

Reglamento CIRSOC 401
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación

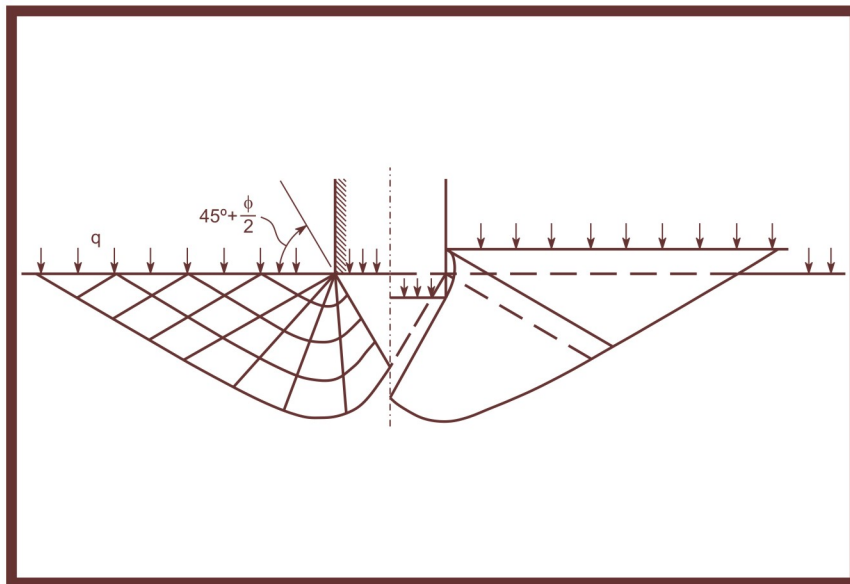
INTI

Instituto Nacional de
Tecnología Industrial



CIRSOC

Centro de Investigación de los
Reglamentos Nacionales de
Seguridad para las Obras Civiles



COMENTARIOS AL
REGLAMENTO ARGENTINO
DE ESTUDIOS
GEOTÉCNICOS

Julio 2015

**COMENTARIOS AL
REGLAMENTO ARGENTINO
DE ESTUDIOS
GEOTÉCNICOS**

EDICIÓN JULIO 2015



**Av. Cabildo 65 Subsuelo – Ala Savio
(C1426AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires – República Argentina
TELEFAX. (54 11) 4779-5271 / 4779-5273**

**E-mail: cirsoc@inti.gob.ar
cirsoc@ffmm.gov.ar**

INTERNET: www.inti.gob.ar/cirsoc

Primer Director Técnico († 1980): Ing. Luis María Machado

Directora Técnica: Inga. Marta S. Parmigiani

Coordinadora Área Acciones: Inga. Alicia M. Aragno

Área Estructuras de Hormigón: Ing. Daniel A. Ortega

Área Administración, Finanzas y Promoción: Lic. Mónica B. Krotz

Área Venta de Publicaciones: Sr. Néstor D. Corti

© 2015

Editado por INTI

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso – Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Tel. 4515-5000

Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos, reservados. Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso en la Argentina.

Printed in Argentina.

ORGANISMOS PROMOTORES

Secretaría de Obras Públicas de la Nación
Subsecretaría de Vivienda de la Nación
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Instituto Nacional de Prevención Sísmica
Ministerio de Hacienda, Finanzas y Obras Públicas de la Provincia del Neuquén
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Dirección Nacional de Vialidad
Vialidad de la Provincia de Buenos Aires
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas
Cámara Argentina de la Construcción
Consejo Profesional de Ingeniería Civil
Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland
Instituto Argentino de Normalización
Techint
Acindar
Consejo Vial Federal

MIEMBROS ADHERENTES

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón
Asociación Argentina de Hormigón Estructural
Asociación Argentina de Hormigón Elaborado
Asociación Argentina del Bloque de Hormigón
Asociación de Ingenieros Estructurales
Centro Argentino de Ingenieros
Instituto Argentino de Siderurgia
Telefónica de Argentina
Transportadora Gas del Sur
Quasdam Ingeniería
Sociedad Central de Arquitectos
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires
Cámara Argentina del Aluminio y Metales Afines
Cámara Argentina de Empresas de Fundaciones de Ingeniería Civil
Cámara Industrial de Cerámica Roja

**COMENTARIOS AL
REGLAMENTO
ARGENTINO DE
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**

CIRSOC 401

COMISIÓN REDACTORA DEL REGLAMENTO CIRSOC 401

Integrantes:

Ing. Juan José GOLDEMBERG	Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica (SAIG)
Lic. María Alejandra GONZÁLEZ	Consejo Superior Profesional de Geología (CSPG) / Instituto de Geología y Recursos Minerales – Servicio Geológico Minero Argentino – (IGRM – SEGEMAR)
Ing. Néstor GUITELMAN	Asociación de Ingenieros Estructurales (AIE)
Ing. Pablo LAVALLAZ	Asociación de Ingenieros Estructurales (AIE)
Lic. Fabio LUNA	INTI- Construcciones (Unidad Técnica Geología Aplicada y Ambiental)
Lic. María Beatriz PONCE	Instituto de Tecnología Minera (INTEMIN) / Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) / Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería (ASAGAI)
Lic. Miguel RUIZ	Consejo Superior Profesional de Geología (CSPG)
Ing. Alejo SFRISO	Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica (SAIG)
Ing. Roberto TERZARIOL	Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica (SAIG)
Ing. Pablo TORRES	Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica (SAIG)
Lic. Guillermo TURAZZINI	Consejo Superior Profesional de Geología (CSPG)

ÍNDICE COMENTARIOS AL CIRSOC 401

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 1. REQUISITOS GENERALES

C 1.3. NORMAS IRAM DE APLICACIÓN	1
----------------------------------	---

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 2. PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

C 2.1. OBJETIVO	5
C 2.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	5
C 2.2.3. En predios donde ya ocurrió una falla en la construcción	5
C 2.2.4. Seguridad de las construcciones aledañas	5
C 2.3. PROCEDIMIENTO	6
C 2.3.1. Principios generales	6
C 2.3.2. Estudios de gabinete	6
C 2.3.3. Reconocimiento del predio	6
C 2.3.4. Usos previos y estado actual del predio	7
C 2.3.5. Predios de valor patrimonial	7

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 3. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

C 3.1. OBJETIVO	9
C 3.2. PERSONAL INVOLUCRADO EN LA INVESTIGACIÓN	9
C 3.2.1. Introducción	9
C 3.5. EXTENSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	9
C 3.5.1. Principios generales	9
C 3.5.5. Ubicación de las prospecciones	10
C 3.6. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DEL SUBSUELO EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	10
C 3.6.2. Suelos friables con bloques y gravas	10
C 3.6.3. Arenas	10
C 3.6.4. Limos	10

C 3.6.5. Arcillas	12
C 3.6.7. Suelos colapsables	12
C 3.6.10. Macizos rocosos	12
C 3.7. AGUAS Y SUELOS AGRESIVOS	13

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 4. EXCAVACIONES, PERFORACIONES Y MUESTREO

C 4.1. INTRODUCCIÓN	15
C 4.2. EXCAVACIONES	15
C 4.2.1. Calicatas poco profundas	15
C 4.2.2. Calicatas profundas, pozos y galerías de inspección	15
C 4.3. PERFORACIONES	15
C 4.3.1. Perforación manual con pala barreno	15
C 4.3.2. Perforación mediante equipo manual	16
C 4.3.3. Perforación mediante pala barreno mecánica (hélice continua)	17
C 4.3.4. Perforación a rotación	17
C 4.4. MUESTREO	17
C 4.4.1. Generalidades	17
C 4.4.3. Muestras disturbadas obtenidas durante las operaciones de perforación o excavación	17
C 4.4.4. Muestras obtenidas mediante sacatestigos de extremo abierto	18
C 4.4.5. Extracción de damas	20
C 4.4.7. Manipuleo e Identificación de las muestras	27
C 4.5. AGUA SUBTERRÁNEA	27
C 4.5.1. Métodos para determinar la presión de agua en el terreno	27

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 5. ENSAYOS DE CAMPO

C 5.1. INTRODUCCIÓN	31
C 5.2. ENSAYOS DE PENETRACIÓN	31
C 5.2.1. Ensayo normal de penetración (ENP-SPT)	31
C 5.2.2. Ensayo de penetración estática de cono (CPT)	31
C 5.3. OTROS ENSAYOS EN PERFORACIONES	31

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 6. ENSAYOS DE LABORATORIO

C 6.1.	INTRODUCCIÓN	37
C 6.2.	REQUISITOS CORRESPONDIENTES A LOS LABORATORIOS	37
C 6.2.2.	Personal auxiliar de laboratorio	37
C 6.2.3.	Instalaciones del laboratorio central y de campaña	37
C 6.4.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA DE MANO	37
C 6.5.	ENSAYOS	38
C 6.5.2.	Tipos de ensayo	38

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 7. INFORME TÉCNICO

C 7.2.	INFORME DESCRIPTIVO	39
C 7.2.4.	Marco geológico	39
C 7.2.6.	Trabajos de campo	39
C 7.2.7.	Trabajos de laboratorio	39
C 7.2.8.	Descripción del perfil geotécnico	39

C 7.4.	RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS	39
--------	-----------------------------	----

ANEXO AL ARTÍCULO C 7.2.6. TRABAJOS DE CAMPO	41
---	----

A.1. INFORME DE CAMPO	41
-----------------------	----

ANEXO AL ARTÍCULO C 7.2.6. TRABAJOS DE LABORATORIO	53
---	----

A.2. INFORMES DE LABORATORIO	53
------------------------------	----

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 1.

REQUISITOS GENERALES

C 1.3. NORMAS DE APLICACIÓN

En la Tabla C 1.3.1. se listan las normas IRAM de ensayos vigentes y en la Tabla C.1.3.2. se listan las normas de la Dirección Nacional de Vialidad vigentes.

Tabla C.1.3.1. Listado de normas IRAM vigentes

NORMAS IRAM	
Descripción	Designación
Suelos agrícolas. Métodos para la determinación de la resistencia específica a la penetración mediante la pala dinamométrica de impacto.	IRAM 8017/1990
Agregados. Clasificación y descripción de las rocas más comunes y de sus minerales constituyentes.	IRAM 1517/1988
Rocas basálticas. Método de determinación de la estabilidad. Ensayo de inmersión en etanodiol (etilenglicol).	IRAM 1519/1982
Agregados gruesos para uso vial. Método de análisis del estado físico de la roca.	IRAM 1702/1981
Agregados gruesos para uso vial. Características basadas en el análisis del estado físico de la roca.	IRAM 1703/1981
Mecánica de suelos. Preparación de muestras.	IRAM 10500/1968
Geotecnia. Método de determinación del límite líquido y del límite plástico de una muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad.	IRAM 10501/2007
Geotecnia. Método de determinación de la densidad relativa de los sólidos y de la densidad de los sólidos de un suelo.	IRAM 10503/2007
Suelos disturbados. Método de determinación de la contracción.	IRAM 10504/1976
Mecánica de suelos. Método de ensayo de consolidación unidimensional.	IRAM 10505/1972
Mecánica de suelos. Método de determinación de la humedad de absorción y de la densidad aparente de suelos granulares.	IRAM 10506/1983
Mecánica de suelos. Método de determinación de la granulometría mediante tamizado por vía húmeda.	IRAM 10507/1986
Mecánica de suelos. Método de ensayo de la permeabilidad de suelos granulares.	IRAM 10508/1984
Mecánica de suelos. Clasificación de suelos con propósitos ingenieriles.	IRAM 10509/1982 ASTM D 2487-00
Mecánica de suelos. Definiciones.	IRAM 10510/1971
Mecánica de suelos. Método de ensayo de compactación en laboratorio.	IRAM 10511/1972
Mecánica de suelos. Método de análisis granulométrico.	IRAM 10512/1977
Suelos disturbados. Método manual para la determinación del límite líquido.	IRAM 10513/1958
Mecánica de suelos. Método de determinación de la durabilidad de mezclas de suelo-cemento por congelamiento y deshielo.	IRAM 10514/1977

NORMAS IRAM	
Descripción	Designación
Mecánica de suelos. Preparación de muestras para análisis sedimentométricos y para determinación de las constantes físicas.	IRAM 10515/1968
Mecánica de suelos. Reconocimiento y muestreo de suelos mediante barrenos o sondas.	IRAM 10516/1968
Geotecnia. Ensayo normalizado de penetración (SPT).	IRAM 10517/2015
Mecánica de suelos. Método de determinación de la resistencia a la compresión no confinada en suelos cohesivos.	IRAM 10518/1969
Mecánica de suelos. Método de laboratorio para la determinación de humedad.	IRAM 10519/1970
Mecánica de suelos. Métodos de determinación del valor soporte relativo e hinchamiento de los suelos.	IRAM 10520/1971
Suelos. Clasificación por el sistema del índice de grupo.	IRAM 10521/1971
Mecánica de suelos. Método de ensayo de compactación en mezclas de suelo-cemento.	IRAM 10522/1972
Mecánica de suelos. Método de determinación previa del contenido de cemento pórtland para la dosificación de mezclas de suelo-cemento.	IRAM 10523/1971
Mecánica de suelos. Método de ensayo de durabilidad por humedecimiento y secado en mezclas de suelo cemento.	IRAM 10524/1972
Mecánica de suelos. Suelos granulares. Método de determinación de la densidad relativa.	IRAM 10525/1982
Mecánica de suelos. Método del volumenómetro para la determinación de la densidad in-situ.	IRAM 10526/1975
Mecánica de suelos. Método de determinación de la relación carga-asentamiento en pilotes verticales.	IRAM 10527/1975
Mecánica de suelos. Método de determinación de la capacidad portante mediante cargas estáticas.	IRAM 10528/1984
Mecánica de suelos. Método de ensayo de compresión triaxial en suelos cohesivos sobre probetas no consolidadas ni drenadas.	IRAM 10529/1985
Mecánica de suelos. Método de ensayo de la permeabilidad a carga variable en suelos cohesivos.	IRAM 10530/1988
Mecánica de suelos. Método de determinación de la permeabilidad "in-situ" por la técnica Lefranc.	IRAM 10531/1985
Mecánica de suelos. Método de determinación de la absorción de agua de un terreno, por la técnica de Lugeon.	IRAM 10532/1983
Mecánica de suelos. Método de determinación de la permeabilidad mediante el ensayo de bombeo.	IRAM 10533/1983
Mecánica de suelos. Método de ensayo de corte directo de suelos tipo consolidado drenado.	IRAM 10534/1986
Mecánica de suelos. Descripción de suelos mediante análisis tacto-visual.	IRAM 10535/1991
Mecánica de suelos. Determinación en campaña de la densidad a granel (comúnmente conocida como "peso unitario" o "densidad aparente") mediante arena seleccionada.	IRAM 10536/1993
Mecánica de suelos. Determinación de la densidad "in-situ". Método de la hincada estática de un cilindro de muestreo.	IRAM 10539/1992
Mecánica de rocas. Método de determinación de agua.	IRAM 10601/1986
Geotecnia. Método de determinación en rocas de la densidad real, la densidad aparente, la porosidad, la absorción de agua y propiedades relacionadas.	IRAM 10602/2013
Mecánica de rocas. Método de determinación del índice de vacíos por la técnica de la absorción rápida.	IRAM 10603/1987
Mecánica de rocas. Método de determinación de la presión de hinchamiento a volumen constante.	IRAM 10604/1987
Mecánica de rocas. Método de determinación de la deformación lineal por hinchamiento.	IRAM 10605/1988
Mecánica de rocas. Método de determinación de la durabilidad por humedecimiento y secado.	IRAM 10606/1991
Geotecnia. Método de determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, del módulo de elasticidad y del coeficiente de Poisson en probetas de roca.	IRAM 10607/2008

NORMAS IRAM	
Descripción	Designación
Geotecnia. Método de determinación de la resistencia a la carga puntual de rocas	IRAM 10608/2010
Durabilidad de edificios. Protección de edificios no industriales contra el agua proveniente del suelo.	IRAM 11558/1980
Calidad del suelo. Pretratamiento de muestras para análisis físico-químico.	IRAM 29402/1998

Tabla C.1.3.2. Listado de Normas de la Dirección Nacional de Vialidad vigentes

NORMAS DE LA DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD (Edición Enero 1993)	
Descripción	Designación
Tamizado de suelos por vía húmeda	VN-E1-65
Límite líquido	VN-E2-65
Límite plástico. Índice de plasticidad	VN-E3-65
Clasificación de suelos	VN-E4-84
Compactación de suelos	VN-E5-93
Determinación del valor soporte e hinchamiento de suelos	VN-E6-84
Análisis mecánico de materiales granulares	VN-E7-65
Control de compactación por el método de la arena	VN-E8-66
Ensayo de estabilidad y fluencia por el método Marshall	VN-E9-86
Equivalente de arena	VN-E10-82
Determinación de la concentración crítica rellenos minerales	VN-E11-67
Determinación del peso unitario de probetas asfálticas compactadas	VN-E12-67
Peso específico aparente y absorción de agregados pétreos gruesos	VN-E13-67
Peso específico aparente y absorción de agregados pétreos finos	VN-E14-67
Peso específico aparente de rellenos minerales	VN-E15-89
Determinación del favor de cubicidad	VN-E16-67
Determinación del contenido de asfalto de mezclas en caliente por el método de Abson	VN-E17-87
Sales solubles y sulfatos en suelos, estabilizados y suelos granulares	VN-E18-89
Ensayo de compactación de mezclas de suelo-cemento y suelo-cal	VN-E19-66
Determinación del dosaje para ensayar mezclas de suelo-cemento	VN-E20-66
Ensayo de durabilidad por humedecimiento y secado de mezclas de suelo-cemento	VN-E21-66
Ensayo de durabilidad por congelamiento y deshielo para mezclas de suelo-cemento	VN-E22-66
Porcentaje de vacíos del agregado grueso para hormigones	VN-E23-67
Densidad y humedad de equilibrio	VN-E24-68
Peso específico aparente de suelos finos	VN-E25-68

NORMAS DE LA DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD (Edición Enero 1993)	
Descripción	Designación
Determinación del contenido de humedad de agregados pétreos	VN-E26-66
Determinación del peso específico y absorción de asfalto de agregados pétreos para mezclas asfálticas en caliente	VN-E27-84
Ensayo de deflexión recuperable y determinación de la curva elasto retardada de pavimentos con regla Benkelman	VN-E28-77
Verificación uniformidad de riego distribuidores material bituminoso	VN-E29-68
Estabilidad y fluencia Marshall de mezclas con más de 10% de agregado mayor de 25,4 mm	VN-E30-68
Control de hormigones elaborados en obra	VN-E31-69
Pérdida de la estabilidad Marshall por efecto del agua	VN-E32-67
Ensayo de compresión de probetas compactadas de suelo-cal y suelo-cemento	VN-E33-67
Ensayo de homogeneidad de mezclas de suelo-cal y suelo-cemento	VN-E34-65
Residuo sólido y pH del agua para hormigones y suelo-cemento	VN-E35-89
Porcentaje de terrenos en agregados naturales	VN-E36-67
Humedad superficial de agregados pétreos	VN-E37-78
Determinación de la lajosidad y elongación en agregados	VN-E38-86
Análisis mecánico del relleno mineral	VN-E39-78
Análisis químico del relleno mineral	VN-E40-89
Determinación de solventes volátiles en mezclas asfálticas	VN-E41-89
Determinación de agua en mezclas asfálticas por destilación	VN-E55-86
Método estándar de ensayo para muestreo de mezclas de pavimentos bituminosos	VN-E64-78
Ensayo radio de curvatura	VN-E65-83
Análisis del tipo y calidad de la roca de los agregados gruesos	VN-E66-82
Análisis del tipo y calidad de la roca de los agregados gruesos. Exigencias	VN-E67-75
Determinación del polvo adherido	VN-E68-75
Determinación del contenido de asfalto en mezclas en caliente por el método de centrifuga	VN-E69-78

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 2.

PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

C 2.1. OBJETIVO

El costo de una completa y exhaustiva investigación geotécnica es, en general, reducido frente al del proyecto terminado, y puede ser ajustado si se lo planifica inteligentemente con antelación al comienzo de la etapa de diseño y construcción.

El asesoramiento de un Consultor Geotécnico en las etapas de concepción del proyecto permitirá la formulación de un plan de investigación acorde a las necesidades. Por lo tanto la experiencia del Consultor Geotécnico constituye un factor relevante en su elección.

C 2.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

C 2.2.3. En predios donde ya ocurrió una falla en la construcción

Las tareas de observación, replanteo y medición de la estructura podrán, en términos generales, brindar información acerca de si la geotecnia intervino o no en el proceso de falla. Los problemas de fallas no admiten reglas generales, debido a la complejidad del mecanismo de falla geotécnico-estructural. Esto origina que la investigación geotécnica para casos de patología o forense sea mucho más completa y minuciosa que para trabajos nuevos.

C 2.2.4. Seguridad de las construcciones aledañas

Las estructuras existentes pueden ser afectadas por las siguientes situaciones:

- (a) Excavaciones o demoliciones en las adyacencias que pueden producir una reducción en la sustentación de la estructura, ya sea por deformación general o por inestabilidad de taludes.
- (b) Trabajos subterráneos en las vecindades del predio que pueden producir deformaciones del terreno o subsidencia.
- (c) Tensiones y deformaciones inducidas en las estructuras de fundación y/o de sostenimiento linderas y/o en sus estratos de fundación.
- (d) Vibraciones y movimientos del terreno como consecuencia del tránsito, trabajos de pilotaje y voladuras con explosivos, compactación dinámica y sismos inducidos.
- (e) Abatimiento del nivel freático que ocasione incrementos de tensiones efectivas, consolidación y asentamiento del suelo aledaño, afectando estructuras adyacentes.
- (f) Erosión del terreno por arrastre de finos producido por sistemas de bombeo sin filtros adecuados.

- (g) Contracción y/o expansión de los suelos, que se produce como consecuencia del cambio de los factores climáticos, trasplante de árboles y/o vegetación.
- (h) Movimientos del suelo asociados a los fenómenos de congelamiento y/o deshielo, natural o artificial.
- (i) Impedimentos al drenaje, cambios del nivel de las aguas subterráneas y de la presión neutra.
- (j) Alteraciones de los cursos de agua naturales o artificiales que pueden producir efectos de socavación, profundización de cauce y acumulación de sedimentos.

C 2.3. PROCEDIMIENTO

C 2.3.1. Principios generales

El estudio de gabinete, a ser llevado a cabo con anterioridad a las investigaciones geotécnicas, deberá ser tan profundo y completo como sea posible. Esta información básica influirá notoriamente en el método, alcance y secuencia de la investigación a ejecutar. En ciertos casos será conveniente llevar a cabo una investigación preliminar a efectos de planificar la extensión y naturaleza de la campaña geotécnica definitiva con vistas al diseño.

En caso de probabilidad de daño a propiedades adyacentes, se deberán ejecutar investigaciones complementarias que permitan, eventualmente, diseñar medidas de confortación. Se deberá registrar el estado de las construcciones existentes con anterioridad al comienzo de las obras. Esta recomendación es más importante cuando la propiedad adyacente presente daños previos.

C 2.3.2. Estudios de gabinete

Para la selección de un predio puede ser decisiva la información derivada de los estudios de gabinete, de estudios previos o provenientes de organismos públicos.

C 2.3.3. Reconocimiento del predio

Los caminos, canales y vías férreas en trinchera, las canteras y los yacimientos a cielo abierto exponen cortes del terreno donde se puede observar el perfil estratigráfico y el comportamiento de los taludes. Esta observación no reemplaza una apropiada y exhaustiva investigación geotécnica.

Otra evidencia importante a considerar es la presencia de trabajos subterráneos como galerías, sótanos, túneles, etc. y trabajos actuales de minería o yacimientos abandonados bajo el nivel de terreno natural.

En función del tipo y uso de la obra se podrán incluir estudios especiales. Estos estudios podrán incluir, entre otros: relevamientos topográficos, hidrográficos, climáticos, ubicación de yacimientos para materiales, depósito de desechos, impacto ambiental, etcétera.

C 2.3.4. Usos previos y estado actual del predio

Una forma de averiguar si un predio ha sido destinado a usos previos es mediante el estudio de los planos y demás documentación pertinente que se pueda encontrar en el organismo que otorgó los permisos de obra o en las dependencias catastrales. En el caso de obras marítimas, fluviales o lacustres, la revisión de cartas antiguas puede ser de utilidad, ya que el lecho puede haber sufrido modificaciones como consecuencia del aporte de sedimentos, corrientes naturales y tareas de dragado.

Algunos ejemplos de usos previos del terreno son:

Yacimientos subterráneos y a cielo abierto (canteras)

Es costumbre abandonar las excavaciones que se realizan para la extracción de áridos y minerales, una vez que éstas han sido explotadas. En algunos casos las excavaciones son rellenadas por el hombre con material de aporte para darle un uso constructivo al predio o por razones de seguridad.

Rellenos

Pueden existir rellenos no controlados (desechos domiciliarios, industriales, mineros, etc.). Estos rellenos pueden contener sustancias contaminantes que afecten el suelo y el ambiente. Se deberá investigar su naturaleza, profundidad y extensión.

Complejos industriales

En muchos lugares existen predios donde estuvieron radicadas industrias. Frecuentemente no quedan vestigios superficiales de estos complejos; sin embargo, bajo el terreno puede haber fundaciones, sótanos, depósitos de chatarra, tanques, vías férreas, etc., que pueden dificultar su reutilización.

Otros usos

En áreas urbanas pueden encontrarse cámaras sépticas, drenes, conductos, y otro tipo de interferencias. Cuando se sospeche que puedan existir estos obstáculos enterrados, se recomienda el cateo superficial del terreno mediante calicatas o técnicas geofísicas.

C 2.3.5. Predios de valor patrimonial

Se deberá cumplir con lo establecido en la **Ley N° 25.743/2003** de Protección al Patrimonio Arqueológico y Paleontológico.

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 3.

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

C 3.1. OBJETIVO

Las tareas primordiales consistirán en investigar y determinar los perfiles geotécnicos de los suelos y rocas así como las condiciones del agua subterránea. Las investigaciones deberán abarcar todo el predio, con mayor densidad de estudio en el área donde se ha decidido construir y la zona adyacente afectada por las construcciones.

La investigación geotécnica debe prever, cuando corresponda, la realización de análisis químicos de muestras de suelos y aguas, con el fin de determinar la presencia de elementos agresivos para las construcciones enterradas.

El conocimiento de la geología local resulta conveniente para la planificación y posterior interpretación de la investigación geotécnica.

El planeamiento debe permitir la realización de cambios en cantidad, extensión y tipo de investigación de acuerdo con la información que se obtenga durante el avance de los trabajos de campo y laboratorio.

La imposición de limitaciones a la realización de una investigación geotécnica acorde a las necesidades del proyecto puede redundar en una insuficiente información para un adecuado diseño geotécnico y estructural.

C 3.2. PERSONAL INVOLUCRADO EN LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

C 3.2.1. Introducción

El máximo beneficio de la investigación geotécnica se obtiene con una adecuada dirección y supervisión de las tareas a través de profesionales competentes y con experiencia.

C 3.5. EXTENSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

C 3.5.1. Principios generales

Las recomendaciones dadas en estos comentarios se presentan como una guía general que establece requisitos mínimos, que deben ser utilizados conjuntamente con el conocimiento y el criterio ingenieril y no ser adoptados como un conjunto de reglas rígidas de aplicación a todos los casos, ya que pueden existir muchas combinaciones de proyectos y condiciones geotécnicas.

C 3.5.5. Ubicación de las prospecciones

En la Figura C 3.5.5. se presenta, a modo de ejemplo, la distribución de exploraciones sugeridas para obras de implantación superficial cuadrada, rectangular, alargada e irregular.

C 3.6. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DEL SUBSUELO EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

C 3.6.2. Suelos friables con bloques y gravas

La ejecución de perforaciones presenta dificultades por la variedad de tamaños de bloques que pueden encontrarse. Generalmente se utiliza la perforación a percusión en la que se instala un caño camisa de protección y se limpia su interior mediante una cuchara a percusión diseñada para tal fin.

Aquellos trozos de material que por su tamaño no se puedan extraer con cuchara deben ser triturados, lo que produce un proceso de avance lento. Con el fin de aumentar la velocidad de perforación conviene emplear caños camisa de diámetro mínimo **200 mm** (8") para gravas y de diámetro mínimo **300 mm** (12") para bloques.

La perforación por percusión produce muestras de **Clase 5**, dado que los finos se lavan y la fracción gruesa se rompe durante la percusión.

C 3.6.3. Arenas

Para la medición de la rigidez del estrato se ejecutan ensayos de placa en el fondo de excavaciones o en el fondo de perforaciones de diámetro grande.

La hincas de sacatestigos produce cambios de volumen en la muestra de arena, lo que altera las mediciones de relación de vacíos y humedad. Este efecto puede minimizarse mediante el empleo de un sacatestigo de pared delgada, con el que pueden obtenerse muestras de **Clase 2**. El transporte y manipulación altera con frecuencia las muestras, por lo que se recomienda la recuperación de muestras **Clase 3** y el ensayo, en el laboratorio, de muestras reconstituidas a la densidad de campo, estimada mediante ensayos de penetración.

C 3.6.4. Limos

En general, no se requiere el empleo de retenes para la sujeción de muestras de limo dentro de sacamuestras.

Se debe tener presente que la remoción incompleta de detritos de perforación puede llevar a una medición incorrecta de la resistencia a la penetración. Los ensayos de penetración estática permiten obtener parámetros mecánicos confiables en este tipo de suelos.

Debido a la menor permeabilidad de los limos respecto de las arenas, la humedad de las muestras es representativa del estrato aunque se haya empleado agua para la ejecución de la perforación.

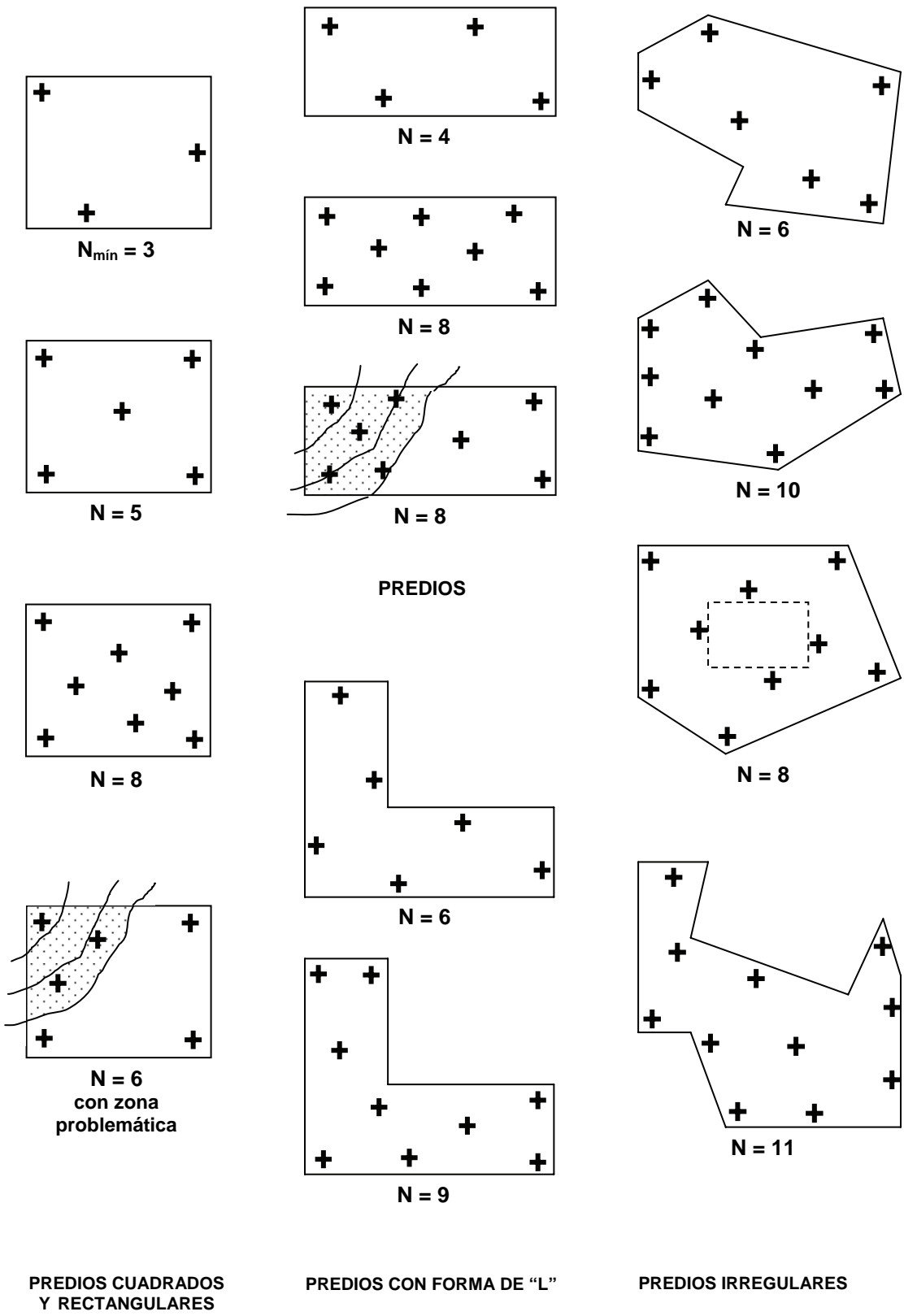


Figura C 3.5.5. Ejemplos de distribución de exploraciones sugeridas para obras de distinta planta.

C 3.6.5. Arcillas

La alteración de la muestra obtenida depende del proceso de extracción y de la herramienta utilizada, pero está fundamentalmente relacionada con el grado de sensibilidad que presenta el suelo frente al remoldeo, el cual varía en función de la profundidad y de las características de la arcilla.

Para la toma de muestras, también se emplea una pala-barreno continua de avance mecánico con alma hueca.

El **ensayo de veleta** (VST) es útil para determinar la resistencia al corte no drenada de arcillas saturadas blandas a medianamente compactas.

Otros métodos de medición de rigidez y resistencia in situ son los **ensayos de placa en perforaciones** (SPLT o PLT) y **ensayos dilatométricos** (DMT).

C 3.6.7. Suelos colapsables

a) Por encima del nivel freático

Los ensayos de penetración estándar son poco representativos. Tienden a sobrestimar la compacidad relativa debido a la alta fricción lateral.

b) Por debajo del nivel freático

En esta situación son representativos los ensayos de penetración estándar, estática y dinámica-estática.

En aquellos suelos en los que por su granulometría o por su baja cohesión no se puedan obtener muestras de calidad suficiente como para realizar los ensayos de laboratorio necesarios (ver la Tabla 4.1) se podrá ejecutar el ensayo de placa en condición saturada (ver el artículo 5.5.).

