</b> Inventario 29779	Sí	Mantenimiento, reparación de resistencia eléctrica.	\$ 100,00	
<b>Panel Triaxial Brainard Killman</b> Inventario 21306	Sí	Reparación de Reguladores de Presión Reparación de manómetro digital	\$ 700,00	El equipo nuevo cuesta en la actualidad
<b>Autoclave para Cementos</b> Inventario (Donación Inecel)	Sí	Reparación de sistema eléctrico	\$ 1.500,00	El equipo nuevo cuesta \$11.793,00
<b>Prensa de Compresión de Hormigones</b> Inventario (Donación Inecel)	Sí	Reparación de Servomecanismo hidráulico	\$ 1.000,00	Para su correcto funcionamiento se recomendará la compra de un motor eléctrico
<b>Concretera de Laboratorio</b> Inventario	Sí	Mantenimiento general, arreglo del sistema eléctrico, cambio de bandas.	\$ 200,00	El equipo nuevo cuesta \$1.532,61
<b>Cortadora de Roca</b> Inventario 7053	Sí	Reparación del sistema hidráulico	\$ 500,00	
<b>Balanza</b> Inventario 7172	Sí	Construcción de soporte para contrapeso.	\$ 50,00	
<b>Placa Calentadora</b> Inventario 7072	Sí	Colocación de perilla, mantenimiento	\$ 50,00	



	REPARACIÓN	REPARACIONES A REALIZARSE	COSTO (US\$)	COMENTARIOS
--	------------	---------------------------	--------------	-------------

<b>Prensa para CBR</b> Inventario 7074	Sí	Reparación del motor, mantenimiento	\$ 200,00	
<b>Prensa de Compresión de Hormigones</b> Inventario 7058	Sí	Pintura, mantenimiento	\$ 150,00	
<b>Prensa de Compresión de Hormigones</b> Inventario 7057	Sí	Reparación del sistema hidráulico	\$ 800,00	
<b>Medidor de deformación en Pozos</b> Inventario 6897	No			No existe referencias bibliográficas sobre el aparato. Ya no es fabricado por Soiltest por lo que no es posible conseguir repuestos o manuales de operación.
<b>Balanza Analítica</b> Inventario 7183	No			Su escala se encuentra averiada, repararla resulta impracticable pues deberá construirse nuevamente la escala de medida, lo cual es tremendamente laborioso y costoso. Además en la actualidad el pesaje de muestras se realiza con equipos digitales de mayor capacidad y practicidad de uso.
<b>Máquina de Abrasión de los Angeles</b> Inventario 7054	Si	Revisión integral del motor, mantenimiento, cambio de rodamientos, construcción de un sistema automático de encendido y apagado.	\$ 1.500,00	El equipo nuevo cuesta \$7.452,00
<b>Tamizador de Agregado Grueso</b> Inventario 7055	Sí	Mantenimiento integral al motor, calibración, y limpieza química	\$ 600,00	El equipo nuevo cuesta \$2.786,00
<b>Laboratorio de Mecánica de Rocas</b> Inventario RML-100	Sí	Daño en Signal conditioning System y mantenimiento de Seismic Analyzer	\$ 5.000,00	El costo del equipo fue \$50.000,00
<b>Consolidómetros Nacionales</b> Inventario 15839	Si	Mantenimiento, limpieza	\$ 400,00	

	REPARACIÓN	REPARACIONES A REALIZARSE	COSTO (US\$)	COMENTARIOS
--	------------	---------------------------	--------------	-------------

**Consolidómetro Nacional**  
Inventario (Donación Inecel)

Si

Colocación de resortes para bajada de carga, construcción de cápsulas, mantenimiento y pintura.

\$ 500,00

**Aparato de Corte Directo**  
Inventario (Donación Inecel)

No

La fabrica de origen del equipo ya no fabrica material de laboratorio por lo que no se puede adquirir la caja de corte y el anillo de carga necesarios.

**Balanza de Torsión**  
Inventario 7067

No

Vetusta y de operación impráctica (fabricada en 1969)

**Placa Calentadora Thermolyne**  
Inventario -

No

Reparación de sistema eléctrico

Impráctico reparar todo el sistema eléctrico.

**Tamizadora de gruesos**  
(Donación Inecel)

No

Todos sus tamices se encuentran averiados. Su motor también. Su estructura está bastante oxidada. Fabricar los tamices resulta impráctico.

**Horno eléctrico Cenco**  
Inventario 7081

No

Reparación del sistema eléctrico (resistencia)

Impráctica su reparación.

**Prensa de Estabilidad Marshall**  
Inventario -

No

Reparación del motor.

Muy vetusto y desprovisto de sus accesorios.

**Baño de María**  
Inventario 7178

Si

Mantenimiento, colocación de cable de conexión eléctrica.

**Eyector de Muestras**  
Inventario 7156

No

Se encuentra desprovisto de su gata de eyección de muestras. Sin ella, el aparato es simplemente una carcaza metálica.

**Eyector de Muestras**  
Inventario 7080

No

Se encuentra desprovisto de su gata de eyección de muestras. Sin ella, el aparato es simplemente una carcaza metálica.

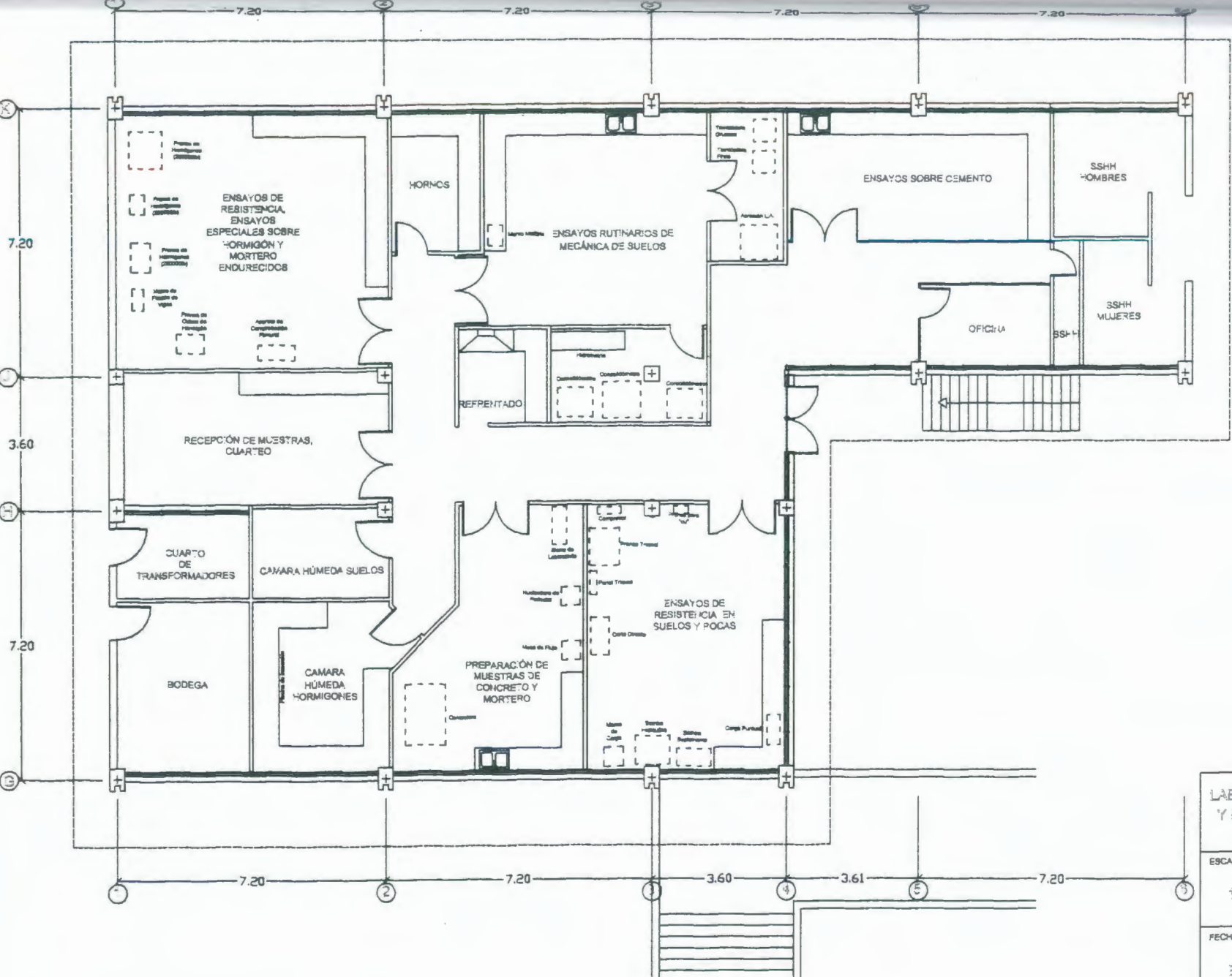
	REPARACIÓN	REPARACIONES A REALIZARSE	COSTO (US\$)	COMENTARIOS
<b>Olla de Capin</b> Inventario Donación Inecel	Sí	Mantenimiento, reparación de sistema eléctrico.		
<b>Motor para prensa de compresión</b> Inventario 7068	Sí	Mantenimiento, reparación de sistema eléctrico.	\$ 600,00	
<b>Batidora de Suelos</b> Inventario -	Sí	Requiere cambio de cable y limpieza	\$ 50,00	
<b>Máquina de Comprobación Flexural</b> Inventario -	Sí	Nunca ha sido utilizada.	\$ 500,00	
<b>Balanza 0,1 hasta 20 kg</b> Inventario Donación Inecel	Sí	Nunca ha sido utilizada.	\$ 200,00	
<b>Balanza 0,1 hasta 20 kg</b> Inventario Donación Inecel	Sí	Indispensable para realizar sondajes geotécnicos.	\$ 6.000,00	
<b>TOTAL (US\$)</b>			<b>\$ 21.650,00</b>	