C 3.6.10. Macizos rocosos

El procedimiento de percusión con equipo liviano se considera apto únicamente para determinar la litología. La identidad y características del macizo rocoso deberán ser determinados mediante perforaciones a rotación con recuperación del testigo, o mediante excavaciones directas.

En general, la perforación a rotación por avance hidráulico con recuperación de testigo brinda una muestra de mejor calidad, donde se pueden determinar las propiedades del material y la frecuencia de las eventuales discontinuidades, pero no su orientación.

Durante la exploración mediante perforaciones es posible realizar ensayos "in-situ", debiendo adoptarse los recaudos pertinentes en la interpretación de resultados, por las alteraciones producidas durante las tareas de perforación y muestreo.

El ensayo de penetración estándar puede dar una idea de la resistencia y de la uniformidad del macizo en el caso de rocas blandas.

C 3.7. AGUAS Y SUELOS AGRESIVOS

Aunque la determinación de las características del agua subterránea constituye uno de los puntos preponderantes de la investigación geotécnica, ya que requiere de la instalación de **piezómetros** (ver el artículo 4.5.), en términos generales, no es un factor determinante a la hora de seleccionar el método de investigación geotécnica.

La permeabilidad puede ser determinada mediante **ensayos “in-situ” de permeabilidad** (ver el artículo 4.6.4.) o **ensayos de bombeo** (ver el artículo 5.2.4.).

Los **edómetros convencionales** presentan limitaciones para determinar la velocidad de asentamiento de manera que para solucionar este inconveniente, se deberán realizar complementariamente ensayos de permeabilidad de campo a carga constante (ver el artículo 4.6.4.4.). Alternativamente, se podrán obtener muestras de diámetros de **150 mm** ó **250 mm**, dependiendo de la matriz del suelo, para realizar ensayos con la **celda de Rowe en laboratorio**.

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 4.

EXCAVACIONES, PERFORACIONES Y MUESTREO

C 4.1. INTRODUCCIÓN

Ciertos métodos de exploración requieren condiciones especiales de seguridad. Es de suma importancia la nivelación y el registro de la boca de la exploración.

C 4.2. EXCAVACIONES

C 4.2.1. Calicatas poco profundas

La exploración mediante **calicatas poco profundas** permite la inspección visual horizontal y vertical de los estratos excavados, la toma de muestras y los ensayos in-situ, así como determinar las discontinuidades del perfil geotécnico.

Cuando las calicatas sean utilizadas para esta última finalidad, el informe de campo deberá contar con la ubicación planialtimétrica de la calicata, su orientación con respecto al predio y un esquema de las paredes y fondo de la misma mostrando la distribución de las diferentes capas acotadas y sus discontinuidades. Eventualmente, las calicatas pueden ser continuadas como trincheras para la ubicación y seguimiento de algún fenómeno geotécnico, cuando el terreno así lo permita, siendo un método exploratorio rápido y económico.

C 4.2.2. Calicatas profundas, pozos y galerías de inspección

La utilización del **encamisado temporario** en presencia de agua subterránea es recomendable para aquellos suelos que permiten su excavación mediante proceso mecánico de rotación.

Las galerías de inspección pueden ser construidas en forma manual o mecánica, pero por su condición de desarrollo horizontal o inclinadas requerirán, generalmente, de **estructura de contención para sus paredes y techo**.

C 4.3. PERFORACIONES

C 4.3.1. Perforación manual con pala barreno

Este procedimiento permite realizar perforaciones de hasta **200 mm** de diámetro y de aproximadamente **5 m** de profundidad en suelos de características apropiadas que permitan la estabilidad de las paredes de la exploración.

C 4.3.2. Perforación mediante equipo manual

El equipo descrito puede estar montado sobre un trailer a ser remolcado por un vehículo pequeño o bien, ser desmontable para una mejor movilidad en obra. La perforación así efectuada puede ser encamisada o trabajada con fluidos estabilizantes en el caso de que las paredes de las mismas sean potencialmente desmoronables.

La **perforación mediante equipo manual** permite la recuperación de muestras de calidad confiable y rendimientos económicos aceptables en función del tipo de suelo explorado.

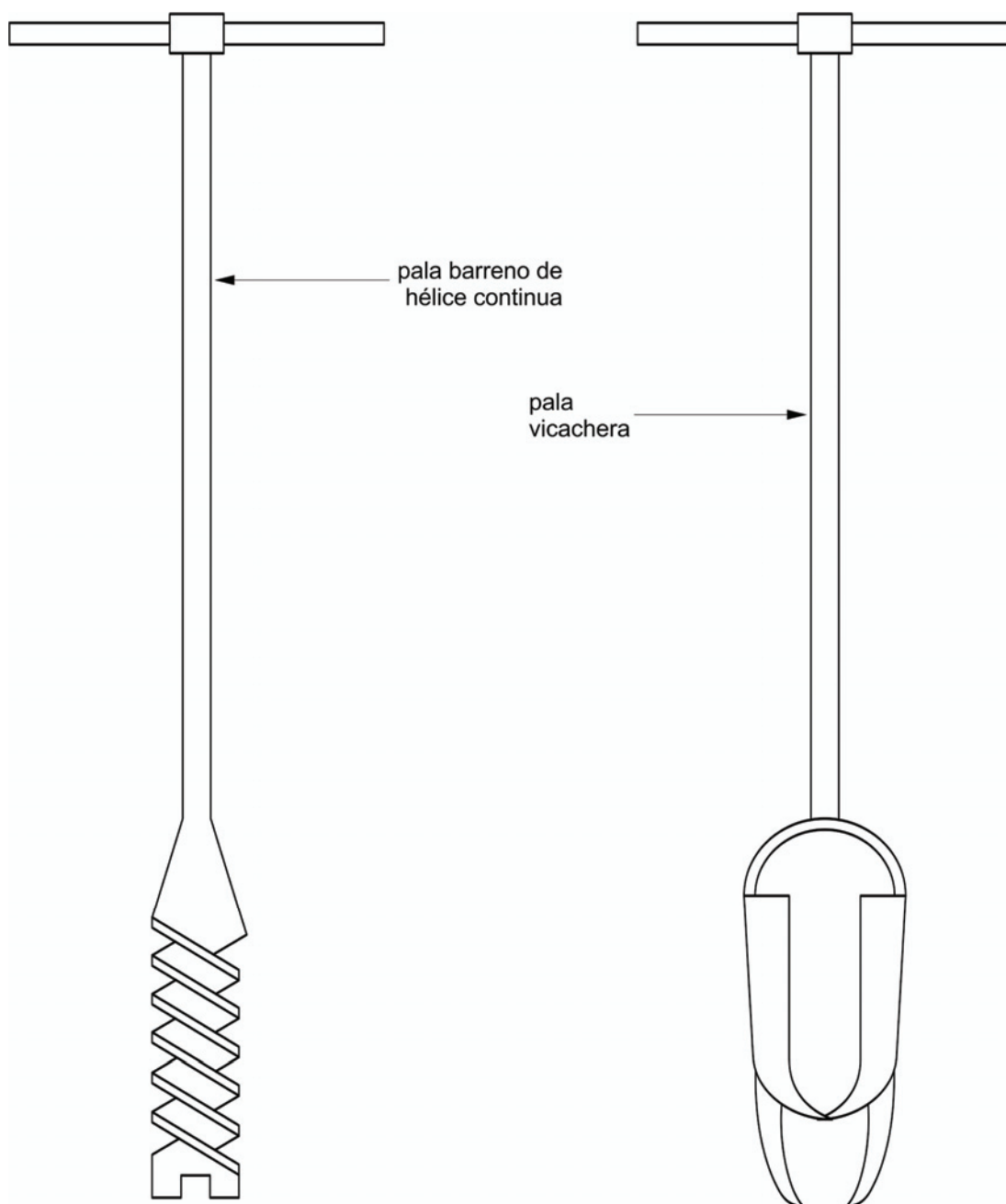


Figura C 4.3.2. Perforación mediante equipo manual.

C 4.3.3. Perforación mediante pala barreno mecánica (hélice continua)

Los detritos de la perforación son extraídos a la superficie mediante la misma hélice, que trabaja como un tornillo de Arquímedes, obteniéndose una muestra muy alterada que dificulta la identificación de la profundidad de donde se la obtuvo.

C 4.3.4. Perforación a rotación

El fluido de perforación bombeado desde la superficie hasta la corona por dentro del tren de barras lubrica y refrigera la herramienta cortante mientras simultáneamente lava la perforación de los detritos y los conduce a la superficie entre las paredes de la misma y el tren de barras. El fluido de perforación comúnmente utilizado es agua, pero en ciertos casos también se puede utilizar aire comprimido o fluidos estabilizantes como la bentonita o polímeros.

La correcta selección de la corona y del equipo de perforación es de suma importancia dado que debe ser compatible con el terreno a perforar para poder obtener testigos de calidad y cumplimentar los requerimientos técnicos y de cronograma de la investigación geotécnica.

Las **perforaciones a rotación** pueden ser consideradas como tareas cuasi-artesanales donde el éxito de la operación estará basado, por un lado, en los equipos utilizados y su estado de mantenimiento y por el otro, en la técnica empleada por el perforista, su experiencia y su habilidad. Estas últimas consideraciones son primordiales cuando la formación es parcialmente cementada, alterada, intemperizada, fracturada o blanda y se desea obtener un testigo de carrera completa y de adecuadas condiciones de calidad para su clasificación, descripción y posteriores ensayos de laboratorio.

C 4.4. MUESTREO

C 4.4.1. Generalidades

Se debe tener presente que el comportamiento del suelo dentro del macizo geotécnico estará gobernado por la presencia de discontinuidades. Por consiguiente, será posible obtener una muestra de adecuada calidad pero que no sea representativa del macizo explorado. Esto debe ser considerado al momento de seleccionar la técnica de muestreo.

C 4.4.3. Muestras disturbadas obtenidas durante las operaciones de perforación o excavación

Las cantidades y dimensiones de las muestras a obtener están condicionadas por los tipos y cantidad de ensayo de laboratorio.

Cuando se conozca el programa de ensayos de laboratorio con anterioridad al comienzo de las exploraciones, se podrá establecer el tipo y cantidad de muestras a obtener en función del tipo de ensayo a realizar (ver las normas IRAM de ensayos de laboratorio listados en el **Comentario al artículo C 1.3.**). Para otros casos, la **Tabla C 4.2.** especifica cantidades mínimas recomendadas de muestras a obtener en función del objetivo perseguido por los ensayos y del tipo de material muestreado.

Tabla C 4.2. Tamaño mínimo recomendado de la muestra

Objetivo del muestreo	Tipo de suelo	Cantidad recomendada (kg)
Identificación, clasificación (incluyendo límites de Atterberg y granulometría por vía húmeda) y determinación de humedad y densidad	Arcilla, limo, arena	1
	Grava fina a mediana	5
	Grava gruesa	30
Ensayos de compactación	Todos los suelos	25 a 60
Análisis detallado de materiales con destino constructivo, incluyendo estabilización del suelo	Arcilla, limo, arena	100
	Grava fina a mediana	130
	Grava gruesa	160

En todos los casos se deberán adoptar los recaudos correspondientes para que la muestra alterada sea representativa del estrato investigado y que no haya sido contaminada por otro estrato.

En suelos no cohesivos con contenido apreciable de finos, donde éstos tienden a ser lavados por flujo de agua natural o fluidos de inyección, la muestra puede no ser representativa del estrato explorado.

C 4.4.4. Muestras obtenidas mediante sacatestigos de extremo abierto

El concepto fundamental que debe cumplir todo **sacatestigo de extremo abierto** es el de generar la menor perturbación y remoldeo de la muestra recuperada del material investigado a medida que penetra en el terreno. El grado de alteración de la muestra obtenida estará regido por las características del diseño de la herramienta, como por ejemplo la zapata cortante, la fricción interna del sacatestigo y la válvula superior.

Los **sacatestigos de extremo abierto** consisten, esencialmente, de un tubo cilíndrico cuyo extremo inferior está abierto para permitir el ingreso de la muestra, mientras que el superior posee un sistema de vinculación al tren de barras de perforación.

En la parte superior cuenta con una válvula que permite el egreso del aire y del agua que está dentro del cuerpo del sacatestigo, a medida que la muestra ingresa, y ayuda a que ésta no se deslice hacia abajo cuando la herramienta es extraída de la perforación.

La Figura C 4.4.4.a) representa el esquema básico de un sacatestigo de extremo abierto con una zapata de corte para uso general.

La **zapata cortante** deberá ser de diseño similar al presentado en la Figura C 4.4.4.a), incluyendo las siguientes características:

- (a) Diámetro interior. El diámetro interior de la zapata, D_{zi} , deberá ser menor al diámetro interior del tubo sacatestigo, D_{si} , con el fin de permitir cierta expansión elástica de la muestra al ingresar al sacatestigo, reduciendo la fricción lateral al momento de extraer el sacatestigo y ayudando a retener la muestra en su interior. Se deberán evitar una gran diferencia entre ambos diámetros, ya que ésto permitiría una expansión residual de la muestra incrementando el grado de alteración.

- (b) Diámetro exterior. Es conveniente que el diámetro exterior de la zapata, D_{ze} , sea mayor al diámetro exterior del tubo sacatestigo, D_{se} , con el fin de brindar suficiente espacio libre entre las paredes de la perforación y el exterior del sacatestigo, permitiendo así reducir la fricción lateral al momento de extraer el sacatestigo.
- (c) Relación de áreas. Dicha relación representa el volumen unitario de suelo desplazado por la zapata frente al volumen unitario de suelo que penetra al sacatestigo. Debe ser la más baja posible, compatible con la rigidez del tubo sacatestigo.
- (d) Fricción lateral interior. Podrá ser reducida mediante una adecuada selección de los diámetros interiores de la zapata y del sacatestigo, del material constitutivo del tubo sacatestigo y de su terminación.
- (e) Válvula superior. Son del tipo no-retorno. Permiten la liberación del aire y agua ocluidos al hacer penetrar el sacatestigo en el terreno y ayudan a la retención de la muestra dentro del tubo al momento de retirarlo de la perforación

La relación de áreas está dada por la siguiente expresión:

$$R_A = \left(\frac{D_{ze}^2 - D_{zi}^2}{D_{zi}^2} \right) \times 100\%$$

siendo:

- R_A la relación de áreas,
- D_{ze} el diámetro externo de la zapata,
- D_{zi} el diámetro interno de la zapata.

La relación de áreas es de aproximadamente el **30%** para el sacatestigo de **100 mm** de diámetro de usos múltiples y se reduce al **10%** para los del tipo de pared delgada. No obstante, esta relación puede variar en la eventualidad de que se utilice el sistema “wire line”, donde se aloja un sistema que permite retirar la muestra sin extraer el tren de barras ni el sacatestigo.

Se recomienda reportar la longitud de recuperación. Cuando la longitud de la muestra resulta menor que la profundidad a la que penetró la herramienta, se puede interpretar que la muestra fue comprimida dentro del sacatestigos, que una parte se perdió durante la maniobra de extracción del sacatestigos o que no ingresó al sacatestigos durante su hinca.

El **sacatestigos de pared delgada tipo Shelby** (ver la Figura C 4.4.4.b) se hinca en el terreno de manera estática, por lo que puede ser utilizado en suelos finos de consistencia baja a media. Consiste en un tubo de acero sin costura cuyo extremo inferior está torneado de forma tal que constituya una herramienta cortante capaz de penetrar el terreno investigado manteniendo una relación de áreas del **10%**. Generalmente, provee muestras de **Clase 1** cuando se trata de suelos finos cohesivos, incluyendo las arcillas de

alta sensibilidad, siempre y cuando no se haya alterado el suelo durante la tarea de perforación. Los diámetros usuales de las muestras varían entre **75 mm** y **100 mm**, no obstante ello, diámetros de **250 mm** son recuperados para ensayos especiales. En la Figura 4.4.5.3. se muestra el esquema de un sacatestigo de pared delgada tipo Shelby.

El **sacatestigos de tubo partido** (ver la Figura C 4.4.4.c) es el que se emplea en el ensayo de penetración standard **SPT**, y está normalizado por la norma IRAM 10517. También se emplea un sacatestigos con las mismas dimensiones externas del sacatestigos **SPT** pero que no está partido longitudinalmente. Con frecuencia, éste sacatestigos tiene **tubos de PVC** en su interior que permiten un manipuleo más sencillo de las muestras recuperadas. En todos los casos, las muestras recuperadas son **Clase 3** o **Clase 4**, no aptas para la **ejecución de ensayos para medir propiedades mecánicas** (resistencia y rigidez).

El **sacatestigo de zapatas intercambiables**, (ver la Figura C 4.4.4.d) que se utiliza en trabajos de rutina para el muestreo de arcillas, limos y arenas, tiene una mejor relación de áreas que el sacatestigos de tubo partido, con el agregado de que las zapatas de corte se las puede intercambiar de acuerdo al tipo de suelo muestreado.

El **sacatestigos de pistón fijo** (ver la Figura C 4.4.4.e) permite la extracción de muestras inalteradas de limos y arcillas blandas saturadas. Consta de un cilindro móvil – accionado mecánica o hidráulicamente – y un pistón interior fijo. Se obtienen testigos de **70 mm** a **100 mm** de diámetro y **50 cm a 80 cm** de longitud.

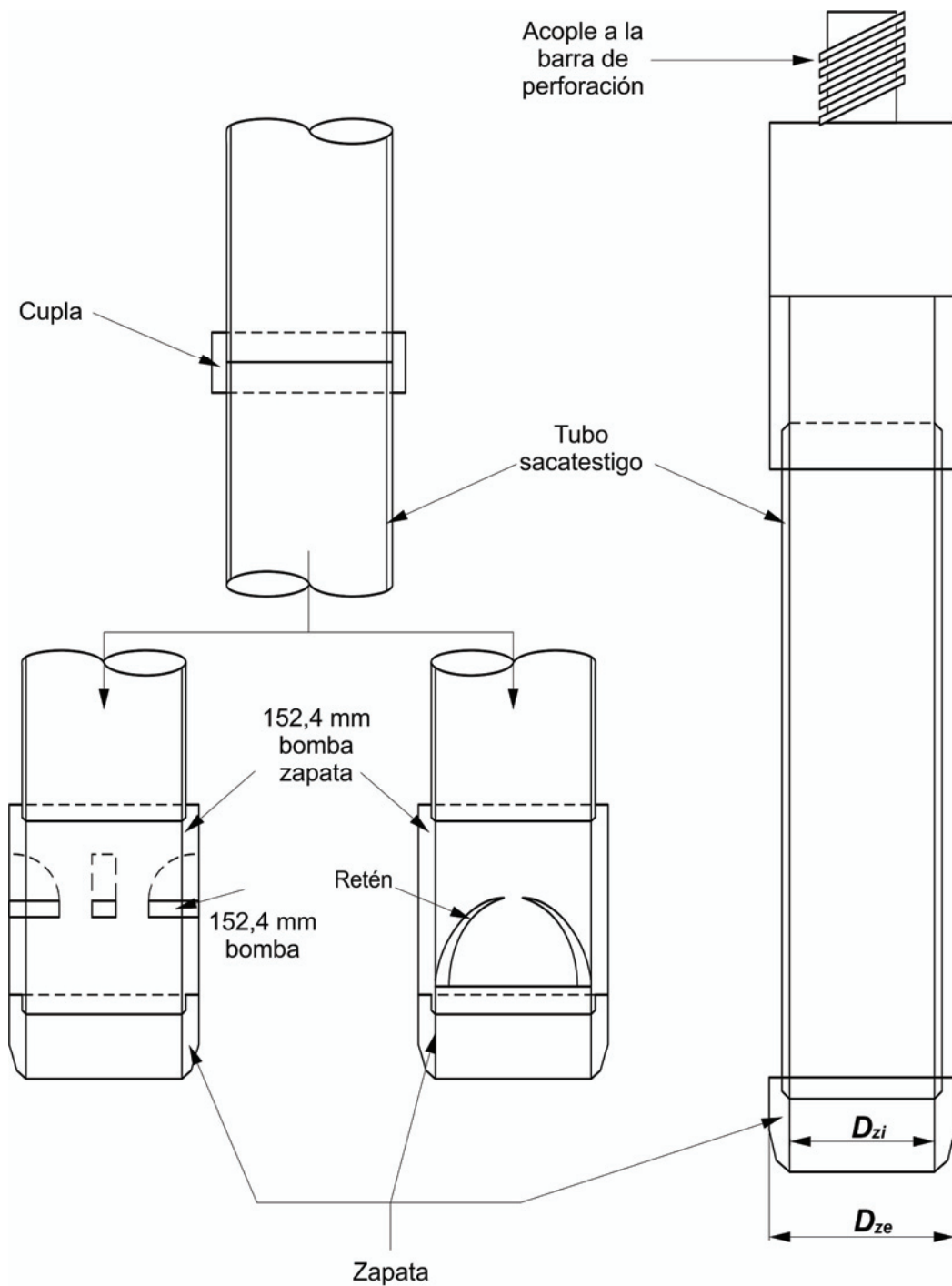
Existen sacatestigos que permiten un muestreo continuo. Uno de ellos fue desarrollado en Delft, (ver la Figura C 4.4.4.f)). Se hinca estáticamente y provee una carrera continua en **29 mm** ó **66 mm** de diámetro. Las muestras se cortan luego en tramos de un metro de longitud para su manipuleo y transporte. Permite obtener muestras **Clase 2** y **3**.

La recuperación de muestras de arenas con sacatestigos suele presentar inconvenientes, principalmente por debajo del nivel freático, por cuanto la muestra tiende a deslizarse del interior del sacatestigos y a caer durante la maniobra de izaje del tren de barras. Por esta razón es necesario utilizar sacatestigos con retenes. Cuando el sacatestigos se introduce mediante impacto, como en el **ensayo SPT**, la muestra obtenida es de **Clase 3**. Por el contrario, si es hincado estáticamente, como en el **ensayo CPT**, la clasificación mejora a **Clase 2**.

C 4.4.5. Extracción de damas

La obtención de la dama, identificación, acondicionamiento y traslado al laboratorio insume una importante cantidad de tiempo durante el cual se puede alterar el contenido de la humedad natural, razón por la cual se recomienda la adopción de las siguientes precauciones:

- (a) no permitir que la dama entre en contacto con agua de origen externo al de la muestra.
- (b) la muestra debe estar protegida contra los rayos solares y otras fuentes de calor y contra el viento.
- (c) inmediatamente luego de su obtención, se la debe identificar, marcar su orientación dentro del estrato investigado y recubrir para preservar su humedad.



$$\text{Relación de áreas } R_A = \left(\frac{D_{ze}^2 - D_{zi}^2}{D_{zi}^2} \right) \times 100 \%$$

Figura C 4.4.4. a). Esquema básico de un sacatestigo de extremo abierto con una zapata de corte para uso general.

D_e (mm)	e (mm)	L (mm)
50,8	1,24	914,4
76,2	1,65	914,4
88,9	2,11	914,4
127,0	3,05	1371,6

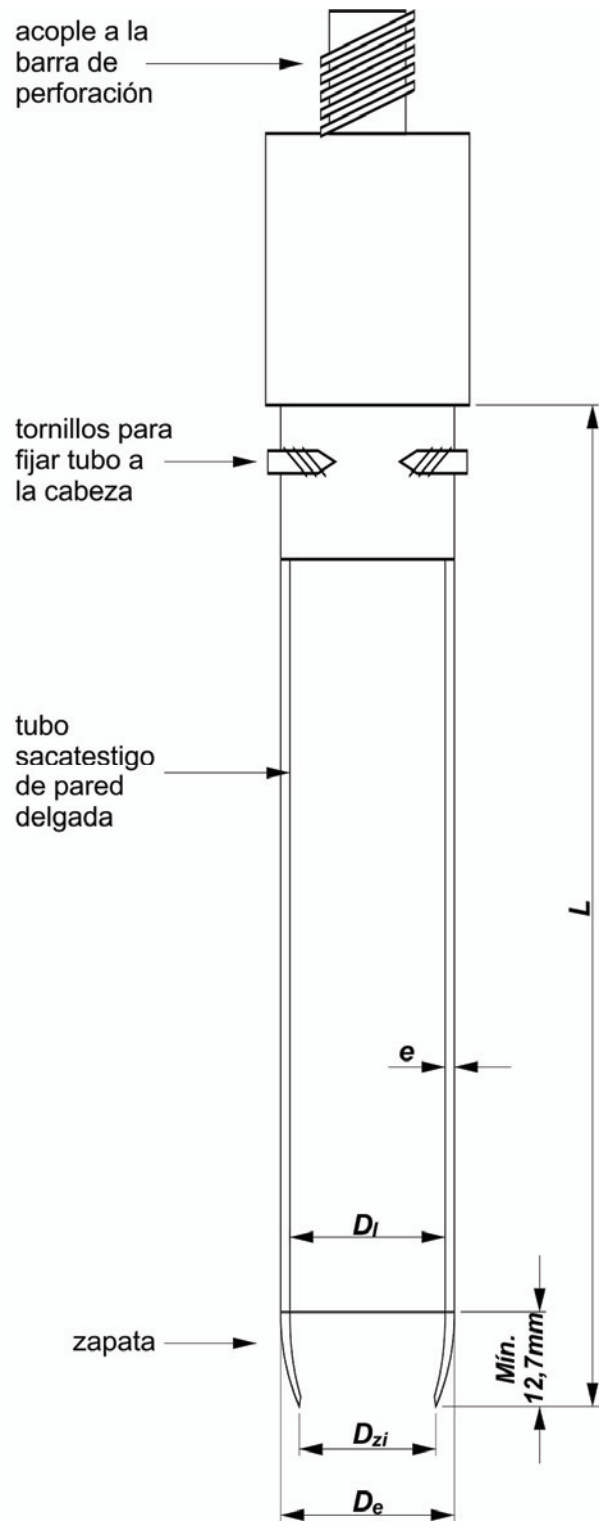
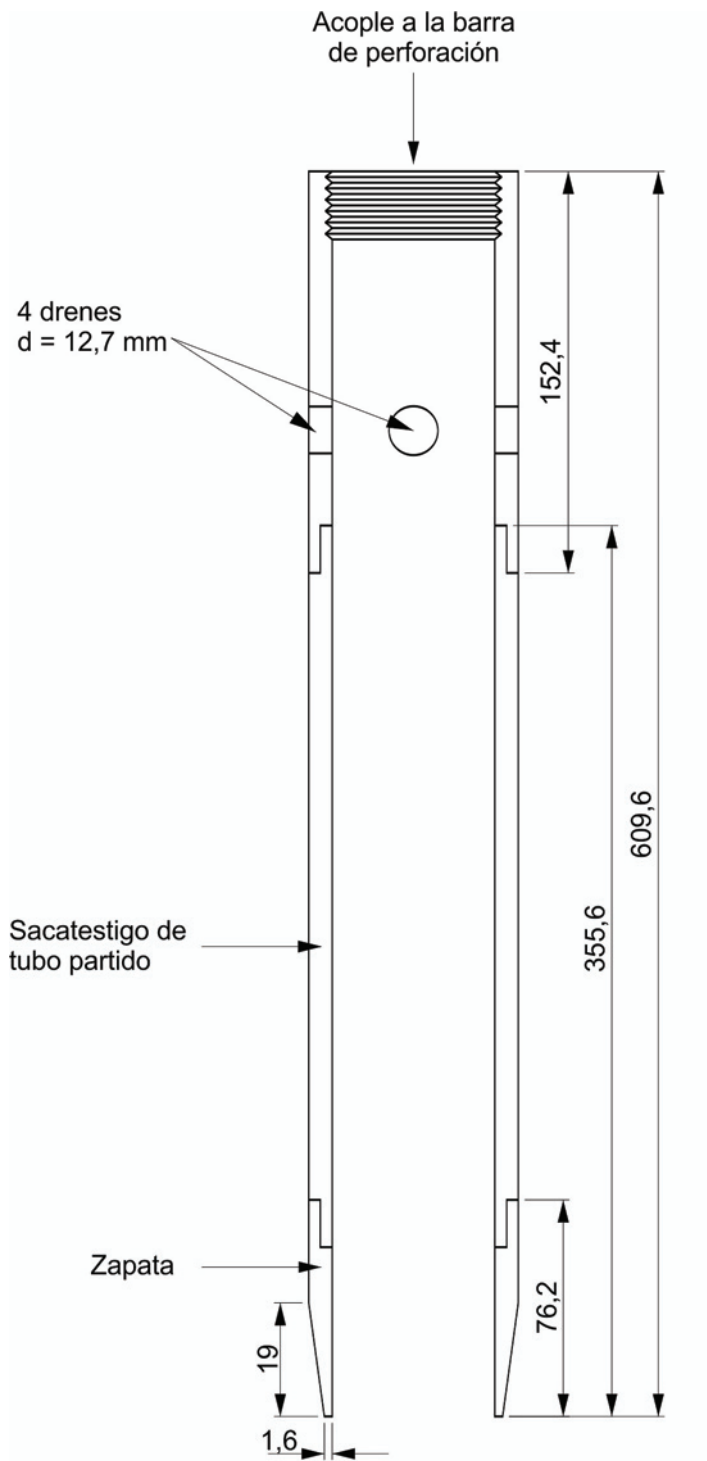
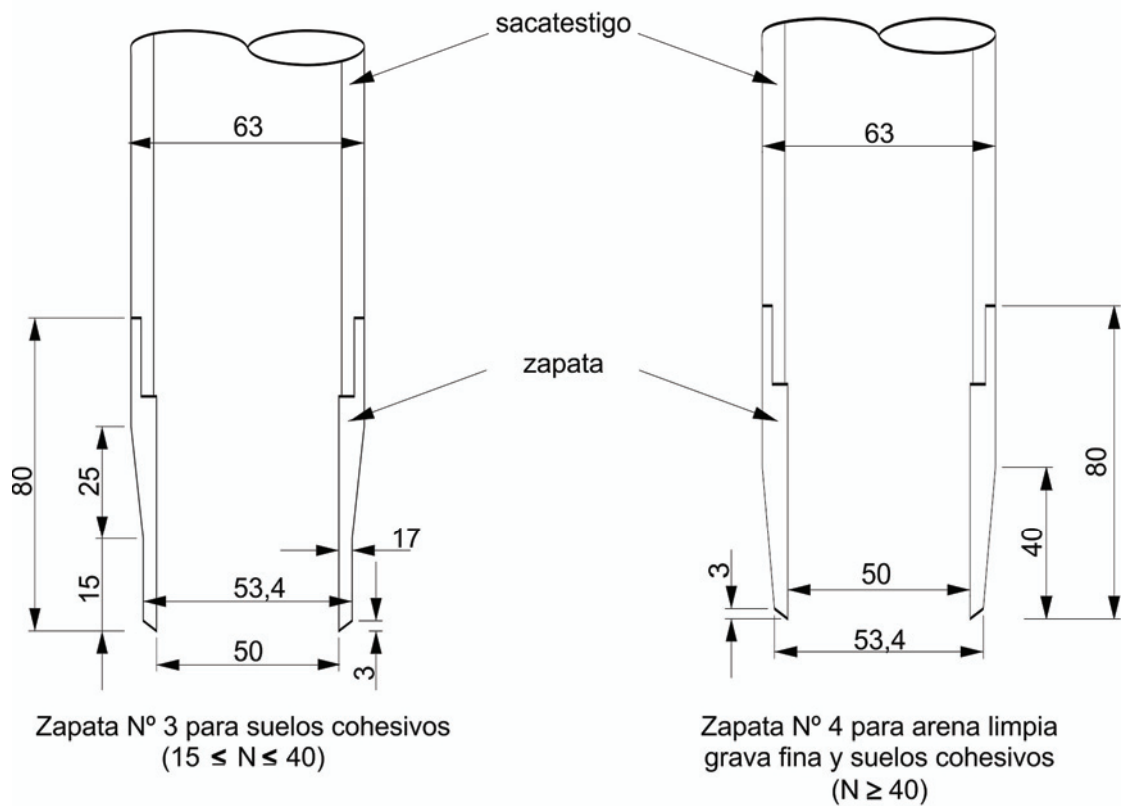
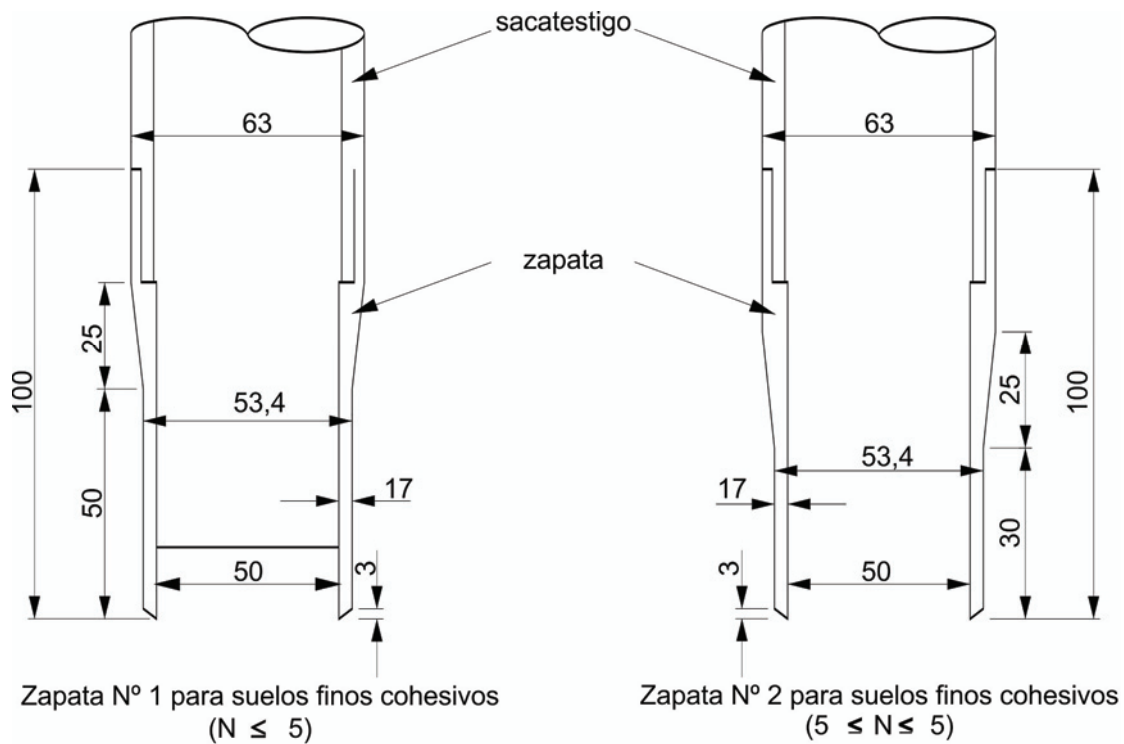


Figura C 4.4.4. b). Esquema de un sacatestigo de pared delgada o tubo Shelby.