**BIBLIOTECA FICT**  
**ESPOL**



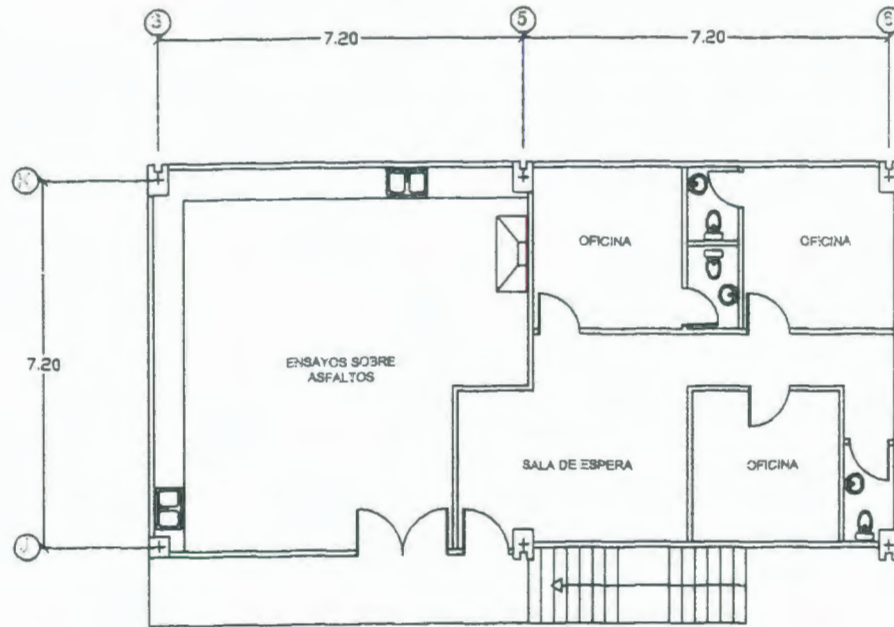
## **ANEXO 4**

**PLANO ACTUAL DE REMODELACIÓN DEL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y  
RESISTENCIA DE MATERIALES “RAUL MARURI  
DÍAZ”**



PLANTA BAJA

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES "RAÚL MARURI DIAZ"</b>	
ESCALA: 1:150	FUENTE: REMODELACIÓN
FECHA: ENERO/2004	EDIFICIO: 700



PLANTA ALTA

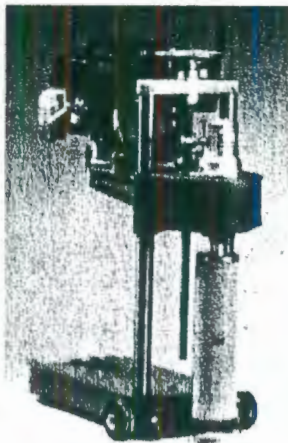
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES "PAÚL MAPURI DIAZ"	
ESCALA: 1:150	FUENTE: REMODELACIÓN
FECHA: ENERO /2004	EDIFICIO: 200

## **ANEXO 5**

### **LISTADO DE RECOMENDACIÓN PARA COMPRA DE EQUIPOS NUEVOS**

## EXTRACTORA DE NÚCLEOS ELECTRICA

Misceláneos



<b>Marca</b>	Soiltest
<b>Modelo</b>	47-5020/02; Broca 4" 338,87; Broca 2,5" 193,02
<b>Precio(US\$)</b>	3774,21 Aparato 1334,2 Broca, núcleo 4" 95,75 Adaptador 4" 1180,02 Broca, núcleo 2,5" (tamaño NX) 45,17 Adaptador 2,5"
<b>Referencia</b>	Importadora Schiller

### Función

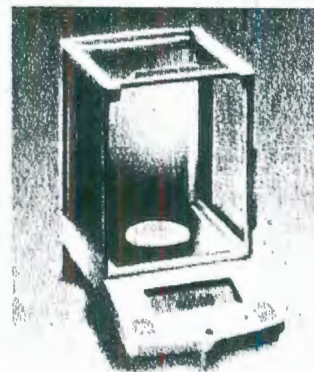
Extraer núcleos de material (asfalto, roca, hormigón) en sitio o dentro del laboratorio. Muy útil ya que puede ser trasladada con facilidad.

### Objetivo de la Compra

Brindar el servicio de extracción de núcleos a las distintas empresas constructoras y consultoras del medio. En la actualidad no puede ofrecerse este servicio ya que la nucleadora existente no es transportable.

## BALANZAS ELECTRONICAS

Misceláneos



Marca	Modelo	Capacidad	Legibilidad	Precio(US\$)
OHAUS	88-1020/02	410g	0.001g	2940,07
OHAUS	88-1052/02	4100g	0,01g	2491,57
OHAUS	H-4767	150Kg	0.01kg	1987,00

### Referencia

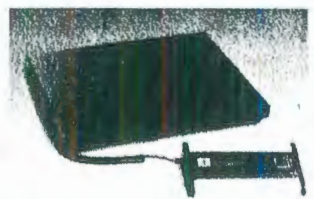
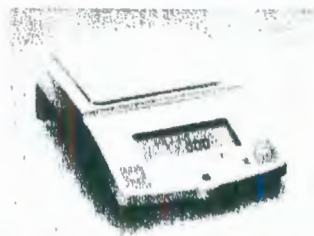
Importadora Schiller (410g, 4100g); Geocontrol (150Kg)

### Función

Pesar muestras de material (suelo, cemento, asfalto, roca, etc) con la aproximación de lectura requerida en la norma.

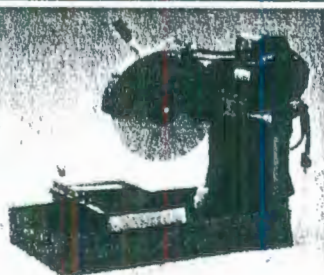
### Objetivo de la Compra

Reemplazar los dispositivos de pesaje actualmente disponibles en el laboratorio, para una operación más agíl y exacta.



## SIERRA DE ALBAÑILERÍA

Misceláneos



<b>Marca</b>	Soiltest
<b>Modelo</b>	82-8927/02
<b>Precio(US\$)</b>	2543,59 Aparato 23,6 Cuchilla Abrasiva (14") 222,86 Cuchilla de Filo de Corte Continuo
<b>Referencia</b>	Importadora Schiller

### Función

Cortar especímenes de prueba de concreto, roca u otros materiales.

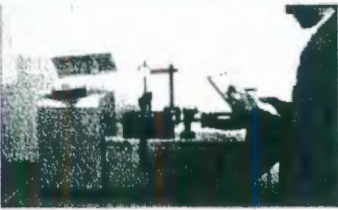
### Objetivo de la Compra

Proveer al laboratorio de una herramienta fundamental para la preparación de muestras de prueba.



## APARATO DE CORTE DIRECTO/RESIDUAL

Mecánica de Suelos



**Marca** Soiltest  
**Modelo** 2101/02  
**Precio(US\$)** 10685,29 **Referencia** Importadora Schiller  
**Función**

Ensayar especímenes de suelo bajo condiciones de corte transversal y carga normal, procesando los datos obtenidos se calculan la cohesión y el ángulo de fricción del suelo.

### Objetivo de la Compra

Debido a su practicidad este ensayo resulta más económico que el triaxial al momento de calcular sus parámetros de resistencia cortante. Su inclusión en el laboratorio sería de tremenda utilidad para la prestación de servicios, docencia e investigación.

## DENSÍMETRO NUCLEAR

Mecánica de Suelos



**Marca** Troxter  
**Modelo** 3430  
**Precio(US\$)** 9520 **Referencia** Geocontrol  
**Función**

Medir la densidad, temperatura y contenido de humedad de capas de suelo, hormigón o asfalto.

### Objetivo de la Compra

Este ensayo es de gran utilidad y practicidad para el control de compactación en obras civiles. Es altamente demandado por lo que su compra resultaría muy útil para el laboratorio.

## PENETRÓMETRO DE CONO DINÁMICO

Mecánica de Suelos



**Marca** Humboldt  
**Modelo** 3430  
**Precio(US\$)** 963,14 **Referencia** Geocontrol  
**Función**

Medir la resistencia a la penetración en suelos, control de compactación de suelos hasta 4 m de profundidad.

### Objetivo de la Compra

Aumentar la capacidad del laboratorio para efectuar pruebas en sitio. A futuro se podrá aumentar la capacidad de este aparato mediante la compra de conos digitales y extensiones para el aparato.

## EQUIPO PARA EQUIVALENTE DE ARENA

Mecánica de Suelos

**Marca** Soiltest  
**Modelo** 24-4917  
**Precio(US\$)** 576,66 **Referencia** Importadora Schiller  
**Función**

Medir la proporción relativa de polvo fino o materiales arcillosos perjudiciales que contienen los suelos finos.

### Objetivo de la Compra

Otorgar esta prueba de control de suelos para carreteras, tanto para la prestación de servicios como para la docencia en los cursos de vías de comunicación y pavimentos. Esta prueba puede ser realizada en sitio o en laboratorio



BIBLIOT  
ESI

## APARATO BLAINE

### Hormigones y Cementos



**Marca** Soiltest  
**Modelo** 38-100  
**Precio(US\$)** 628,3 **Referencia** Importadora Schiller  
**Función**

Determinar el factor de finura del cemento por medio del número de Blaine

#### Objetivo de la Compra

Brindar este ensayo a empresas productoras de cemento y/o constructoras que necesiten realizar control de calidad del tipo de cemento utilizado en sus obras. Brindar experiencias de laboratorio en las cátedras de Tecnología del Hormigón, Hormigones Especiales y Ciencias de Materiales. Actualmente no se ofrece este ensayo como parte de las pruebas de Laboratorio.

## PRESA DE COMPRESIÓN DE HORMIGONES

### Hormigones y Cementos



**Marca** Soiltest  
**Modelo** ADR2000 Standard, 3086/02  
**Precio(US\$)** 10094,17 **Referencia** Importadora Schiller  
**Función**

Comprimir especímenes cilíndricos de hormigón, adoquines; con los accesorios necesarios puede hacer ensayos de tracción indirecta y compresión de cubos de mortero. Además brinda la presión necesaria para el bastidor para ensayos de tracción en vigas de hormigón.