Nota: Todas las medidas están expresadas en mm

Figura C 4.4.4. c). Sacatestigo de tubo partido de Terzaghi.



Nota: Todas las medidas están expresadas en mm

Figura C 4.4.4. d). Sacatestigos de zapatas intercambiables.

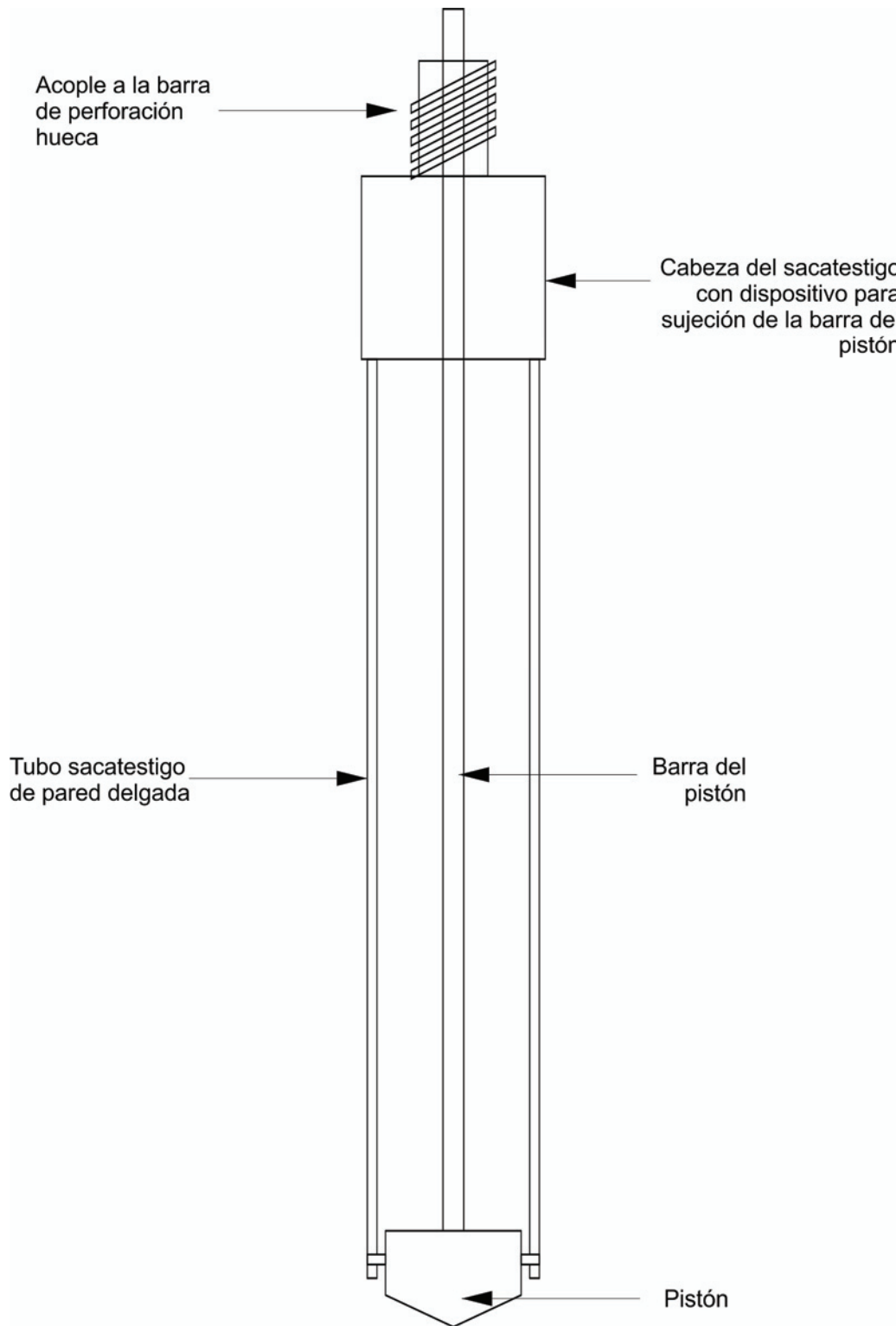


Figura C 4.4.4. e). Sacatestigo de pared delgada con válvula pistón.

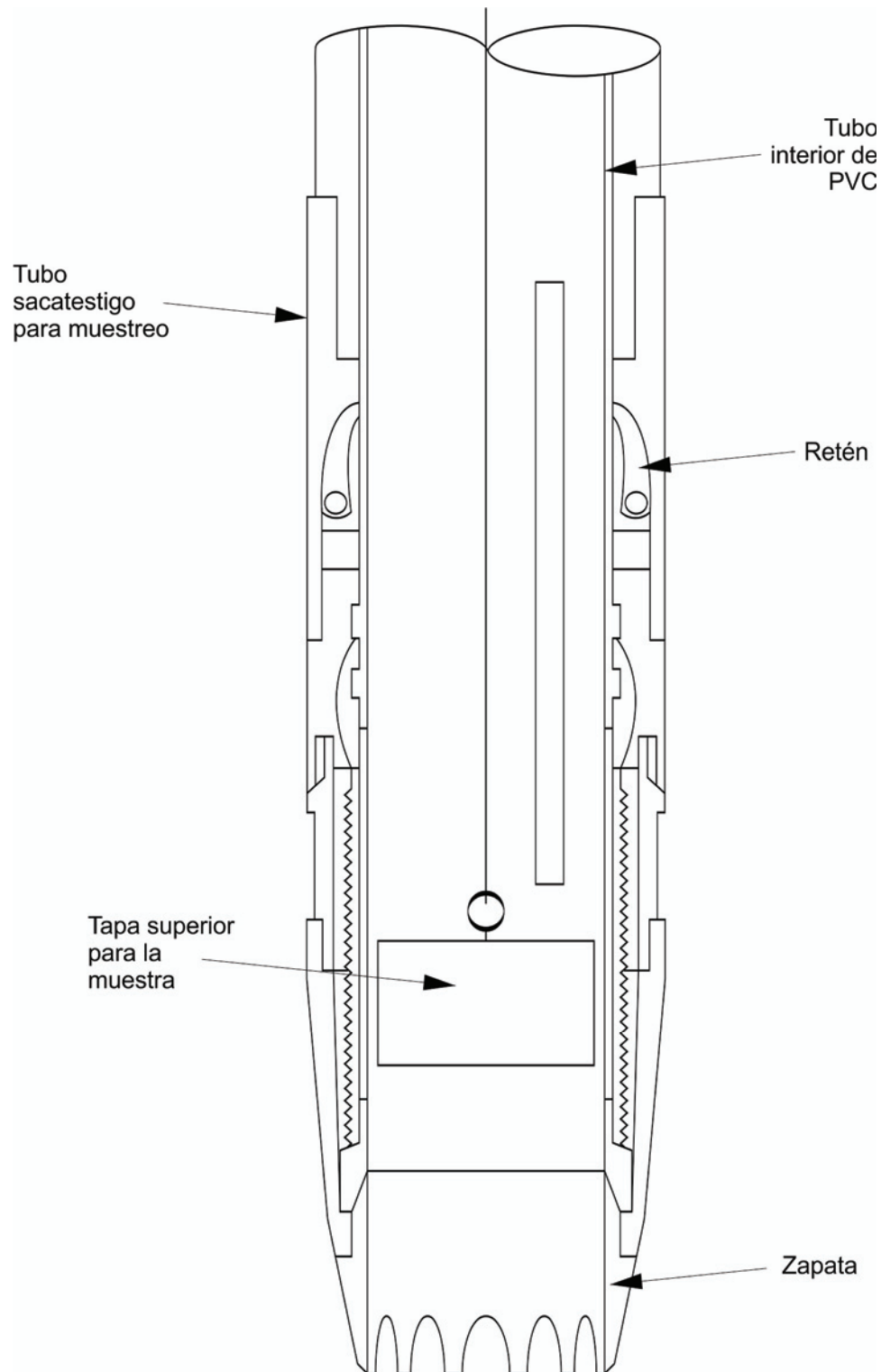


Figura C 4.4.4. f). Método Delft de muestreo continuo (66 mm de carrera continua).

C 4.4.7. Manipuleo e identificación de las muestras

En la Figura 4.4.7. se presenta un ejemplo de etiqueta de identificación para muestras que no requieran conocer su orientación dentro de la exploración, las que deberán poseer un número identificatorio, correlativo e ir agrupadas por duplicado en un talonario de etiquetas de identificación.

N°:	
Cliente:	
Proyecto/Obra:	
Ubicación:	Fecha:
Exploración:	Cota terreno natural:
Profundidad: desde	hasta:
Envase N°:	Tipo de muestra:
Observaciones:	
.....	
.....	
Firma del responsable:	

Figura 4.4.7. Ejemplo de etiqueta de identificación.

Se recomienda que la identificación de las muestras se realice con **dobles etiquetado**. Una de las etiquetas para acompañar al recipiente que contenga la muestra, y la otra etiqueta para archivar separadamente.

Los testigos de roca se pueden almacenar en cajas portatestigos que permitan su transporte y acopio. Se recomienda que las cajas estén identificadas y los trozos de roca sean pintados, cuando sea posible, con el mismo número de la etiqueta de identificación.

Durante el sellado de muestras en tubos, se deberá evitar su contaminación con las ceras empleadas en su sellado.

En términos generales, y salvo en casos de macizos rocosos duros y sin discontinuidades, los testigos de roca obtenidos por rotación sufren daño durante las maniobras de extrusión. Para disminuir esta alteración se recomienda que el testigo tenga un apoyo continuo durante la maniobra de extracción. Cuando se requiera mantener la humedad natural del testigo, se recomienda colocar una vaina de polietileno con el fin que cuando se extrude, el testigo penetre en ella y quede sellado. Los mejores extrusores son mecánicos, por cuanto los hidráulicos pueden contaminar la muestra durante la aplicación de grandes presiones en el proceso de extrusión.

C 4.5. AGUA SUBTERRÁNEA

C 4.5.1. Métodos para determinar la presión de agua en el terreno

El **piezómetro de base porosa** consiste en un tubo, generalmente de **PVC**, en cuyo extremo inferior se encuentra una piedra porosa o material filtrante. La ventaja de este sistema es su simpleza y economía de construcción, instalación y mantenimiento. Por el

contrario, la gran desventaja es el prolongado tiempo de respuesta. Cuando se utilicen piezómetros de base porosa en climas muy fríos se deberá agregar líquido anticongelante al agua para evitar la obstrucción del piezómetro. El piezómetro de base porosa más frecuente es el tipo Casagrande. (Ver la Figura C 4.5.1.a)).

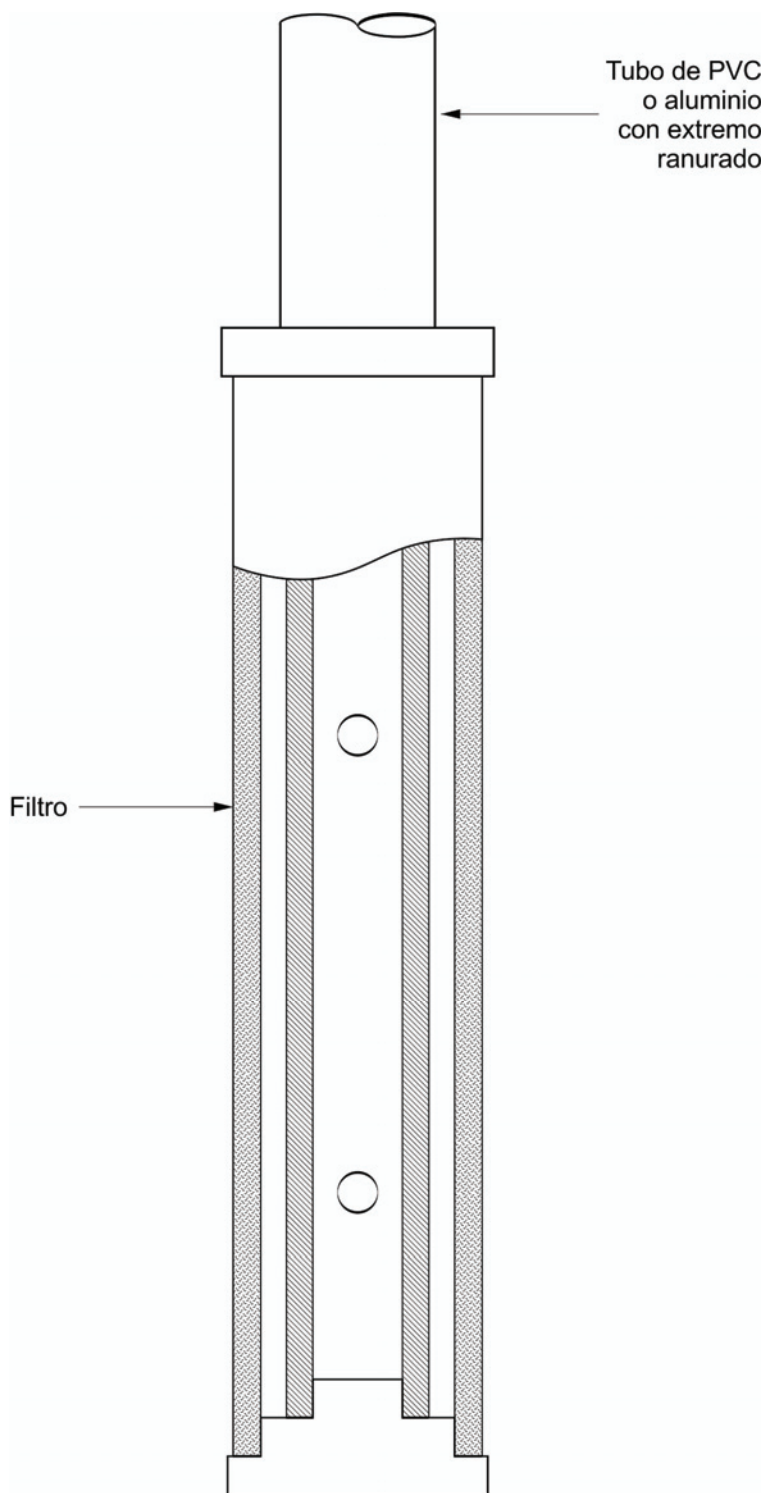


Figura C 4.5.1. a). Piezómetro de Casagrande.

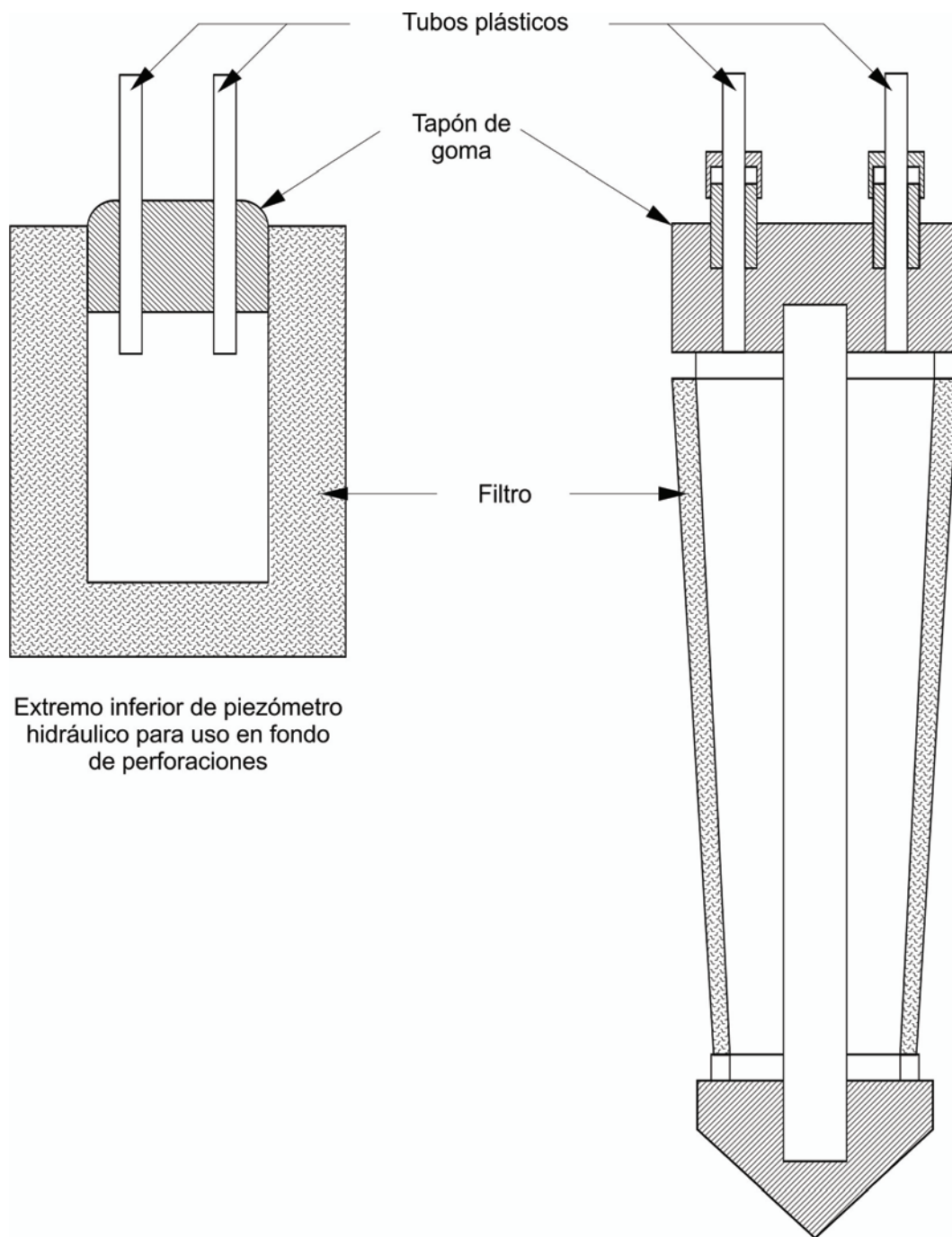


Figura C 4.5.1. b). Piezómetro hidráulico.

En los **piezómetros hidráulicos**, (ver la Figura C 4.5.1.b)) la presión del agua se capta y conduce hasta un instrumento de medición que generalmente es un manómetro de mercurio. La ventaja de este sistema es su pequeño tiempo de respuesta y que se pueden utilizar para la medición de presiones originadas por la fluctuación de mareas o por la introducción de tensiones en la masa del suelo, por ejemplo, durante las excavaciones. El piezómetro hidráulico más frecuentemente utilizado es el de los tubos gemelos donde ambos tubos están interconectados permitiendo así el paso continuo de agua.

El **piezómetro eléctrico** posee un transductor de presión en correspondencia con el extremo inferior del dispositivo. Si las determinaciones a realizar requieren de largos períodos de medición en condiciones de equilibrio hidrostático, o si las lecturas deben ser transmitidas a lo largo de grandes distancias, entonces conviene utilizar transductores de cuerda vibrante.

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 5 .

ENSAYOS DE CAMPO

C 5.1. INTRODUCCIÓN

Se recomienda que los datos de sondeos sean registrados en formularios normalizados, puesto que los registros informales tienen muy alta dispersión entre diferentes operadores. Al final del Capítulo 7 se adjuntan algunos formularios de ejemplo.

Se recomienda que el responsable de las tareas de campo esté en permanente contacto con el responsable del estudio geotécnico.

C 5.2. ENSAYOS DE PENETRACIÓN

C 5.2.1. Ensayo normal de penetración (ENP - SPT)

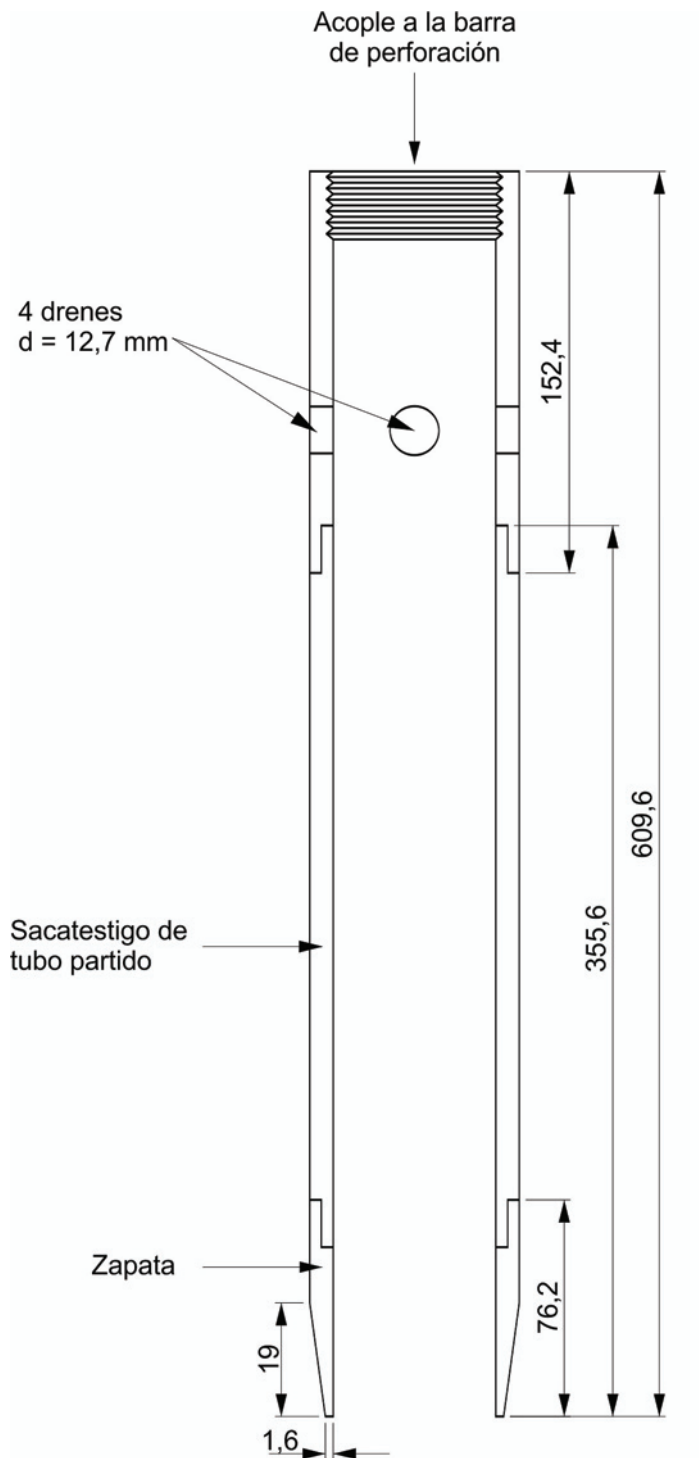
Cuando el ensayo se ejecute en suelos arenosos por debajo del nivel freático, pueden producirse alteraciones de compacidad originadas por los movimientos de la herramienta cortante y por la diferencia entre el nivel freático y el nivel de fluido de perforación. Esta perturbación puede ser reducida si se mantiene la perforación totalmente llena del fluido, equilibrando así las presiones, y utilizando con cuidado una herramienta de limpieza de diámetro un poco menor que la herramienta cortante. (ver la Figura C 5.2.1).

C 5.2.2. Ensayo de penetración estática de cono (CPT)

En la Figura C 5.2.2. se muestra el esquema del equipo para realizar el ensayo.

C 5.3. OTROS ENSAYOS EN PERFORACIONES

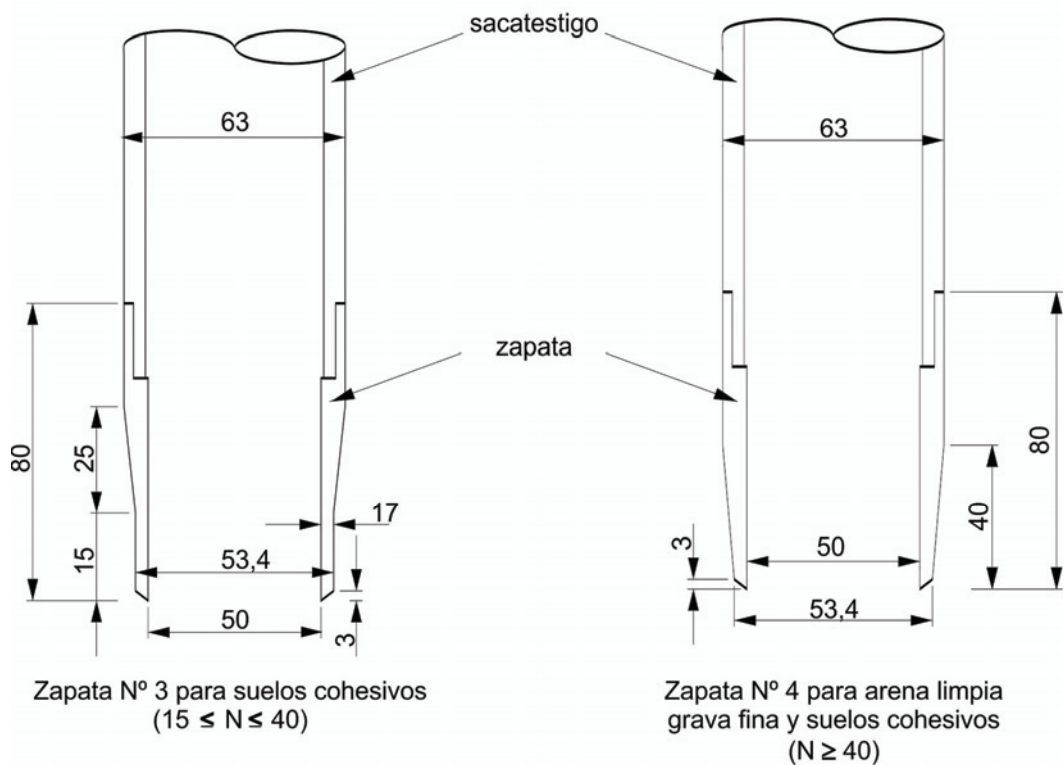
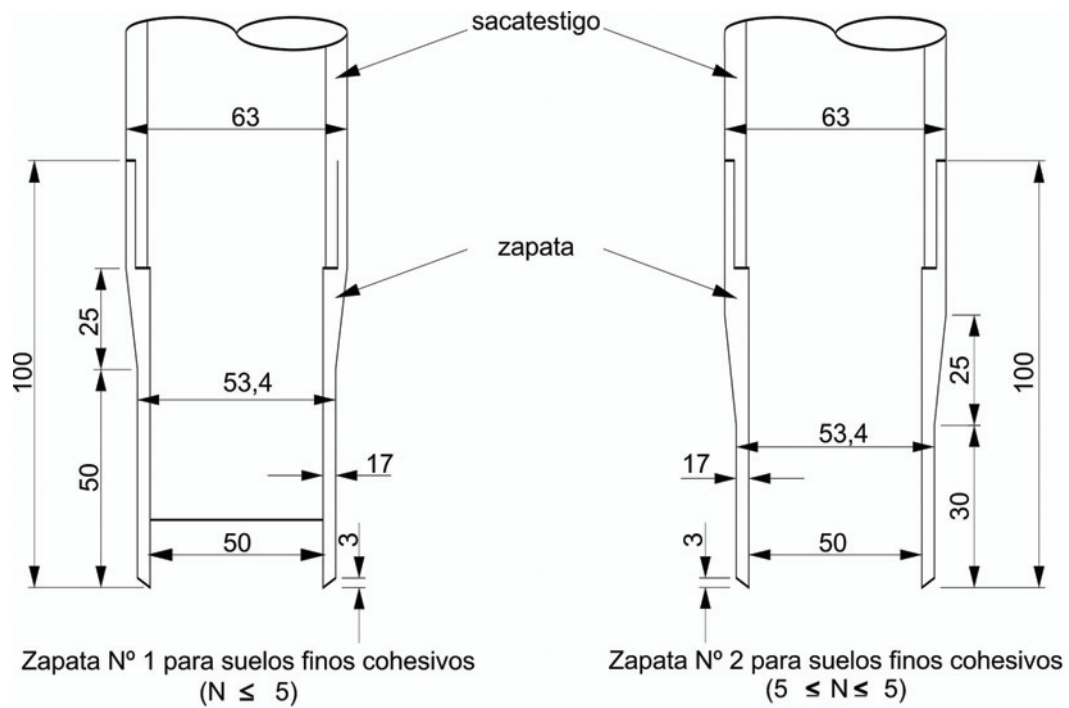
El *ensayo VST* se puede utilizar para medir los parámetros de corte de suelos remoldeados. A tal efecto se debe desvincular el sistema de medición del torque de las varillas de extensión, luego realizar **seis (6) giros** completos del dispositivo y volver a realizar un ensayo luego de permitir el reposo del terreno durante cinco minutos.



Nota: Todas las medidas están expresadas en mm

(A) Sacatestigo de tubo partido de Terzaghi

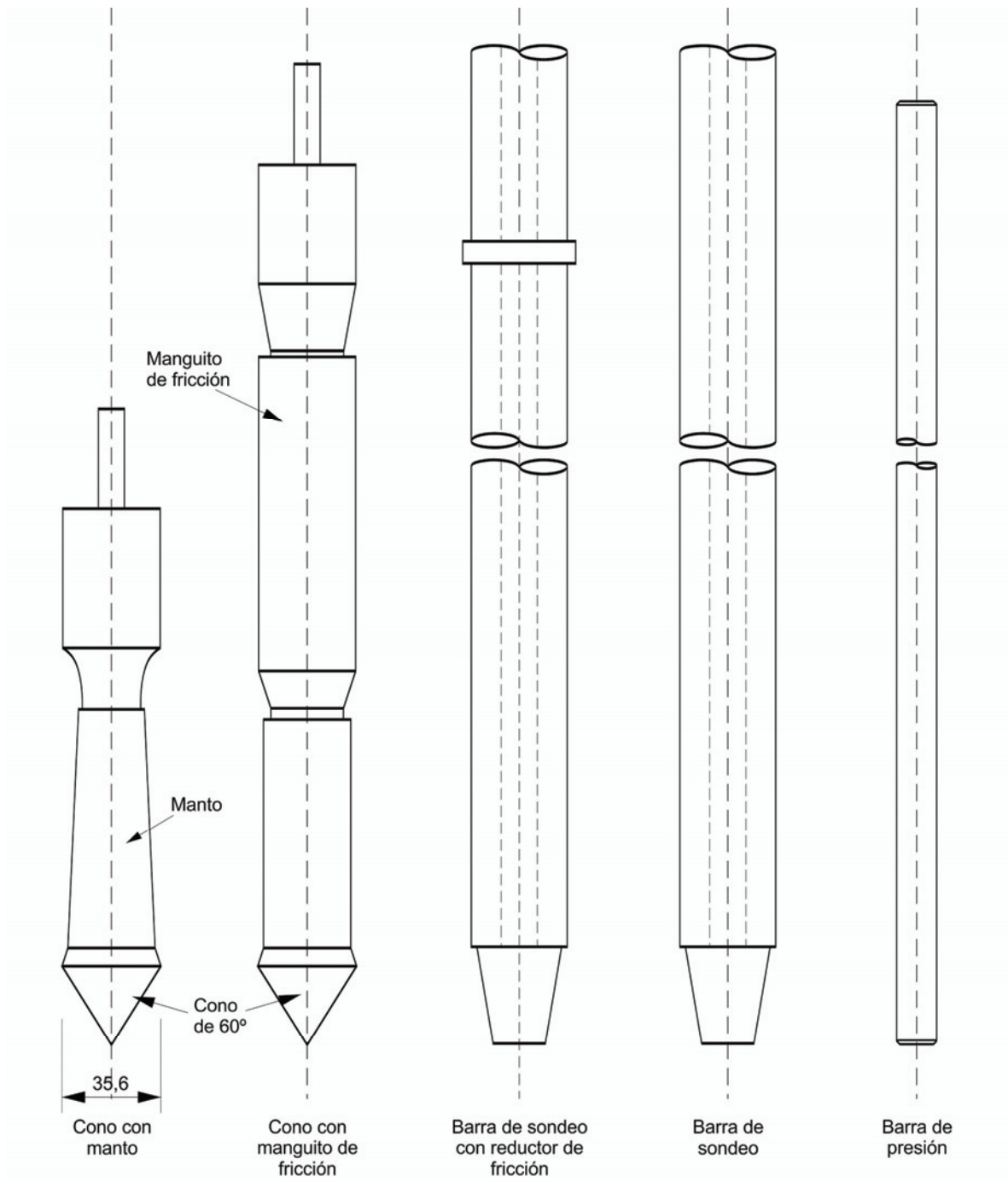
Figura C 5.2.1. Ensayo normal de Penetración (ENP-SPT) - Sacatestigo de tubo partido de Terzaghi.



Nota: Todas las medidas están expresadas en mm

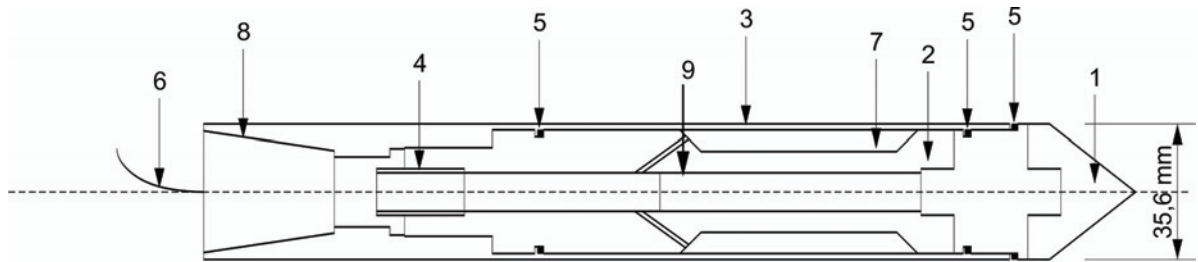
(B) Sacatestigos de zapatas intercambiables

Figura C 5.2.1. Ensayo normal de Penetración (ENP-SPT). Sacatestigos de zapatas intercambiables.



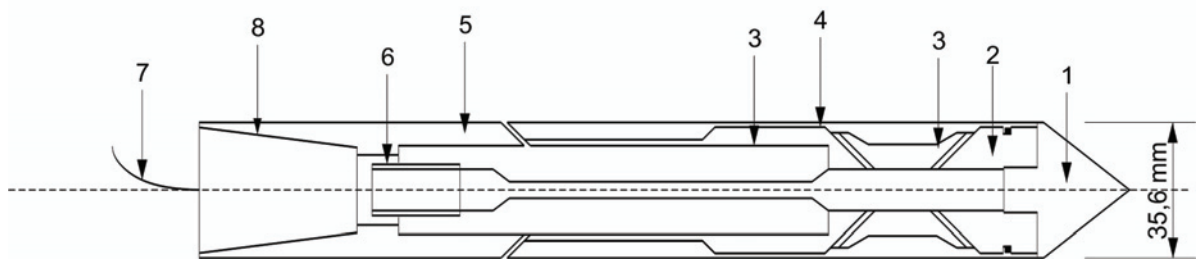
(A) Penetrómetro de cono holandés mecánico (cono con manto y cono deslizante para fricción)

Figura C 5.2.2.a). Ensayo de Penetración de Cono (CPT). Penetrómetro de cono holandés mecánico.