#### Objetivo de la Compra

Ofrecer el ensayo de compresión de muestras bajo condiciones de velocidad de carga controlada, algo que no se puede dar en la actualidad debido a las características de operación de las prensas disponibles. Brindar experiencias de laboratorio en las cátedras de Tecnología del Hormigón, Hormigones Especiales y Ciencias de Materiales.

## BASTIDOR PARA ENSAYO A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN

### Hormigones y Cementos



**Marca** Soiltest  
**Modelo** 37-6130  
**Precio(US\$)** 2889,3 **Referencia** Importadora Schiller  
**Función**

Medir la resistencia a flexión en vigas de hormigón.

#### Objetivo de la Compra

En la actualidad el laboratorio no ofrece esta prueba, se incorporará como parte de la prestación de servicios para el control de calidad de hormigones utilizados en obras civiles. Se podrá utilizar para la docencia e investigación en las áreas de Tecnología del Hormigón, Hormigones Especiales y Pavimentos.

## PLATINAS PARA ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

### Hormigones y Cementos



**Marca** Soiltest  
**Modelo** 37-5450  
**Precio(US\$)** 56,45 **Referencia** Importadora Schiller  
**Función**

Determinar la resistencia a tracción de cilindros de hormigón por medio de aplicación de carga lateral.

#### Objetivo de la Compra

No se posee este dispositivo en el Laboratorio, al comprarlo se podrá incorporar como parte de las opciones de prestación de servicios y también para la ejecución de experiencias docentes.

## COMPRESÓMETRO-EXTENSÓMETRO PARA CILINDROS DE HORMIGÓN

### Hormigones y Cementos

**Marca** Soiltest  
**Modelo** 37-5626  
**Precio(US\$)** 1191,72 **Referencia** Importadora Schiller  
**Función**

Determinar las deformaciones axial y diametral en un cilindro de hormigón sometido a compresión.

#### Objetivo de la Compra

No se posee este dispositivo en el Laboratorio, al comprarlo se podrá incorporar como parte de las opciones de prestación de servicios para la determinación del módulo de Young y coeficiente de Poisson, muy útil para la ejecución de experiencias docentes en el área de hormigones.

## MICRO COVERMETER (PACHOMETRO)

### Hormigones y Cementos

**Marca** Soiltest  
**Modelo** 37-5626; MiniProbe 35-2025; Maxi Probe 35-2027.  
**Precio(US\$)** 1191,72 Micro Covermeter  
817,18 Mini Probe  
778,26 Maxi Probe **Referencia** Imp.Schiller

#### Función

Determinar la posición, diámetro y recubrimiento de barras de acero dentro de una masa de hormigón. El Mini Probe sirve para localizar barras densas o que se entrecrucen, mientras que el Maxi Probe se utiliza en zonas con una recubrimiento de hasta 14 pulgadas.

#### Objetivo de la Compra

Determinar la posición de barras de refuerzo en trabajos de consultoría del laboratorio, previo a la extracción de núcleos o simplemente para determinar la cantidad de acero de un elemento de hormigón. En la actualidad no se brinda este servicio.

## SISTEMA DE DELINEAMIENTO DE CORROSIÓN

### Hormigones y Cementos

**Marca** Soiltest  
**Modelo** 35-2165  
**Precio(US\$)** 1567,34 **Referencia** Importadora Schiller  
**Función**

Determinar las zonas sometidas a corrosión en una estructura de hormigón.

#### Objetivo de la Compra

En la actualidad no se brinda esta prueba en el laboratorio por lo que se podrá brindar como parte de los ensayos. Además permitirá ejecutar experiencias prácticas en los cursos relacionados con el área de hormigón y pavimentos.

## MEDIDOR DE CONTENIDO DE AIRE EN HORMIGONES

### Hormigones y Cementos

**Marca** Humboldt  
**Modelo** H-2786  
**Precio(US\$)** 1182,38 **Referencia** Geocontrol  
**Función**

Determinar el porcentaje de aire contenido en una mezcla de hormigón.

#### Objetivo de la Compra

Muy útil para el control de calidad del hormigón en sitio. Se podrá realizar prácticas de laboratorio de los cursos de las áreas de hormigón y ciencia de materiales. No se ofrece actualmente.

## MEDIDOR DE DUCTILIDAD EN ASFALTOS

Asfaltos

**Marca** Soiltest  
**Modelo** 38-100  
**Precio(US\$)** 7990,14 **Referencia** Importadora Schiller  
**Función**

Determinar la elongación total que sufre una probeta de asfaltos.

### Objetivo de la Compra

Brindar este ensayo a empresas productoras de asfalto y/o constructoras que necesiten realizar control de calidad del tipo de asfalto utilizado en sus obras. Brindar experiencias de laboratorio en las cátedras de Ciencia de materiales y Pavimentos. Actualmente no se ofrece este ensayo como parte de las pruebas de Laboratorio.

## DESTILADOR DE ASFALTOS EMULSIFICADOS

Asfaltos

**Marca** Humboldt  
**Modelo** H-2285  
**Precio(US\$)** 1161,22 **Referencia** Geocontrol  
**Función**

Destilar muestras de asfaltos que hayan sido mezclados con un agente emulsificante, con el fin de extraer una muestra únicamente libre de compuestos químicos.

### Objetivo de la Compra

Brindar este ensayo a empresas productoras de asfalto y/o constructoras que necesiten realizar control de calidad del tipo de asfalto utilizado en sus obras. Brindar experiencias de laboratorio en las cátedras de Ciencia de materiales y Pavimentos. Actualmente no se ofrece este ensayo como parte de las pruebas de Laboratorio.

## EXTRACTOR CENTRÍFUGO DE ASFALTO

Asfaltos

**Marca** Humboldt  
**Modelo** H-1335  
**Precio(US\$)** 3530,02 **Referencia** Geocontrol  
**Función**

Extraer el asfalto a partir de mezclas asfálticas (incluyendo agregado).

### Objetivo de la Compra

Brindar este ensayo a empresas productoras de asfalto y/o constructoras que necesiten realizar control de calidad del tipo de asfalto utilizado en sus obras. Brindar experiencias de laboratorio en las cátedras de Ciencia de materiales y Pavimentos. Actualmente no se ofrece este ensayo como parte de las pruebas de Laboratorio.

## PENETRÓMETRO DE ASFALTOS

Asfaltos

**Marca** Soiltest  
**Modelo** 46-5290  
**Precio(US\$)** 1031,82 **Referencia** Importadora Schiller  
**Función**

Medir el índice de penetración de una muestra de asfalto.

### Objetivo de la Compra

Brindar este ensayo a empresas productoras de asfalto y/o constructoras que necesiten realizar control de calidad del tipo de asfalto utilizado en sus obras. Brindar experiencias de laboratorio en las cátedras de Ciencia de materiales y Pavimentos. Actualmente no se ofrece este ensayo como parte de las pruebas de Laboratorio.

## EQUIPO PARA ENSAYO DE PUNTO DE INFLAMACIÓN "CLEVELAND"

Asfaltos



**Marca** Soiltest  
**Modelo** 46-3312/02  
**Precio(US\$)** 1543,31 Aparato  
28,49 Termómetro **Referencia** Imp.Schiller

### **Función**

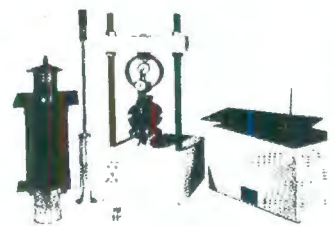
Medir la Temperatura a la cual se produce el punto de inflamación de una muestra de asfaltos.

### **Objetivo de la Compra**

Brindar este ensayo a empresas productoras de asfalto y/o constructoras que necesiten realizar control de calidad del tipo de asfalto utilizado en sus obras. Brindar experiencias de laboratorio en las cátedras de Ciencia de materiales y Pavimentos. Actualmente no se ofrece este ensayo como parte de las pruebas de Laboratorio.

## EQUIPO PARA ENSAYO MARSHALL

Asfaltos



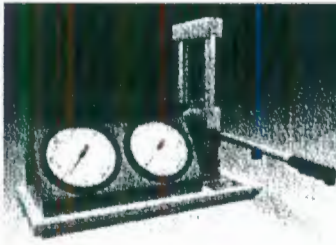
**Marca** Humboldt  
**Modelo** H-1335  
**Precio(US\$)** 6683,04 **Referencia** Geocontrol

### **Función**

Ejecutar el ensayo de compresión de briquetas para el flujo Marshall (diseño de mezclas de asfalto).

### **Objetivo de la Compra**

Brindar este ensayo a empresas productoras de asfalto y/o constructoras que necesiten realizar control de calidad del tipo de asfalto utilizado en sus obras. Brindar experiencias de laboratorio en las cátedras de Ciencia de materiales y Pavimentos. Actualmente no se ofrece este ensayo como parte de las pruebas de Laboratorio.



**Marca** Soiltest

**Modelo** 77-010

**Precio(US\$)** 3352,54 **Referencia** Importadora Schiller

**Función**

Mediante la aplicación de una carga concentrada sobre muestras de roca (no necesariamente testigos), se puede determinar la resistencia de las mismas.

**Objetivo de la Compra**

Este ensayo no está disponible entre los actualmente ofrecidos por el laboratorio, será de gran utilidad tanto para la prestación de servicios, como para los cursos de: **Mecánica de Rocas**, **Mecánica de Rocas Aplicada**, **Estabilización de Taludes** y **Obras Subterráneas**.

Precio(US\$) 2000 Referencia Página Web ASTM

**Objetivo de la Compra**

Poseer la serie completa de las normas de laboratorio ASTM para el área de construcción.

**EXTRACTOR DE HUMO Y OLORES**

Misceláneos

Accesorios y Repuestos

**Marca** Paotien  
**Modelo**  
**Precio(US\$)** 436 **Referencia** FERVIMAG CIA. LTDA  
**Cantidad** 2  
**Función**

Extraer olores y humo generados por utilización de compuestos de azufre o químicos.

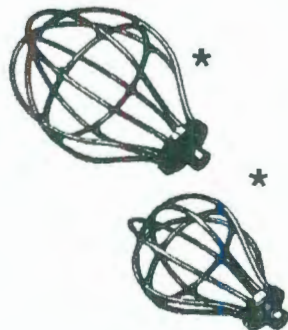
**Objetivo de la Compra**

Indispensable contar con cámaras extractoras para las salas de refrentado y de ensayos de asfaltos.

**ASPA PARA MEZCLADORA DE MORTEROS**

Hormigones y Cementos

Accesorios y Repuestos



**Marca** Hobart  
**Modelo**  
**Precio(US\$)** 411,26 **Referencia** Geocontrol  
**Función**

Mezclar morteros para confección de probetas de prueba.

**Objetivo de la Compra**

Sin este aditamento la mezcladora de morteros hobart no puede funcionar.

**CALIBRADOR DE APARATO DE CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS**

Hormigones y Cementos

Accesorios y Repuestos

**Marca** Humboldt  
**Modelo** H-2778  
**Precio(US\$)** 68,95 **Referencia** Geocontrol  
**Función**

Calibrar el aparato de contenido de aire en morteros.

**Objetivo de la Compra**

El aparato de contenido de aire debe ser calibrado antes de cada periodo de pruebas por lo que su compra es indispensable.

**CELDA DE CARGA PARA LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS RML-100**

Mecánica de Rocas

Accesorios y Repuestos



**Marca** SBEL  
**Modelo** NX-250  
**Precio(US\$)** 3432,75 Se asume un 15% extra por internación  
**Función** **Referencia** Fábrica SBEL

Medir la fuerza que otorga la máquina al espécimen de prueba

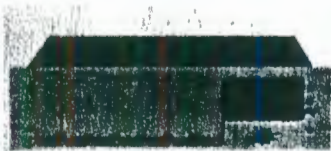
**Objetivo de la Compra**

El laboratorio no traía incluido este aparato al momento de su entrega por lo cual es indispensable su compra para su operación.

## ACONDICIONADOR DE SEÑAL PARA CELDA DE CARGA NX-250

### Mecánica de Rocas

#### Accesorios y Repuestos

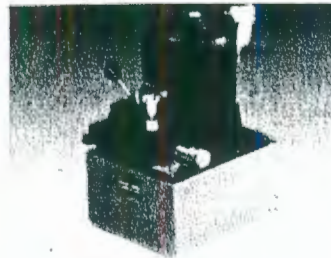


**Marca** SBEL  
**Modelo** RM-908  
**Precio(US\$)** 2179,25 Se asume un 15% extra por internación  
**Función** **Referencia** Fábrica SBEL  
Captar la señal que emite la celda de carga NX-250  
**Objetivo de la Compra**  
El laboratorio no traía incluido este aparato al momento de su entrega por lo cual es indispensable su compra para su operación.

## ASPA PARA MEZCLADORA DE MORTEROS

### Hormigones y Cementos

#### Accesorios y Repuestos



**Marca** Soiltest  
**Modelo** 37-5574/02  
**Precio(US\$)** 3619,45 **Referencia** Importadora Schiller  
**Función**  
Brindar la presión necesaria para la operación de las prensas de hormigón.  
**Objetivo de la Compra**  
Reacondicionar las prensas de compresión de hormigones del laboratorio otorgando la carga con control de velocidad tal como requiere la norma ASTM, en la actualidad las prensas operan manualmente.

## VALVULAS DE 1 Y 2 DIAFRAGMAS

### Mecánica de Suelos

#### Accesorios y Repuestos



**Marca** Durham Geo (Antes Brainard Killman)  
**Modelo** E-651, 1 diafragma; E-656, 2 diafragmas.  
**Precio(US\$)** 95,45 E-651  
281,75 E-656  
Se asume un 15% extra por internación **Referencia** Fábrica Durham Geo  
**Función**  
Controlar la presión otorgada por el panel triaxial para la saturación y control de presión de poros de muestras ensayadas.  
**Objetivo de la Compra**  
En la actualidad el panel triaxial del laboratorio se encuentra fuera de servicio por la falta de estos repuestos.

## EQUIPAMIENTO DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL LABORATORIO

**Marca** LG  
**Referencia** Distribuidor LG, avenida de las Américas.  
**Precio /BTU** 0,04 (costo a nivel de anteproyecto, incluye Instalación, US\$)  
**Area total** 479,8 m<sup>2</sup>  
**BTU/M2** 840 (requerido para cada metro cuadrado)  
**BTU (TOTAL)** 403032  
**Precio Total (US\$)** 16121,28



## **ANEXO 6**

### **PRESUPUESTO DE REMODELACIÓN DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

**PRESUPUESTO PARA LA AMPLIACIÓN DEL LABORATORIO DE  
MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES "RAÚL MARURI DÍAZ"**

	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Cimentación</b>				
Plinto	m3	1,13	\$ 220,89	\$ 248,50
Replanteo (e=5cm)	m2	2,25	\$ 4,38	\$ 9,86
<b>Estructura</b>				
Vigas cubierta p. Baja	m3	1,62	\$ 372,83	\$ 603,98
Losa cubierta (ampliación)	m3	15,69	\$ 293,13	\$ 4.600,09
Columnas	m3	3,14	\$ 377,82	\$ 1.184,84
Viguetas (0.1*0,2)	ml	48,9	\$ 7,70	\$ 376,53
Escalera	m3	1,54	\$ 334,18	\$ 513,80
Loseta de mesón	ml	56,50	\$ 42,76	\$ 2.415,73
<b>Mampostería</b>				
Paredes exteriores	m2	201,99	\$ 12,81	\$ 2.587,54
Paredes interiores	m2	333,76	\$ 11,77	\$ 3.928,36
<b>Enlucidos</b>				
Paredes exteriores	m2	201,99	\$ 5,32	\$ 1.074,61
Paredes interiores	m2	333,76	\$ 3,65	\$ 1.218,22
Escalones	ml	21	\$ 4,09	\$ 85,89
<b>Cubierta</b>				
Cubierta metálica	m2	112,8	\$ 10,21	\$ 1.151,69
Canalón	ml	9,7	\$ 4,10	\$ 39,77
<b>Instalaciones eléctricas</b>				
Punto de luz	punto	27	\$ 23,34	\$ 630,18
Tomacorriente 110V	punto	31	\$ 24,57	\$ 761,67
Tomacorriente 220V	pnto	5	\$ 29,78	\$ 148,90
<b>Instalaciones Sanitarias</b>				
Bajante AASS 4"	ml	13	\$ 11,86	\$ 154,18
Punto agua potable	punto	10	\$ 24,96	\$ 249,60
Punto agua servida	punto	13	\$ 32,31	\$ 420,03
Tubería agua potable 1/2"	ml	35	\$ 3,48	\$ 121,80
Tubería agua servida 2"	ml	35	\$ 6,36	\$ 222,60
Inodoro blanco	u	3	\$ 77,71	\$ 233,13
Lavatorio blanco	u	3	\$ 48,80	\$ 146,40
Lavaplatos de hierro	u	3	\$ 46,60	\$ 139,80
<b>Pisos</b>				
Piso de Baldosa	m2	480	\$ 18,73	\$ 8.987,22
<b>Carpintería</b>				
Puerta	u	21	\$ 124,21	\$ 2.608,41
Batiente plano en boquete	ml	117,6	\$ 22,59	\$ 2.656,58
Anaqueles	ml	56,5	\$ 180,00	\$ 10.170,00
<b>Cerrajería</b>				
Puerta de Hierro	u	3	\$ 98,28	\$ 294,84
<b>Aluminio y Vidrio</b>				
Puertas de Aluminio	m2	3,2	\$ 188,44	\$ 603,01
Ventanas de Aluminio y Vidrio (4mm)	m2	29,51	\$ 104,08	\$ 3.070,88

**Pintura**

Pintura Interior	m2	1226,848	\$ 4,81	\$ 5.901,14
Pintura Exterior	m2	389,2	\$ 5,98	\$ 2.327,42

**Tumbado**

Tumbado de yeso(planta alta)	m2	104,5	\$ 22,23	\$ 2.323,04
------------------------------	----	-------	----------	-------------