- | | |
|------------------------------|----------------------|
| 1. Cono | 6. Cable |
| 2. Celda de carga | 7. Strain gauge |
| 3. Manto | 8. Conexión a barras |
| 4. Impermeabilizante | 9. Inclímetro |
| 5. Aros selladores "O-rings" | |

Cono eléctrico para medición de resistencia de punta e inclinación



- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1. Cono | 5. Aro de sujeción |
| 2. Celda de carga | 7. Impermeabilizante |
| 3. Strain gauge | 8. Cable |
| 4. Manguito | 9. Conexión a barras |

Cono eléctrico para medición de resistencia de punta y friccional

(B) Penetrómetro de cono holandés electrónico

Figura C 5.2.2.b). Ensayo de Penetración de Cono (CPT). Penetrómetro de cono holandés electrónico.

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 6 .

ENSAYOS DE LABORATORIO

C 6.1. INTRODUCCIÓN

Se recomienda que los ensayos de laboratorio sean registrados en formularios normalizados. Al final del Capítulo 7 se adjuntan algunos formularios de ejemplo.

Se recomienda que el responsable de las tareas de laboratorio esté en permanente contacto con el responsable del estudio geotécnico.

C 6.2. REQUISITOS CORRESPONDIENTES A LOS LABORATORIOS

C 6.2.2. Personal auxiliar de laboratorio

Se recomienda que cada laboratorio cuente, al menos, con un laboratorista con experiencia y un ayudante. La capacitación y experiencia de los laboratoristas será evaluada por el responsable de la Investigación Geotécnica, o en un futuro, por los institutos pertinentes.

C 6.2.3. Instalaciones del laboratorio central y de campaña

Los elementos mínimos de un laboratorio de suelos deberían incluir:

- (1) mesa de trabajo con tapa antiadherente y no absorbente
- (2) balanza con capacidad 25 kg x 1 g
- (3) balanza con capacidad 2 kg x 0.1 g
- (4) balanza con capacidad 200 g x 0.01 g
- (5) criba de 0,35 m de lado y serie de tamices IRAM
- (6) cascador de Casagrande con accesorios.
- (7) morteros, bandejas, pesafiltros, herramientas y utensilios para manipuleo de muestras
- (8) estufa eléctrica regulable de 80°-200°C y sensibilidad $\pm 1^\circ\text{C}$.

Además, el laboratorio debería tener acceso inmediato a una cámara triaxial y a un edómetro convencional y sus equipos accesorios.

C 6.4. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA DE MANO

Cuando se trate de muestras contenidas en tubos portamuestras que no deban ser alteradas, la inspección visual se podrá realizar en sus extremos. En este caso, la inspección visual se complementará a medida que la muestra es extraída del tubo portamuestras.

El remanente de las muestras de tubos deberá ser extraído y cortado longitudinalmente para observar su matriz y conformación.

6.5. ENSAYOS

6.5.2. Tipos de ensayo

Antes del desarrollo de un programa de ensayos de determinación de parámetros mecánicos de diseño sobre muestras de suelo o roca, se deberá conocer la estructura y conformación del terreno que se está explorando y el destino del proyecto. Estos ensayos deben ser diseñados de forma tal que reproduzcan en la mejor medida posible las condiciones del terreno antes, durante y luego de la realización de las obras.

En ciertos casos se presentan situaciones que determinan que un mismo ensayo sea ejecutado bajo condiciones diferentes, por ejemplo distintos estados tensionales. En estos casos se deberán seleccionar las condiciones que mejor representen la situación en que se encuentra la muestra en su estado natural.

El ensayo de veleta de laboratorio puede constituir una alternativa al ensayo de compresión triaxial no drenada para arcillas blandas.

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 7.

INFORME TÉCNICO

C 7.2. INFORME DESCRIPTIVO

C 7.2.4. Marco geológico

Para la descripción del **marco geológico** se recomienda observar lo mencionado en el artículo 2.3.2.

C 7.2.6. Trabajos de campo

En el Anexo a este Capítulo se presentan ejemplos de planillas para el informe de ensayos de campo.

C 7.2.7. Trabajos de laboratorio

En el Anexo a este Capítulo se presentan ejemplos de planillas para el informe de ensayos de laboratorio.

C 7.2.8. Descripción del perfil geotécnico

La descripción del perfil geotécnico debería incluir las características químicas de aguas y/o suelos, cuando éstas puedan afectar al proyecto y los antecedentes disponibles respecto a las fluctuaciones del nivel freático.

C 7.4. RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS

Se recomienda que el profesional que ejecute el diseño geotécnico de estructuras en contacto con el terreno tenga experiencia en la caracterización del comportamiento de los suelos y las rocas puesto que las técnicas modernas de diseño, que involucran el estudio de interacción suelo-estructura, requieren la evaluación de algunos parámetros de comportamiento del terreno que exceden el alcance de un informe geotécnico convencional.

ANEXO AL ARTÍCULO C 7.2.6. TRABAJOS DE CAMPO

A.1. INFORME DE CAMPO

El **requerimiento esencial de todo informe de campo** exige que el responsable de los trabajos de campo complete los formularios correspondientes con toda la información necesaria para una correcta interpretación y cálculo de los ensayos pertinentes y que además, dichos formularios sean fáciles de completar.

En las Figuras A1.1. a A1.9. inclusive se presentan algunos formularios correspondientes para los **ensayos de campo**, cuyos formatos, a título de sugerencia, contienen la información mínima requerida, la que se debe adaptar en función de las necesidades particulares de cada obra y de cada usuario. La información necesaria para uso administrativo no se ha incluido en el texto del formulario.

En todos los ensayos realizados dentro de las exploraciones, será indispensable **registrar la ubicación y profundidad con respecto a la boca de la exploración**. La ubicación estará representada por coordenadas locales que permitan correlacionarlas con un plano cartográfico y eventualmente en un futuro, volver a ubicar la exploración en el terreno. En todos los casos las cotas deberán estar referidas a un punto fijo adecuadamente materializado en proximidades del predio.

En las Figuras A1.1 y A1.2. se presentan los modelos sugeridos para los **partes diarios de las perforaciones a percusión y a rotación respectivamente**.

Para el **Ensayo Vane** se presentan dos partes diarios, el primero de los cuales considera el registro de la fuerza necesaria para producir la falla del suelo por corte, mientras que el segundo contempla llevar a cabo las anotaciones de los valores intermedios al de la fuerza de falla. Ambos modelos están representados en las Figuras A1.3. y A1.4., respectivamente.

Para los **partes diarios de los ensayos de permeabilidad de campo** se presentan dos formularios, uno para el ensayo a carga hidráulica variable y el otro para carga hidráulica constante. (ver las Figuras A1.5. y A1.6.)

Los modelos de **parte diario sugeridos para el ensayo Lugeon** (ver las Figuras A1.7. y A1.8. respectivamente) son complementarios. El primero presenta los registros necesarios a ser recopilados durante el ensayo propiamente dicho, mientras que el segundo contempla la información indispensable para poder calcular el número Lugeon en el campo. Dichos formularios asumen que el ensayo se realiza en una perforación vertical. Cuando se realicen en una perforación inclinada, el ángulo de inclinación respecto de la vertical deberá ser registrado a fin de poder hacer la corrección en los cálculos de profundidades.

El formulario presentado para el **penetrómetro estático de cono** (penetrómetro holandés), (ver la Figura A1.9.) contempla solamente el correspondiente al equipo mecánico, donde se deben registrar, en forma manual, los esfuerzos medidos para la penetración correspondiente.

Los equipos con ***penetrómetro eléctrico*** tienen incorporado el software provisto por el fabricante, desde donde se pueden obtener los partes diarios correspondientes. Cabe destacar que la información que se debe registrar es la mínima que debe proporcionar la empresa que realice la Investigación Geotécnica.

Figura A1.1. Modelo de parte diario de perforación a percusión

PARTE DIARIO DE PERFORACIÓN A PERCUSIÓN					Obra:	Ubicación:
Registro del caño camisa					Estudio N°:	Perforación N°:
	250 mm	200 mm	150 mm	125 mm	Día:	Hoja N° dehojas
Desde (m)					Cota terreno natural:	Capataz:
Hasta (m)					Clima:	
Tipo de perforadora:					Tipo de sacatestigo:	
Descripción estratigráfica			Profundidad inicial (m)		Registro de muestras y ensayos	
					Muestras alteradas (bolsa, portamuestra, agua)	
					Profundidad (m)	
					Tipo	
					Muestras alteradas (continua)	
					Profundidad (m)	
					Tipo	
					Muestras no alteradas	
					Profundidad ⁽¹⁾ (m)	
					N° de golpes	
					Longitud muestra (m)	
					Diámetro (mm)	
					Longitud encamisado (m)	
					Ensayos de penetración	
					Profundidad ⁽²⁾ (m)	
					Golpes cada 0,15 m	1
						2
						3
					Longitud encamisado (m)	
					Trépano/cuchara	
					Nivel freático (m)	
			Profundidad final (m)			
Notas:						
(1) Profundidad medida a la cara superior de la muestra.						
(2) Profundidad a la que comienza el ensayo de penetración.						

Figura A1.1. Modelo de parte diario de perforación a percusión (continuación)

Registro de agua					Registro de tiempos			
Nivel del agua				Al sacar camisa	24hs después	Tiempo total (hs)		Observaciones
Hora (hh:mm)						Replanteo (hs)		
Nivel (m)						Movilización (hs)		
Longitud encamisada (m)						Armado equipo (hs)		
Profundidad perforada (m)						Uso del trépano (hs)		
¿A qué nivel se encontró el agua? ⁽³⁾						Tiempo muerto 1 (hs)		
¿Creció el nivel?						Tiempo muerto 2 (hs)		
¿Cuánto y qué tan rápido?						Tiempo muerto 3 (hs)		
¿Se agregó fluido de perforación?						Observaciones		
¿A qué profundidad?								
¿Se colocó piezómetro?								
¿A qué profundidad?								
Notas:								
(1) Profundidad medida a la cara superior de la muestra.								
(2) Profundidad a la que comienza el ensayo de penetración.								
(3) De encontrarse más de un nivel freático indicar cuántos y a qué profundidad.								

Figura A1.2. Modelo de parte diario de perforación a rotación

PARTE DIARIO DE PERFORACIÓN A ROTACIÓN					Obra:		Ubicación:	
Registro del equipo					Estudio N°:		Perforación N°:	
Tipo de perforadora:					Día:		Hoja N° de hojas	
Fluido de perforación: agua / bentonita / polímero / aire					Cota terreno natural:		Capataz:	
Registro de la corona y del caño camisa					Clima:			
Corona					Caño camisa			
Tamaño	Tipo	Estado	Desde (m)	Hasta (m)	Desde (m)	Hasta (m)		
Registro de estratigrafía								
Carrera N°	Desde (m)	Hasta (m)	Recuperación	Longitud encamisada	Tiempo	Descripción		
Registro de agua					Registro de tiempos			
Nivel del agua (m)		Al sacar camisa	24 hs después	Tiempo total (hs)			Observaciones	
Hora (hh:mm)				Replanteo (hs)				
Nivel (m)				Movilización (hs)				
Longitud encamisada (m)				Armado equipo (hs)				
Profundidad perforada (m)				Tiempo muerto 1 (hs)				
¿A qué nivel se encontró el agua ⁽¹⁾ ?				Tiempo muerto 2 (hs)				
¿Creció el nivel?				Tiempo muerto 3 (hs)				
¿Cuánto y qué tan rápido?				Observaciones				
¿A qué profundidad se aisló la perforación con caño camisa?								
¿Se colocó piezómetro?								
¿A qué profundidad?								
Color del fluido recuperado								
Nota: (1) De encontrarse más de un nivel freático indicar cuantos y a que profundidad								

Figura A1.3. Modelo de parte diario de ensayo Vane, de paletas o scisométrico

PARTE DIARIO DE ENSAYO VANE						Obra:		Ubicación:			
Registro del equipo						Estudio N°:		Perforación N°:			
Instrumental de medición de la torsión:						Día:		Hoja N° de hojas			
Velocidad de aplicación de carga (r/mín. o °/mín.):						Cota terreno natural:		Capataz:			
Dimensiones del Vane: altura (mm); diámetro (mm)						Clima:					
Constante Vane, K ($\text{mm}^3 \times 10^{-6}$):						Nivel del agua en perforación:					
Registro del ensayo											
Profundidad de la perforación debajo del nivel freático	Profundidad hasta la punta del Vane	Máx. fuerza aplicada y tiempo de falla				Fuerza friccional	Torque		Resistencia al corte		Observaciones
		Ensayo natural ⁽¹⁾		Ensayo remoldeado ⁽²⁾			(1)	(2)	(1)	(2)	
(m)	(m)	(N)	(mín., s)	(N)	(mín., s)	(N)	Nm	Nm	Nm	Nm	
Notas: (1) Ensayo natural (2) Ensayo remoldeado											

Figura A1.4. Modelo de parte diario de ensayo Vane, de paletas o scisométrico

PARTE DIARIO DE ENSAYO VANE				Obra:	Ubicación:																																																		
Registro del equipo				Estudio N°:	Perforación N°:																																																		
Instrumental de medición de la torsión:				Día:	Hoja N° de hojas																																																		
Velocidad de aplicación de carga (r/mín. o °/mín.):				Cota terreno natural:	Capataz:																																																		
Dimensiones del Vane: altura (mm); diámetro (mm)				Clima:																																																			
Constante Vane, K ($\text{mm}^3 \times 10^{-6}$):				Nivel del agua en perforación:																																																			
Profundidad de la perforación debajo del nivel freático (m):				Profundidad hasta la punta del Vane (m):																																																			
Registros del ensayo																																																							
Ensayo normal		Ensayo remoldeado		<p style="text-align: center;">Gráfico Comparador vs. Rotación (°)</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																																			
Rotación (°)	Comparador	Rotación (°)	Comparador																																																				
Cálculos de la resistencia al corte				Observaciones																																																			
	Lectura del comparador			Torque (Nm)	Resistencia al corte (kN/m^2)																																																		
	Vane y barra	Barra	Diferencia																																																				
Natural																																																							
Remoldeado																																																							

Figura A1.5. Modelo de parte diario de ensayo de permeabilidad a carga variable

PARTE DIARIO DE ENSAYO DE PERMEABILIDAD A CARGA VARIABLE						Obra:		Ubicación:			
Distancia del borde superior del caño camisa / piezómetro a: a) fondo de la perforación (m): b) extremo inferior del caño camisa (m): c) comienzo del filtro (m): d) centro de la base del piezómetro (m): e) nivel inicial de agua subterránea (m):						Estudio N°:		Perforación N°:			
						Día:		Hoja N° de hojas			
						Cota terreno natural:		Capataz:			
						Clima:					
						Tipo de ensayo: creciente / decreciente					
						Diámetro caño camisa / piezómetro (mm):					
Altura del caño camisa / piezómetro por encima del terreno natural (m)						Longitud del filtro (mm):		Diámetro del filtro (mm):			
Cota del borde superior del caño camisa / piezómetro (m):						Tipo de piezómetro:					
Registros del ensayo											
Hora	Tiempo transcurrido	Distancia al nivel del agua ⁽¹⁾	Hora	Tiempo transcurrido	Distancia al nivel del agua ⁽¹⁾	Hora	Tiempo transcurrido	Distancia al nivel del agua ⁽¹⁾			
	(hh:mm)	(m)		(hh:mm)	(m)		(hh:mm)	(m)			
Observaciones											
Nota: (1) La distancia al nivel del agua debe ser medida desde el borde superior del caño camisa o piezómetro.											