**TOTAL** \$ 62.210,22

## **ANEXO 8**

### **FORMULARIOS TIPO GENERADOS POR LOS PROGRAMAS DE CÁLCULO PARA EL LABORATORIO**



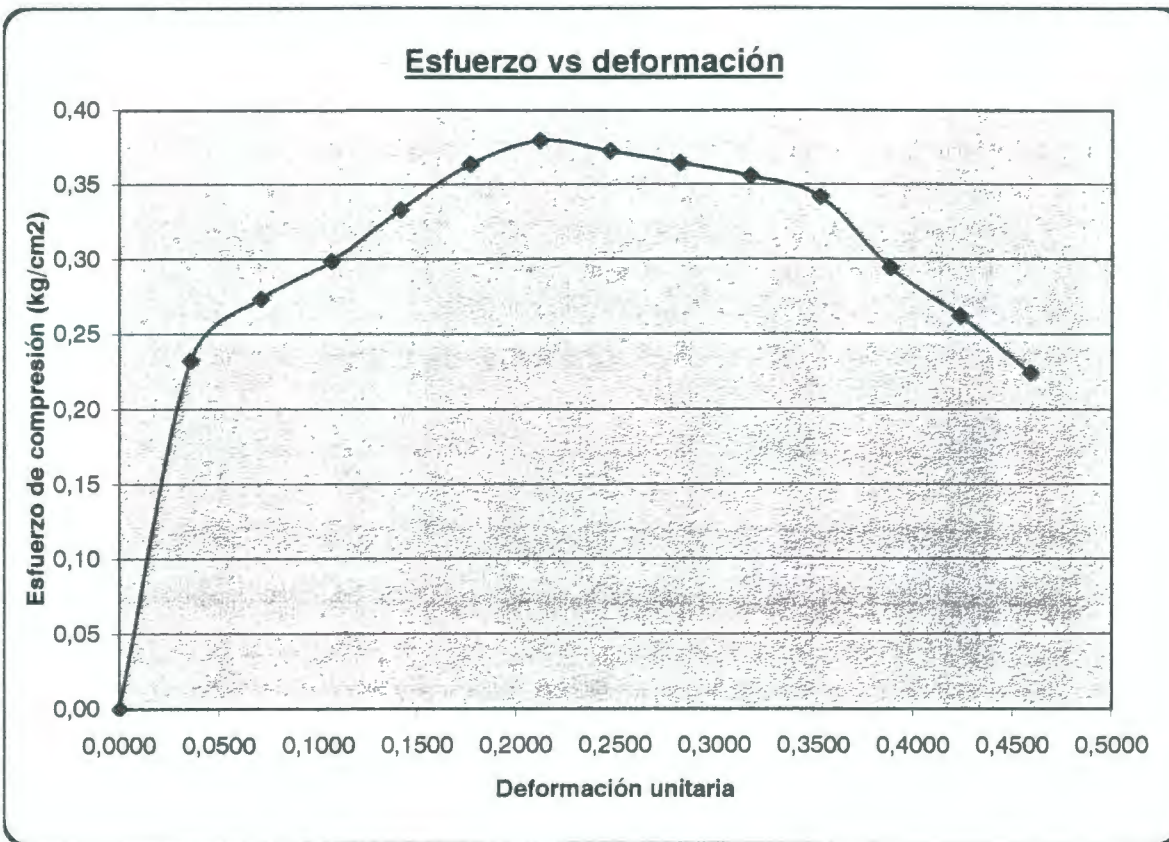
ENSAYO DE COMPRESIÓN SIN CONFINAMIENTO

Proyecto	Prueba de Proyecto	Muestra	1	22-Ene-04
----------	--------------------	---------	---	-----------

Probeta	Altura	7,2 cm	Area	10,18 cm <sup>2</sup>
	Diámetro	3,6 cm	Anillo (1Div)	0,00100 kg

Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Esfuerzo de compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
------------	---------------------------------	--

1	0,00	0,00
2	2,45	0,035
3	3,00	0,071
4	3,41	0,106
5	3,95	0,141
6	4,49	0,176
7	4,90	0,212
8	5,04	0,247
9	5,18	0,282
10	5,31	0,318
11	5,38	0,353
12	4,90	0,388
13	4,63	0,423
14	4,22	0,459
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		



"qu" 0,38 kg/cm<sup>2</sup>

Observaciones

Ensayado Por  
Calculado Por

Voch2  
Voch

Verificado Por Voch



# LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

"Ing. Raúl Maruri Díaz"

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS SISTEMAS S.U.C.S Y AASHTO

**Proyecto** Prueba de Proyecto 22-Ene-04

	PORCENTAJE PASANTE				Cu	Cc	Limite Liq.	Ind. Plast.	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO
	No. 4	No.10	No.40	No.200			WL	IP		
1	75	70	60	30			10	6	S C	A-2-4(0)
2	78	-	-	43			50	9	S M	A-5(2)
3	30	25	15	2	7	1,5			G W	A-1-a(1)
4	64	50	48	20			54	30	S C	A-2-7(0)
5	54			40			35	7	G M	A-4(0)
6	32	31	30	28			58	7	G M	A-2-5(0)
7	90			39			36	25	S C	A-6(4)
8	80	70	61	33			27	20	S C	A-2-6(2)
9	79	40	38	4	10	1	10	5	S W	A-1-b(0)
10	64	60	45	28			64	46	S C      G C	A-2-7(2)

**Descripción del Material**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

**Observación:**

**Ensayado Por**

Voch

**Verificado Por**

Voch

**Calculado Por**

Voch



# LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

"Ing. Raúl Maruri Díaz"

Dosificación de Hormigones utilizando el Método A.C.I.

PROYECTO Prueba de Programa de Dosificación

Fecha

22-Ene-04

## DATOS DE LA MEZCLA

### Agregado Fino

Módulo de Finura	2,61
Peso Saturado Superficialmente Seco	727 kg
Humedad	7,5 %
Absorción	2,71 %

### Agregado Grueso

Tamaño máximo del agregado	9,51 mm
Peso Saturado Superficialmente Seco	600 kg/m3
Peso Unitario Varillado	1650 kg/m3
Humedad	1 %
Absorción	5,33 %

### Mezcla

Aire Incluido	Si
Asentamiento	160 mm
f'c	208 kg/cm2

## RESULTADOS

### Pesos de Material para

1 m3

Agregado Fino	933,01 kg
Agregado Grueso	790,35 kg
Cemento	351,64 kg
Agua	210,00 kg

### Pesos de Material para

0,3m3

Agregado Fino	279,90 kg
Agregado Grueso	237,11 kg
Cemento	105,49 kg
Agua	29,98 kg

Calculado Por

Víctor Orozco Chávez



# LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

"Ing. Raúl Maruri Díaz"

## GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

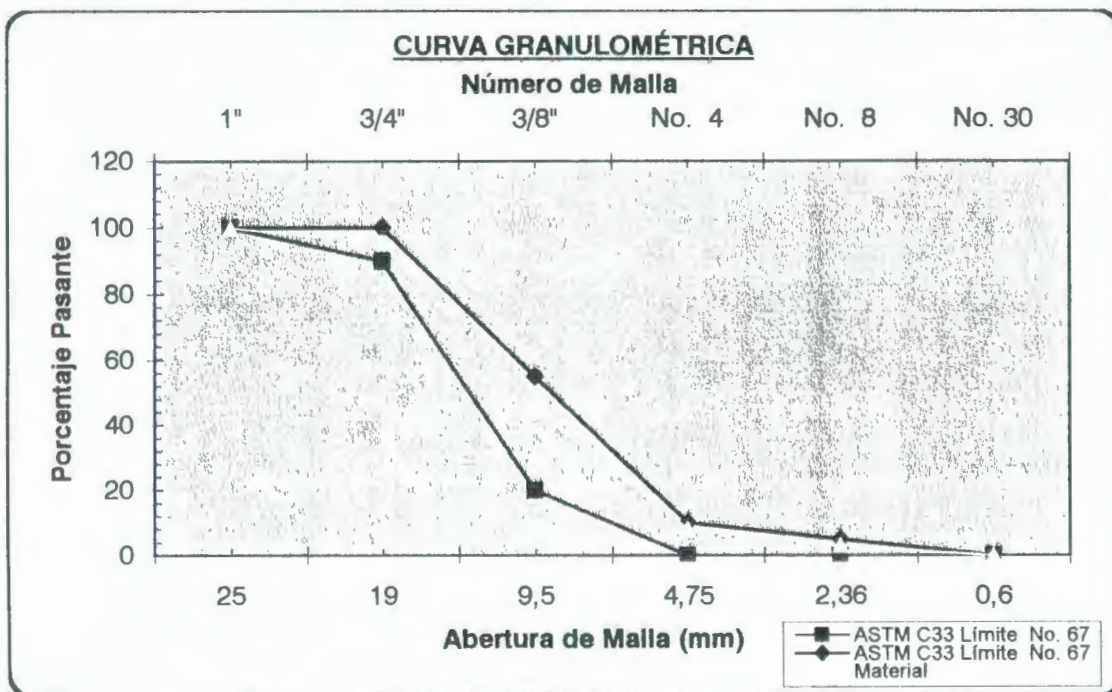
Proyecto Prueba de Proyecto

Muestra

1

22-Ene-04

TAMICES		PESO RET. (gr.)	RETENIDO (%)	RET. ACUM (%)	PASANTE (%)
ASTM	Abertura(mm)				
3"	75				
2 1/2"	63				
2"	50				
1 1/2"	37,5				
1"	25				
3/4"	19	4,25	4,25	4,25	95,75
1/2"	12,5	15,97	15,97	20,22	79,78
3/8"	9,5	34,75	34,75	54,97	45,03
No. 4	4,75	36,79	36,79	91,76	8,24
No. 8	2,36	5,07	5,07	96,83	3,17
No. 16	1,18	2,55	2,55	99,38	0,62
No. 30	0,6	0,32	0,32	99,70	0,30
No. 50	0,3	0,14	0,14	99,84	0,16
No. 100	0,15	0,06	0,06	99,90	0,10
Fondo		0,10	0,10	100,00	0,00



**Clasificación ASTM C33**

clasifica como No. 67

**Tamaño máximo nominal**

9,5 mm

**Módulo de Finura**

6,47

Observaciones

Ensayado Por

Voch1

Verificado Por

Voch

Calculado Por

Voch





# LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

"Ing. Raúl Maruri Díaz"

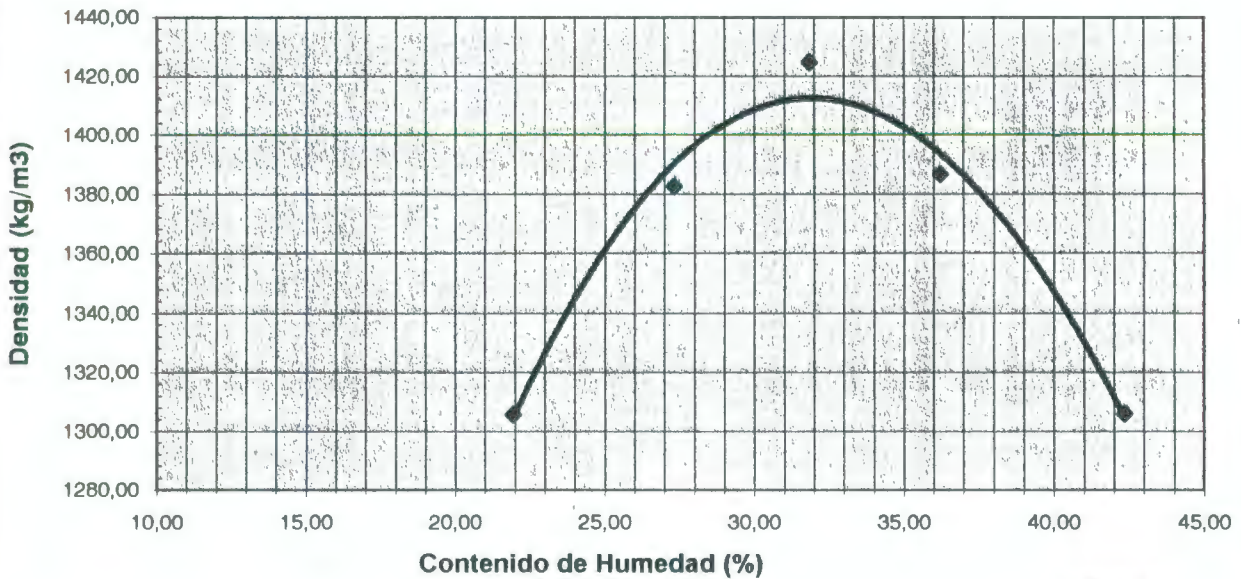
## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

Proyecto	Prueba de Proyecto	Muestra	1	22-Ene-04
----------	--------------------	---------	---	-----------

Volúmen Molde (m <sup>3</sup> )	0,000944	No. Golpes	56
Peso del Pisón (N)	24,4	No. Capas	3

	Cantidad de	Contenido	Material	Peso Seco	Densidad
	Agua (cm <sup>3</sup> )	de Humedad (%)	Húmedo + Molde (kg)	de material (gr)	Seca (kg/m <sup>3</sup> )
1	0	21,95	6,197	1,503	1305,63
2	100	27,35	6,356	1,662	1382,52
3	180	31,85	6,467	1,773	1424,49
4	260	36,22	6,477	1,783	1386,51
5	349	42,37	6,449	1,755	1305,86

**Curva de Compactación Proctor**



**Humedad Óptima**  
**Densidad máxima**

31,8 %  
1412,10 kg/m<sup>3</sup>



BIBLIOTECA FIC  
ESPOL

Observaciones

Ensayado Por

Voch

Verificado Por

Voch

Calculado Por

Voch



ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO (CID)

Acto Arena Limosa Finos=19%

Muestra MR1-1

22-Ene-04

Gráfico q vs Deformación Unitaria

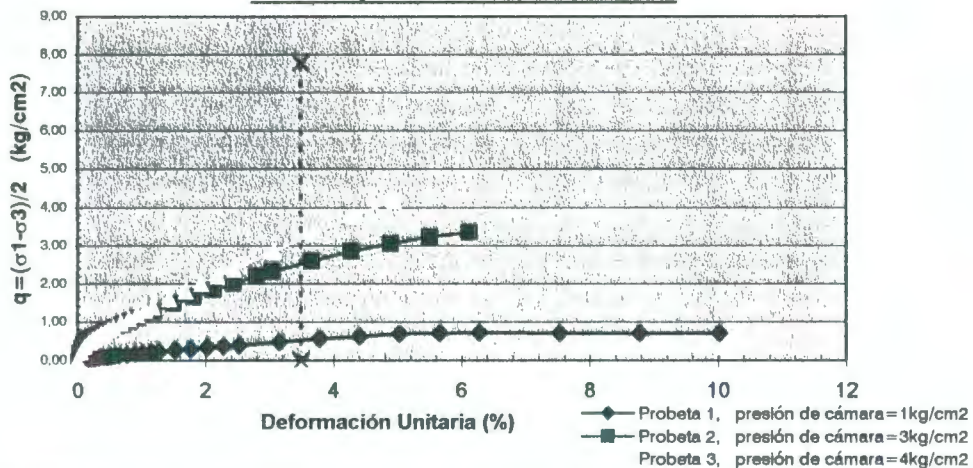
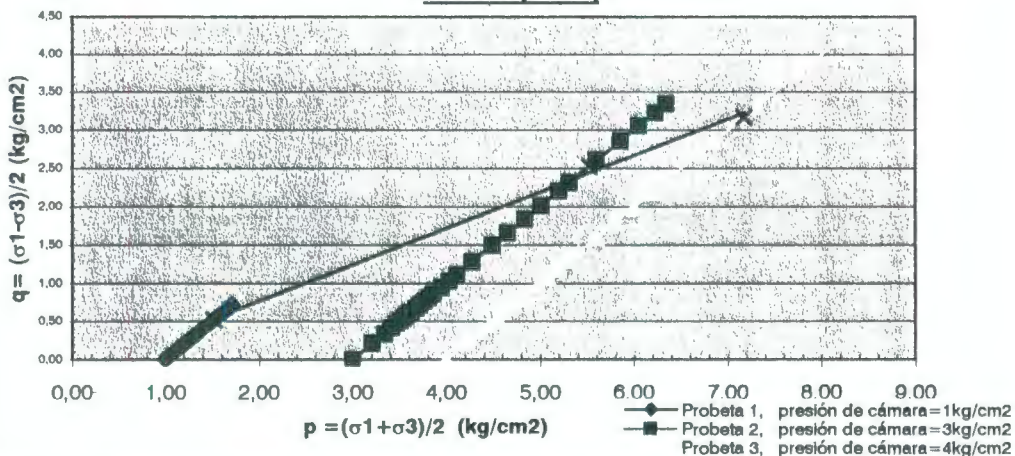


Gráfico p' vs q

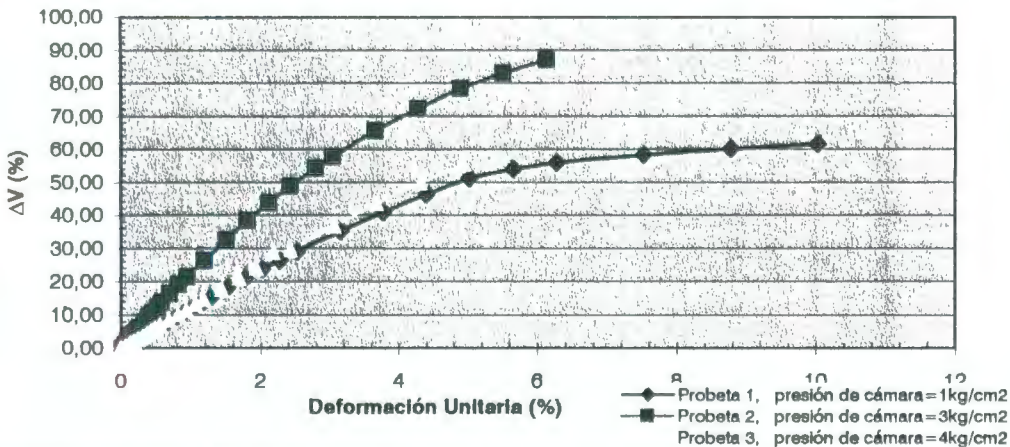


Angulo de Fricción  
Cohesión

28,35  
-0,20

(°)  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Gráfico Variación de Volúmen(Δv) vs Deformación Unitaria





# LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

"Ing. Raúl Maruri Díaz"

## CONSOLIDACIÓN

Prueba de Proyecto	Muestra 1	22-Ene-04
--------------------	-----------	-----------

### Datos del Ensayo

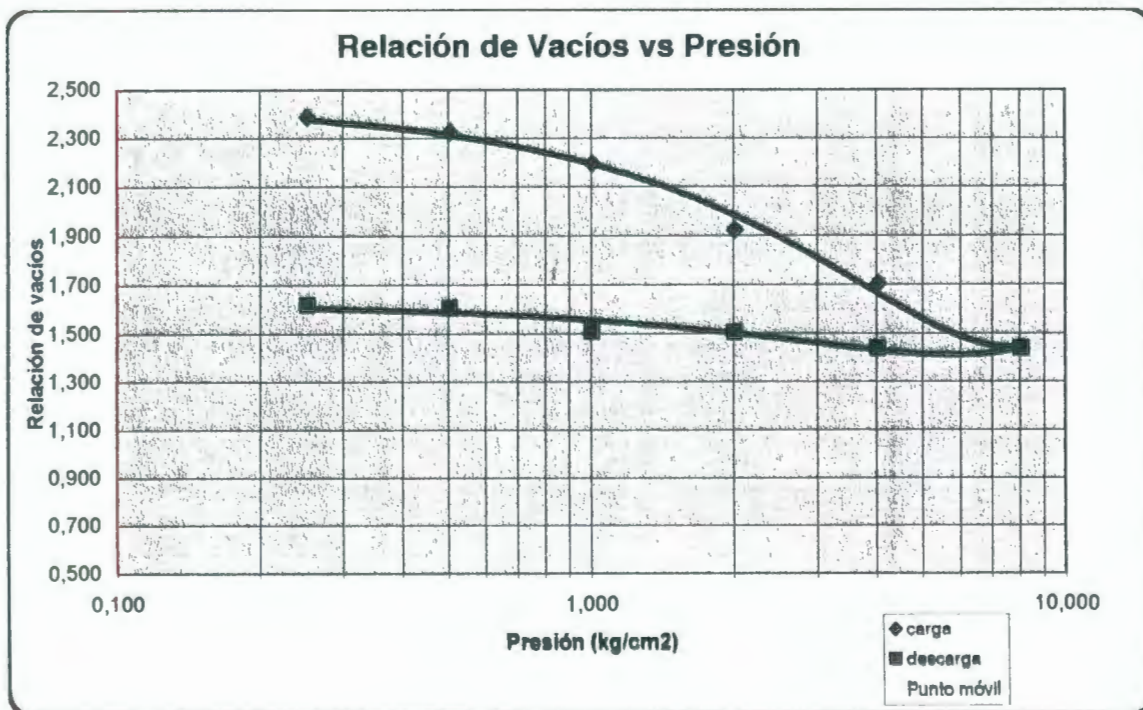
Gravedad Específica	2,66	Altura del anillo(cm)	2,54	Relación de vacíos inicial	2,47
Area del Anillo (cm <sup>2</sup> )	31,67	Altura de sólidos(cm)	0,73		
Brazo de palanca	1:8	Humedad inicial(%)	80,70		

### PROCESO DE CARGA

Ciclo	Carga (kg)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación de Vacíos
1	1,00	0,25	2,39
2	2,00	0,51	2,32
3	4,00	1,01	2,19
4	8,00	2,02	1,92
5	16,00	4,04	1,70
6	32,00	8,08	1,44

### PROCESO DE DESCARGA

Ciclo	Carga (kg)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación de Vacíos
5	16,00	4,04	1,44
4	8,00	2,02	1,51
3	4,00	1,01	1,51
2	2,00	0,51	1,61
1	1,00	0,25	1,62



Presión de Preconsolidación(kg/cm<sup>2</sup>)      0,90  
 Índice de Compresibilidad, C<sub>c</sub>                      0,80

### Observaciones

Ensayado Por	Voch	Verificado Por	Víctor
Calculado Por	Víctor Orozco		Orozco
			Chávez



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

"Ing. Raúl Maruri Díaz"

**ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO**

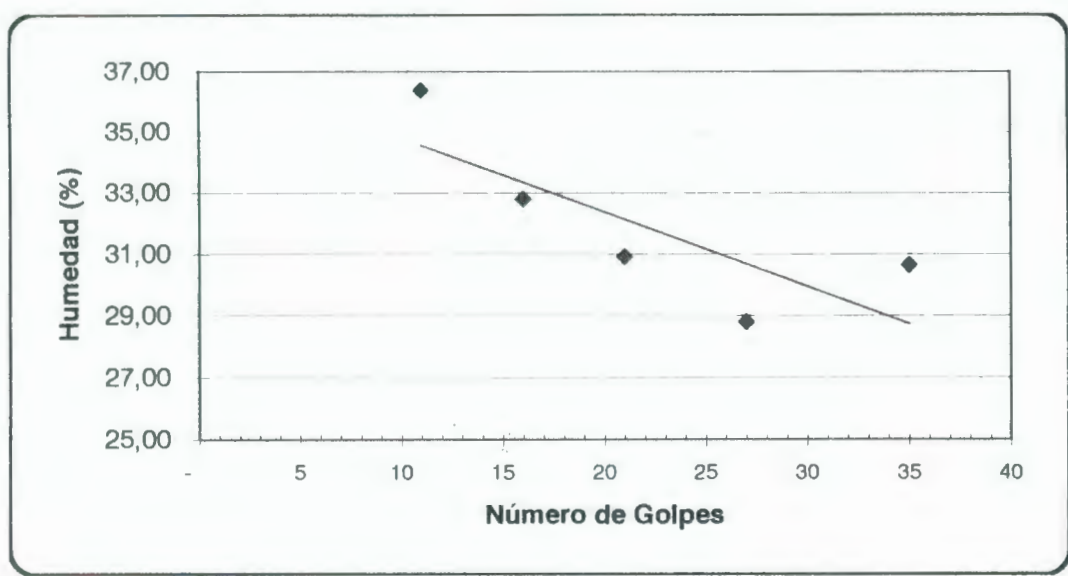
Proyecto Prueba de Proyecto  
 Perforación 1

Muestra 1  
 Profundidad 2m

22-Ene-04

**LIMITE LÍQUIDO**

	1	2	3	4	5	6
Número del Recipiente	op	ce	a	b	c	
Recipiente+peso húmedo	19,20	19,90	18,70	20,20	19,80	
Recipiente+peso húmedo	17,20	17,90	17,00	18,30	17,90	
Peso del recipiente	11,70	11,80	11,50	11,70	11,70	
Número de Golpes	11	16	21	27	35	
Humedad (%)	36,36	32,79	30,91	28,79	30,65	
Límite Líquido (%)	33,57					



**LIMITE PLÁSTICO**

	1	2	3	4	5	6
Número del Recipiente	op	ce	a			
Recipiente+peso húmedo	16,10	16,20	16,60			
Recipiente+peso húmedo	15,30	15,40	15,70			
Peso del recipiente	11,60	11,80	11,50			
Humedad (%)	21,62	22,22	21,43			
Límite Plástico (%)	21,76					

Observaciones

Calculado Por

Voch

Verificado Por

Voch

## **ANEXO 7**

### **COTIZACIONES REFERENCIALES PARA EL PRESUPUESTO DE COMPRAS DE EQUIPOS NUEVOS PARA EL LABORATORIO**

Moldes para preparación de briquetas	Humboldt	H-1090	\$34,02	\$38,10
Plato de Base	Humboldt	H-1200	\$2.398,50	\$2.686,32
Penetrómetro Universal	Humboldt	H-2165	\$6.732,00	\$7.539,84
Baño de Viscosímetro Saybolt	Humboldt	H-2285	\$1.036,80	\$1.161,22
Aparato de destilación de asfaltos emulsificados	Humboldt	H-2085	\$1.468,80	\$1.645,06
Equipo para ensayo Cleveland "Flash Point"	Humboldt	H-1456	\$3.151,80	\$3.530,02
Extractor Centrifugo	Humboldt	H-1335	\$5.967,00	\$6.683,04
Test básico para ensayo de estabilidad Marshall	Humboldt	H-3240	\$11.793,60	\$13.208,83
Autoclave para Cemento	Humboldt	H-3624	\$3.677,40	\$4.118,69
Mesa de Flujo	Humboldt	H-3810	\$664,20	\$743,90
Permeabilímetro de Blaine	Humboldt	H-2786	\$1.055,70	\$1.182,38
Aparato para medir contenido de humedad en Hormigón	Humboldt	H-2788	\$61,56	\$68,95
Calibrador del medidor de aire	Humboldt	H-3035	\$6.804,00	\$7.620,48
Prensa de Compresión de Vigas de Hormigón	Humboldt	H-3005	\$1.834,29	\$2.054,40
Moldes para vigas de Hormigón	Humboldt	H-2912D	\$1.790,10	\$2.004,91
Compresómetro-Extensómetro de Hormigón	Humboldt	H-2980B	\$2.746,35	\$3.075,91
Micro Covermeter	Humboldt	H-2980.1	\$841,50	\$942,48
Mini-Probe	Humboldt	3430	\$8.500,00	\$9.520,00
Densímetro Nuclear Troxler modelo 3430 completo	InstroTek	3440	\$6.600,00	\$7.392,00
Densímetro Nuclear Troxler modelo 3440 reacondicionado en fabrica completo	Humboldt	H-4140	\$7.191,00	\$8.053,92
GeoGauge	Humboldt	H-4202	\$859,95	\$963,14
Aparato de cono dinámico	Humboldt	H-4320	\$2.786,40	\$3.120,77
Tamizador de agregados finos (tamices de 8 pulgadas)	Humboldt	HM-2550	\$11.477,70	\$12.855,02
Equipo neumático de corte directo y residual 110-120 V, 60-60 Hz, 1 ph	Humboldt	HM-2551.60S	\$1.158,30	\$1.297,30
Caja de corte de 60 x 60 mm	Humboldt	HM-2552.60S	\$179,82	\$201,40
Cortador de 60 x 60 mm	Humboldt	HM-2553.60S	\$121,50	\$136,08
Compactador de 60 x 60 mm	Humboldt	HM-2554.60S	\$45,36	\$50,80
Plato porozo de 60 x 60 mm	Humboldt	HM-2156	\$1.134,00	\$1.270,08
Software de interpretacion WINSHEAR	Humboldt	H-4952	\$971,55	\$1.088,14
Placa Calentadora	Humboldt	H-4504V	\$2.478,60	\$2.776,03
Balanza Ohaus Voyager capacidad 8.1g, lectura 0.01g	Humboldt	H-4767	\$1.774,80	\$1.987,78
Balanza Ohaus , capacidad 150 kg, lectura 0.01kg	Humboldt	H-4500V	\$2.754,00	\$3.084,48
Balanza Ohaus Voyager, capacidad 410g, lectura 0.001g	Humboldt	H-3841.1	\$367,20	\$411,26
Aspa para batidora Hobart	Humboldt	H-3860	\$7.452,00	\$8.346,24
Máquina para Abrasión de los Angeles	Humboldt	H-3865	\$214,20	\$239,90
Cargas Abrasivas	Humboldt	HR-2500	\$4.131,00	\$4.626,72
Perforadora saca núcleos	Humboldt	HR-2516	\$218,70	\$244,94
Tanque de presión de agua para perforadora	Humboldt	HR-2530.25	\$259,20	\$290,30
Broca 2.5"	Humboldt	HR-2530.4	\$382,32	\$428,20
Broca 4"	Humboldt			

FUENTE: Geocontrol, Quito (columna izquierda, precios stock; derecha, incluyendo IVA).



IMPORTADORA  
**SCHILLER CÍA. LTDA.**

Sta. ROSA Oe7-178  
 y Psjc. DIEGO HERRERA  
 TELFS: 2547760 - 2542668 - 2229572  
 FAX: ( 5932 ) 2562788  
 E-mail: schiller@interactive.net.ec  
 QUITO APARTADO 17 - 01 -2716

Quito, 16 de Febrero del 2004

OE-012-02-04

Seniores  
 ESPCUELA POLITECNICA DEL LITORAL  
 Presente

EGDO. ING. VICTOR OROZCO CHAVEZ

REF: ELE INTERNATIONAL SOILTEST DIVISION

Atentos a su requerimiento nos permitimos someter a su consideracion la siguiente oferta de nuestra representada del rubro.

OFERTA PARA ENTREGA LOAL PREVIA IMPORTACION

CODIGO	CANT	DESCRIPCION	PRECIO T. US\$	PAG #
2101/02	1	CONJUNTO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO/RESIDUAL. NORMAS ASTM D-3080 AASHTO T-236;BS-1377 110V. 50/60Hz.	10,685.29	41
		El conjunto incluye:		
	1	Aparato de Corte Directo/Residual		
	1	Caja de Corte de 2.5 pulg. de diam. o cuadrado de 60 mm.		
	1	Cortadora de especimen 2.5 pulg. de diam o cuadrado de 60 mm.		
	1	Cuadrante Indicador Vertical		
	1	Cuadrante Indicador Horizontal		
	1	Anillo de Carga de Compresion/Tension		
	1	Juego de Pesas.		
25-3525/02	1	VERSA LOADER. NORMA ASTM D-2850; AASHTO T-296. CAPACIDAD DE CARGA 45 kN ( 10.000 lbf). 110V. 50/60 Hz.	3,752.68	54
		Accesorios:		
24-9177	1	JUEGOS DE ACCESORIOS PARA ENSAYOS CBR, SISTEMA METRICO. INCLUYE: platina inferior, conjunto de piston de penetracion, cuadrante indicador de gama 25 mm. anillo de carga de 45	1,334.20	54



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

CODIGO	CANT	DESCRIPCION	PRECIO T. US\$	PAG #
		kN de capacidad y elementos de montaje.		
27-1125/02	1	CONJUNTO DE LECTURA DIGITAL PARA ENSAYOS CBR SISTEMA METRICO 110V. 50/60Hz. INCLUYE: dispositivo de lectura digital de 2 canales, celda de carga tipo S de 45kN de capacidad transductor de penetracion de gama 50 mm., piston de penetracion y elementos de montaje.	3,571.52	54
45-6832/02	1	MAQUINA DE ESTABILIDAD MARSHALL NORMAS ASTM D-1559; AASHTO T-245 CAPACIDAD 44.5 kN (10.000 lbf)maxima 110V. 60 Hz.  Accesorios:	3,951.62	176
45-6894	1	INDICADOR DE FLUJO DE ASFALTO CON FRENO. SISTEMA METRICO	229.28	176
45-6855	1	CABEZAL DE ROTURA MARSHALL DE 101mm.	372.25	176
45-6857	1	CABEZAL DE ROTURA MARSHALL DE 152mm.	645.25	176
78-0860	1	ANILLO DE CARGA DE 50 kN (11.200lbf) DE CAPACIDAD	807.77	176
2401	1	CONJUNTO DE ENSAYOS CBR DE CAMPO NORMA ASTM D-4429 SISTEMA METRICO  El conjunto incluye:	4,085.59	58
	1	Gato CBR de Campo		
	1	Anillo de carga 2.250 libras (10kN)		
	1	Anillo de carga 6.000 libras (28kN)		
	1	Piston de Penetracion de Campo		
	1	Varillas de Extension		
	1	Soporte y Adaptador		
	1	Soporte de Puente		
	1	Cuadrante Indicador de Penetracion		
	1	Pesa de Sobrecarga Circular de 4.54 Kg. (10 libras)		
	1	Pesa de Sobrecarga Ranurada de 4.54 Kg. (10 libras)		
	1	Pesa de Sobrecarga Ranurada de 9.07 Kg. (20 libras)		



CODIGO	CANT	DESCRIPCION	PRECIO T. US\$	PAG #
24-4917	1	CONJUNTO PARA ENSAYOS DE EQUIVALENTE DE ARENA. ASTM D-2419; AASHTO T-176	576.66	74
		El conjunto incluye:		
	1	Tope de goma maciza		
	1	Topon de goma de dos agujeros		
	1	Pinza		
	1	Maletin		
	1	Ensamblaje de Pie Equilibrado		
	1	Embudo		
	1	Tubo de Irrigacion		
	1	Tubo-sifon		
	1	Manguera de soplado		
	1	Lata Medidora		
	1	Botella de Solucion Patron		
	4	Cilindros de Equivalente de Arena		
36-3086/02	1	MAQUINA DE COMPRESION ADR 2000 STANDARD. CAPACIDAD 2.000kN (450.000 lbf) 110-120V. 60Hz.	10,094.17	114
37-6130	1	BASTIDOR DE ENSAYO DE VIGAS FLEXURAL DE 100kN SUMINISTRADO SIN PORTADORES	2,889.31	114
37-5574/02	1	ACOPLAMIENTO PARA BOMBA ELECTRICA 110V. 60Hz.	3,619.46	100
37-5450	1	PLATINAS DE ENSAYO DE CILINDRO PARTIDO. NORMAS BS 1881-117	56.45	117
37-5626	1	COMPRESOMETRO-EXTENSOMETRO PARA CILINDROS DE HORMIGON CON CUADRANTES DE LECTURA EN EL SISTEMA METRICO	1,191.72	109
82-8927/02	1	SIERRA DE ALBANILERIA DE MESA 110-230 V. 60 Hz.V.	2,543.59	118
		Accesorios:		
82-8927/10		CUCHILLA ABRASIVA 356mm. (14")	23.60	118
82-8927/12		CUCHILLA DE FILO DE CORTE CONTINUO	222.86	118
38-2675	1	PENETROMETRO DE MORTERO. INCLUYE SEIS AGUJAS Y MALETIN DE TRANSPORTE. NORMAS	754.69	157

CODIGO	CANT	DESCRIPCION	PRECIO T. US\$	PAG #
		ASTM C-403		
35-2022	1	MICRO COVERMETER (PACHOMETRO)	1,945.66	131
		Accesorios:		
35-2025	1	MINI PROBE	817.18	131
35-2027	1	MAXI PROBE	778.26	131
35-2165	1	SISTEMA DE DELIENEAMIENTO DE CORROSION. NORMA ASTM C-876	1,567.34	136
38-1000	1	APARATO DE BLAINE. NORMAS ASTM C-204; AASHTO T-153; EN-196-6; BS4359-2	611.15	155
		Accesorio:		
38-0640	1	MATERIAL DE REFERENCIA ESTANDAR No. 114P.	17.51	155
38-7092	1	MEDIDOR DE ENTRADA DE AIRE EN CEMENTO 1 LITRO DE CAPACIDAD EN:459-2	1,745.31	162
34-8505	1	COMPACTADOR DE LONGITUD SISTEMA METRICO. NORMAS ASTM C-151, C-157, C-227, C-490, C-531; AASHTO T-107, T-160	926.45	159
47-5020/02	1	PERFORADORA SACANUCLEOS PORTATIL ELECTRICA. INCLUYE: mangueras, filtro y conexiones de acoplamiento.	3,744.21	193
		Accesorios:		
47-5700	1	BROCA DE DIAMANTE DE PAREDS FINAS TAMANIO DE LA BROCA 4-1/4". TAMANIO DEL NUCLEO 4".	338.87	194
47-5660	1	ADAPTADOR DE EXPANSION PARA BROCA DE 4-1/4".	95.75	194
47-5692	1	BROCA DE DIAMANTE DE PAREDS FINAS TAMANIO DE LA BROCA 2-1/2". TAMANIO DEL NUCLEO 2-1/4".	193.02	194
47-5652	1	ADAPTADOR DE EXPANSION PARA BROCA DE 2-1/2".	45.17	194
45-3830/02	1	EXTRACTOR CENTRIFUGO DE ASFALTO DE 3.000 g. PROTEGIDO CONTRA EXPLOSION 120V. 60 Hz NORMAS: ASTM D-2172; AASHTO T-164	3,629.07	200

CODIGO	CANT	DESCRIPCION	PRECIO T. US\$	PAG #
46-2615/02	1	COMPRODADOR DE DUCTILIDAD. 110-120V. 60Hz.	7,990.14	203
46-5290	1	PENETROMETRO DE ASFALTO ESTANDAR NORMAS: ASTM D-5; AASHTO T-49 Accesorio:	1,031.82	204
46-5290/10	1	AGUJA DE PENETRACION TIPO ASTM	39.58	204
46-5300/02	1	BANIO PARA PENETROMETRO 115V 50/60Hz. GAMA DE TEMPERATURA AMBIENTE a 70 grados C.	5,403.53	204
46-3312/02	1	APARATO PARA LA DETERMINACION DEL PUNTO DE INFLAMACION CLEVELAND DE COPA ABIERTA. 115V 50/60Hz. Accesorio:	1,543.81	210
46-3317		TERMOMETRO DE -6 a 400 grados C.	28.49	210
46-2215	1	APARATO PARA LA DESTILACION DEL ASFALTO EN EMULSION Accesorio:	1,276.84	210
46-2216	1	TERMOMETRO DE -2 a 300 Grados C.	27.50	210
77-0110	1	APARATO PARA CARGA CONCENTRADA. INCLUYE: maleta de transporte y ga- fas de seguridad.	3,352.54	222
88-1020/02	1	BALANZA ELECTRONICA SERIE OHAUS EXPLORER CAPACIDAD 410 g. x 0.001g.	2,940.07	238
88-1052/02	1	BALANZA ELECTRONICA SERIE OHAUS EXPLORER CAPACIDAD 4.100 g. x 0.01g.	2,491.57	238
88-1322/02	1	BALANZA DE MESA PARA USO GENERAL CAPACIDAD 100 Kg. x 0.01 Kg. 240V. 50/60Hz.	1,041.82	238
**PRECIO DE LA MERCADERIA DESADUANIZADA PUESTA EN LA ESPOL			95,030.66	

SON: NOVENTA Y CINCO MIL TREINTA DOLARES AMERICANOS 66/100

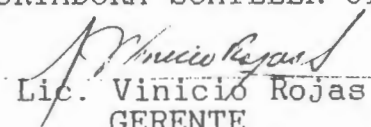
\*\*NOTA.- La oferta incluye el IVA. Oferta indivisible.

TERMINOS DE PAGO: Pago anticipado contra entrega de poliza de buen  
uso del anticipo de la Compania de Seguros Integral.

PLAZO DE ENTREGA: 10 semanas aproximadamente de recibido el pago

VALIDEZ DE LA OFERTA: Hasta el 19 de Marzo del 2004

Atentamente,  
IMPORTADORA SCHILLER CIA. LTDA.

  
Lic. Vinicio Rojas S.  
GERENTE

yeg.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 BRAJA M DAS, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Thomson-Learning, 2001.
- 2 TERREROS CARMEN, Mecánica de Suelos Laboratorio, Editorial Universidad de Guayaquil, 1995
- 3 GOMEZJURADO JAIME, Manual de Laboratorio, Ediciones Asocreto.
- 4 ABANTO FLAVIO, Tecnología del Concreto, Editorial San Marcos.
- 5 SANCHEZ DIEGO, Tecnología del Concreto y del Mortero, Bhandar Editores, 2000.
- 6 PECK, HANSON, THORNBURN, Ingeniería de Cimentaciones, Editorial Limusa, 1999.
- 7 SOILTEST, Catálogo de Equipamiento, 2000.
- 8 HUMBOLDT, Catálogo de Equipamiento, 2001.