Figura A1.6. Modelo de parte diario de ensayo de permeabilidad a carga constante

PARTE DIARIO DE ENSAYO DE PERMEABILIDAD A CARGA CONSTANTE			Obra:		Ubicación:				
Distancia del borde superior del caño camisa / piezómetro a:			Estudio N°:		Perforación N°:				
a) fondo de la perforación (m):			Día:		Hoja N° de hojas				
b) extremo inferior del caño camisa (m):			Cota terreno natural:		Capataz:				
c) comienzo del filtro (m):			Clima:						
d) centro de la base del piezómetro (m):			Tipo de ensayo: entrante / saliente						
e) nivel inicial de agua subterránea (m):			Diámetro interno del caño camisa / piezómetro (mm):						
Altura del caño camisa / piezómetro por encima del terreno natural (m)			Longitud del filtro (mm):		Diámetro del filtro (mm):				
Cota del borde superior del caño camisa / piezómetro (m):			Tipo de piezómetro:						
Registros del ensayo									
Tiempo	Tiempo transcurrido t	$1/\sqrt{t}$	Mediciones de caudal				Columna H	q_t / H	
			Caída del piezómetro	Diámetro interno piezómetro	Volumen del caudal	Tiempo del caudal			Caudal q_t
	(hh:mm)	(s ^{-1/2})	(m)	(m)	(m ³)	(s)	(m ³ /s)	(m)	(m ² /s)
Observaciones									

Figura A1.7. Modelo de parte diario de ensayo Lugeon- Formulario 1

PARTE DIARIO DE ENSAYO LUGEON Formulario 1		Obra:		Ubicación:		
Distancia desde el terreno a:		Estudio N°:		Perforación N°:		
a) comienzo del sector de ensayo (m):		Día:		Hoja N° de hojas		
b) fin del sector de ensayo (m):		Cota terreno natural:		Capataz:		
c) centro del sector de ensayo (m):		Clima:				
d) fin del agujero al momento del ensayo (m):		Presión del packer:		Ensayo N°:		
e) nivel inicial de agua subterránea (m):		Tipo de packer:				
Altura del comparador por encima del nivel de terreno (m):		Diámetro agujero en sector de ensayo (mm):				
Tipo de roca:						
Registros del ensayo						
1 ^{er} período	Tiempo (mín.)	0	5	10	15	Caudal promedio, q (l/mín)
Presión en comparador	Flujímetro (l)					
	Agua (l)					
2 ^{do} período	Tiempo (mín.)	0	5	10	15	Caudal promedio, q (l/mín)
Presión en comparador	Flujímetro (l)					
	Agua (l)					
3 ^{er} período	Tiempo (mín.)	0	5	10	15	Caudal promedio, q (l/mín)
Presión en comparador	Flujímetro (l)					
	Agua (l)					
4 ^{to} período	Tiempo (mín.)	0	5	10	15	Caudal promedio, q (l/mín)
Presión en comparador	Flujímetro (l)					
	Agua (l)					
5 ^{to} período	Tiempo (mín.)	0	5	10	15	Caudal promedio, q (l/mín)
Presión en comparador	Flujímetro (l)					
	Agua (l)					
Observaciones						

Figura A1.7. Modelo de parte diario de ensayo Lugeon - Formulario 2

PARTE DIARIO DE ENSAYO LUGEON Formulario 2				Obra:		Ubicación:			
				Estudio N°:		Perforación N°:			
				Día:		Hoja N° de hojas			
				Cota terreno natural:		Capataz:			
				Clima:					
Calculado por:				Ensayo N°:					
Registros para el cálculo									
Datos obtenidos del Formulario 1				Longitud del tramo ensayado, l (m):					
Profundidad inicial del nivel de aguas subterráneas (m):				Altura del comparador por encima del nivel de terreno (m):					
Período	Caudal promedio, q	Lectura del comparador		Pérdidas		Columna total de agua, h			
		Presión ⁽¹⁾	Columna de agua	En cañería original	En cañería auxiliar				
	(l/mín)		(m)	(m)	(m)	(m)			
1 ^{er}									
2 ^{do}									
3 ^{er}									
4 ^{to}									
5 ^{to}									
Gráfico Columna total de agua vs. Caudal promedio									
Caudal promedio, q (l/min)									
Columna total de agua, h (m)									
observaciones									
Nota: (1) Unidades a definir.									

Figura A1.8. Modelo de parte diario de ensayo con penetrómetro de cono holandés mecánico

PARTE DIARIO DE ENSAYO CON PENETRÓMETRO DE CONO HOLANDES MECÁNICO			Obra:		Ubicación:			
Registro del equipo			Estudio N°:		Perforación N°:			
Tipo de equipo:			Día:		Hoja N° de hojas			
Tipo de cono:			Cota terreno natural:		Capataz:			
Anillos para reducción de fricción?			Clima:					
Comparador 1(MN/m ²):		Comparador 2(MN/m ²):		Número de perforación más cercano:				
Factor de calibración 1:		Factor de calibración 2:		Profundidad del nivel de agua subterránea (m):				
Registros del ensayo								
Lectura del comparador (MN/m ²)			Profundidad		Resistencia, no corregida con el peso de las barras			
			(m)		(MN/m ²)			
Punta		Manguito			5	10	15	20
Observaciones								

ANEXO AL ARTÍCULO C 7.2.7. TRABAJOS DE LABORATORIO

A.2. INFORMES DE LABORATORIO

El requerimiento esencial de todo informe de laboratorio será exigir que el laboratorista complete los formularios correspondientes con toda la información necesaria para una correcta interpretación y cálculo de los ensayos pertinentes y que además, dichos formularios sean fáciles de completar.

En las Figuras A2.1. a A2.9. inclusive, se presentan algunos formularios típicos y los gráficos correspondientes para los ***informes de laboratorio con los ensayos más frecuentes que permiten la clasificación de los suelos así como la determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas***. Estos formularios cuyos formatos son sugeridos, contienen la información mínima requerida, debiendo ser adaptados a las necesidades particulares de cada obra y de cada usuario. No se ha tenido en cuenta la información necesaria para uso administrativo.

Los formularios y gráficos descriptos, así como toda otra documentación necesaria para recopilar los datos de los ensayos de laboratorio necesarios para realizar los cálculos correspondientes, deberán ser anexados al Informe Técnico respectivo.

Figura A2.1. Modelo de formulario para el cálculo de las constantes físicas o Límites de Atterberg

FORMULARIO PARA LOS ENSAYOS DE CONSTANTES FISICAS																	
Cliente:																	
Ubicación:																	
Estudio N°:																	
Perforación N°:																	
Laboratorista:												Fecha de ensayo:					
Muestra N°																	
Profundidad (m)																	
Ensayo	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	
Pesafiltro N°																	
Pesafiltro + suelo húmedo (g)																	
Pesafiltro + suelo seco (g)																	
Tara (g)																	
Agua (g)																	
Suelo seco (g)																	
Humedad (%)																	
Golpes N°																	
Indice de Plasticidad																	
Muestra N°																	
Profundidad (m)																	
Ensayo	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	
Pesafiltro N°																	
Pesafiltro + suelo húmedo (g)																	
Pesafiltro + suelo seco (g)																	
Tara (g)																	
Agua (g)																	
Suelo seco (g)																	
Humedad (%)																	
Golpes N°																	
Indice de Plasticidad																	
Observaciones																	
Notas:																	
L.L. Límite líquido																	
L.P. Límite plástico																	

Figura A2.4. Modelo de formulario para el cálculo del ensayo de compresión triaxial

FORMULARIO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL								
Cliente:								
Ubicación:								
Estudio N°:								
Perforación N°:						Equipo N°:		
Laboratorista:						Fecha de ensayo:		
Muestra N°:								
Profundidad (m):		Pesafiltro + SS (g):		Humedad (%):		Sección inicial (cm ²):		
Factor de aro (div/kg):		Tara (g):		Peso (g):		Volumen (cm ³):		
Pesafiltro N°:		Suelo seco (g):		Altura (cm):		Densidad húmeda (kg/dm ³):		
Pesafiltro + SH (g):		Agua (g):		Diámetro (cm):		Densidad seca (kg/dm ³):		
Tensión σ_{III}	Carga		Deformación		Sección corregida	Tensión $\sigma_I - \sigma_{III}$	Lectura pipeta	Variación volumétrica
	(div.)	(kg)	Lineal (mm)	Específica ϵ (%)				
(kg/cm ³)	(div.)	(kg)	(mm)	(%)	(cm ²)	(kg/cm ³)	(mm)	(%)
Observaciones								

Figura A2.5. Modelos de gráficos para el cálculo del ensayo de compresión triaxial

GRAFICOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL												
Cliente:												
Ubicación:												
Estudio N°:												
Perforación N°:		Equipo N°:										
Laboratorista:		Fecha de ensayo:										
Muestra N°:												
Profundidad (m):	Indice de plasticidad (%):	Humedad (%):	Cohesión, c (kg/cm ²):									
Límite líquido (%):	Densidad seca (kg/dm ³):	Angulo de fricción interna, ϕ (°):	Clasificación unificada:									
Gráfico Tensión Desviante vs. Deformación Específica												
Tensión desviante, $\sigma_1 - \sigma_{III}$ (kg/cm ²)												
	Deformación específica, ϵ (%)											
	Gráfico Círculos de Mohr											
	Tensión de corte (kg/cm ²)											
		Tensión normal, σ (kg/cm ²)										
Observaciones												

Figura A2.6. Modelo de formulario para el ensayo de consolidación unidimensional

FORMULARIO PARA EL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL																			
Cliente:																			
Ubicación:																			
Estudio N°:																			
Perforación N°:														Equipo N°:					
Laboratorista:														Fecha de ensayo:					
Muestra N°:							Profundidad (m):							Hora de comienzo:					
Altura (cm):					Factor de aro (kg/div):					Lectura inicial comparador (div):									
Diámetro (cm):					Peso del anillo (g):					Factor del comparador (mm/div)									
Sección (cm ²):					Peso del anillo + muestra (g):					Condición del ensayo:									
Fecha de lectura	Presión, p	Divisiones	Lecturas (div.)																
			Tiempos de lectura																
	(kg/cm ²)		15"	30"	1'	1,5'	2'	3'	6'	9'	16'	25'	60'	2hs	3hs	4hs	8hs	24hs	48hs
PERIODO DE CARGA																			
PERIODO DE DESCARGA																			
Observaciones																			

Figura A2.7. Modelos de gráficos para el ensayo de consolidación unidimensional

GRAFICOS DEL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL	
Cliente:	
Ubicación:	
Estudio N°:	
Perforación N°:	Equipo N°:
Laboratorista:	Fecha de ensayo:
Muestra N°:	Profundidad (m):
Gráfico Deformación vs.log.Tiempo	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%; margin-top: 10px;"> 0,001 0,01 0,1 1 10 100 </div>	
Observaciones	

Figura A2.8. Modelo de formulario para cálculo del ensayo de consolidación unidimensional

FORMULARIO PARA EL CALCULO DEL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL										
Cliente:										
Ubicación:										
Estudio N°:										
Perforación N°:								Equipo N°:		
Laboratorista:								Fecha de ensayo:		
Muestra N°:				Profundidad (m):				Hora de comienzo:		
Altura (cm):			Factor de aro (kg/div):				Lectura inicial comparador (div):			
Diámetro (cm):			Peso del anillo (g):				Factor del comparador (mm/div)			
Sección (cm ²):			Peso del anillo + muestra (g):				Condición del ensayo:			
Presión, p	Lectura dial fina	Δ Dial	H=H ₁ -D	Vacios H-H ₀	e	γ_d	porcentaje de consolidación	a _v	C _v	t ₅₀
(kg/cm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(kg/dm ³)	%	(cm ² /kg)	(cm ² /s)	(s)
							Condiciones iniciales		Estado de carga máxima	
Densidad seca, γ_d (kg/dm ³)										
Altura total, H _t (mm)										
Altura de sólidos, H ₀ (mm)										
Altura de agua, H _w (mm)										
Altura de aire, H _a (mm)										
Humedad, w (%)										
Grado de saturación, S _r (%)										
Observaciones										

Figura A2.9. Modelos de gráficos para el ensayo de consolidación unidimensional

GRÁFICOS DEL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL																					
Cliente:																					
Ubicación:																					
Estudio N°:																					
Perforación N°:								Equipo N°:													
Laboratorista:								Fecha de ensayo:													
Muestra N°:						Profundidad (m):															
Gráfico e vs. log p																					
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 10px;">Relación de vacíos, e</div> <table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; height: 200px;"> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,001</td> <td style="text-align: center;">0,01</td> <td style="text-align: center;">0,1</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">10 100</td> </tr> </table> </div>																	0,001	0,01	0,1	1	10 100
0,001	0,01	0,1	1	10 100																	
Presión, p (kg/cm ²)																					
CLASIFICACIÓN	LL	LP	D _{máx.}	Pasa #4	Pasa #200	γ _s	γ _{di}	w	S _{ri}	n _i	e _i										
	(%)	(%)	(mm)	(%)	(%)	(kg/dm ³)	(kg/dm ³)	(%)	(%)												
Observaciones																					

Figura A2.10. Formulario del Ensayo de Compactación Proctor

ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS													
Cliente:													
Obra:													
									MUESTRA N°				
ENSAYO PROCTOR			CAPAS		GOLPES		PISON		RESULTADOS				
L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	P#4 (%)	P#10 (%)	P#40 (%)	P#200 (%)	CLASIFICACIÓN		$\gamma_{dm\acute{a}x.}$ (kg/dm ³)	ω_{op} (%)			
							H.R.B.	U.S.S.					
PESAFILTRO (N°)	PESAFILTRO + SUELO		TARA (g)	AGUA (g)	SUELO SECO (g)	HUMEDAD (%)							
	HÚMEDO (g)	SECO (g)											
PESO CILINDRO (kg)		VOLUMEN CILINDRO (dm ³)		CILINDRO + SUELO		SUELO (kg)					DENSIDAD HÚMEDA (kg/dm ³)	DENSIDAD SECA (kg/dm ³)	

Figura A2.11.a). Formulario del Ensayo VSR – Método estático bajo condiciones de densidad y humedad prefijadas

VALOR SOPORTE RELATIVO (V.S.R.) - Método Estático (Densidad y Humedad prefijadas)									
Cliente:									
Obra:									
								MUESTRA N°	
CÁLCULO DE HUMEDADES									
MOLDEO					EMBEBIMIENTO				
PROBETA N°									
PESAFILTRO N°									
PESAFILTRO +S.H. (g)									
PESAFILTRO +S.S. (g)									
TARA (g)									
AGUA (g)									
SUELO SECO (g)									
HUMEDAD (%)									
PROBETA N°	MOLDE N°	PESO M+S+A (kg)	PESO MOLDE (kg)	PESO S+A (kg)	ALTURA PROBETA (cm)	VOLUMEN PROBETA (dm ³)	DENSIDAD HÚMEDA (kg/dm ³)	HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (kg/dm ³)
N° DE GOLPES	HINCHAMIENTO						ARO	CAPACIDAD ARO	FACTOR DE ARO
	LECTURA INICIAL (div.)	1° DÍA (div.)	2° DÍA (div.)	3° DÍA (div.)	4° DÍA (div.)	HINCHAMIENTO (%)	N°	(kg)	(kg/div)
12									
25									
56									

Figura A2.11.a). Formulario del Ensayo VSR – Método estático bajo condiciones de densidad y humedad prefijada (continuación)

VALOR SOPORTE RELATIVO (V.S.R.) - Método Estático (Densidad y Humedad prefijadas) - Continuación												
Cliente:												
Obra:												
										MUESTRA N°		
PENETRACIÓN	0,64	1,27	1,91	2,54	3,17	3,81	4,44	5,1	7,6	10,2	12,7	V.S.
``STANDARD`` (kg/cm ²)	-	-	-	70	-	-	-	105	133	161	183	ADOPTADO
MOLDE	LECTURA DIAL (div.)											
	LECTURA CORREGIDA (div.)											
	CARGA TOTAL (kg)											
	PRESIÓN (kg/cm ²)											
	% ``STANDARD``											
MOLDE	LECTURA DIAL (div.)											
	LECTURA CORREGIDA (div.)											
	CARGA TOTAL (kg)											
	PRESIÓN (kg/cm ²)											
	% ``STANDARD``											
MOLDE	LECTURA DIAL (div.)											
	LECTURA CORREGIDA (div.)											
	CARGA TOTAL (kg)											
	PRESIÓN (kg/cm ²)											
	% ``STANDARD``											

Figura A2.11.b). Formulario del Ensayo VSR – Método dinámico N° 2

VALOR SOPORTE RELATIVO (V.S.R.) - Método Dinámico N° 2									
Cliente:									
Obra:									
								MUESTRA N°	
		CÁLCULO DE HUMEDADES							
		MOLDEO			EMBEBIMIENTO				
N° DE GOLPES		12	25	56	12	25	56		
PESAFILTRO N°									
PESAFILTRO +S.H. (g)									
PESAFILTRO +S.S. (g)									
TARA (g)									
AGUA (g)									
SUELO SECO (g)									
HUMEDAD (%)									
N° DE GOLPES	MOLDE N°	PESO M+S+A (kg)	PESO MOLDE (kg)	PESO S+A (kg)	ALTURA PROBETA (cm)	VOLUMEN PROBETA (dm ³)	DENSIDAD HÚMEDA (kg/dm ³)	HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (kg/dm ³)
12									
25									
56									
N° DE GOLPES	HINCHAMIENTO						ARO N°	CAPACIDAD ARO (kg)	FACTOR DE ARO (kg/div)
	LECTURA INICIAL (div.)	1° DÍA (div.)	2° DÍA (div.)	3° DÍA (div.)	4° DÍA (div.)	HINCHAMIENTO (%)			
12									
25									
56									

Figura A2.11.b) Formulario del Ensayo VSR – Método dinámico N° 2 continuación

VALOR SOPORTE RELATIVO (V.S.R.) - Método Dinámico N°2 - (Continuación)												
Cliente:												
Obra:												
										MUESTRA N°		
PENETRACIÓN	0,64	1,27	1,91	2,54	3,17	3,81	4,44	5,1	7,6	10,2	12,7	V.S.
“STANDARD” (kg/cm ²)	-	-	-	70	-	-	-	105	133	161	183	ADOPTADO
12 GOLPES	LECTURA DIAL (div.)											
	LECTURA CORREGIDA (div.)											
	CARGA TOTAL (kg)											
	PRESIÓN (kg/cm ²)											
	% “STANDARD”											
25 GOLPES	LECTURA DIAL (div.)											
	LECTURA CORREGIDA (div.)											
	CARGA TOTAL (kg)											
	PRESIÓN (kg/cm ²)											
	% “STANDARD”											
56 GOLPES	LECTURA DIAL (div.)											
	LECTURA CORREGIDA (div.)											
	CARGA TOTAL (kg)											
	PRESIÓN (kg/cm ²)											
	% “STANDARD”											

INTI

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL



CIRSOC

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS
REGLAMENTOS NACIONALES DE
SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES