



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**"LAS NORMAS ISO-9000 E ISO-14000 EN LOS
ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS".**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A N :
MAGALLI MOSCO MENDOZA
ESMERALDA VÁZQUEZ LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS: M.I. REGINALDO HERNÁNDEZ ROMERO



MÉXICO, D. F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/012/03

Señoritas
ESMERALDA VÁZQUEZ LÓPEZ
MAGALLI MOSCO MENDOZA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. REGINALDO HERNANDEZ ROMERO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"LAS NORMAS ISO 9000 E ISO14000 EN LOS ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS"

- INTRODUCCIÓN
- I. NORMATIVIDAD ISO
- II. ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS
- III. CALIDAD TOTAL E IMPACTO AMBIENTAL EN ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS
- IV. CONCLUSIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 20 Marzo 2003.
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A Dios por darme la vida y por ser mi guía en todo momento.

A mi padre Mario Mosco M., por ser el ejemplo de sabiduría y fortaleza.

A mi madre Guadalupe Mendoza G., por sus inagotables fuerzas, sus noches de desvelo y por cuidar de mí en todo momento.

A mis hermanos: Ulises y Sacnicté por ser parte importante de mi vida y para que este trabajo sea un aliciente a seguir adelante a pesar de todos aquellos obstáculos que se les presenten.

A ti mi querido pcdp Moisés, por tu apoyo incondicional y por estar siempre a mi lado en los momentos de alegría y de tristeza.

A mis tíos: Arnulfo, Leticia, Laura, Sara por confiar siempre en mí y por su apoyo moral en todo momento.

A mis amigos Manuel y Esmeralda por su amistad que me brindaron durante mi estancia en la universidad.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por formar profesionistas de gran calidad humana y profesional.

A mi querida Facultad de Ingeniería y a todos mis profesores por hacer de esta la máxima casa de estudios.

A mi profesor y amigo M. I. Reginaldo Hernández Romero, por confiar y dirigir este trabajo de tesis, por la formación académica y humanística que me brindo durante mi estancia en esta gran institución.

A la inolvidable memoria de mis abuelos, quienes me impulsaron a seguir siempre adelante.

Mario Mosco R. (†)

Ofelia Morales S. (†)

A la memoria de mi querida amiga, a quien siempre llevo en mis pensamientos y quien fue parte importante durante mi adolescencia.

Arelí Osorno M. (†)

Gracias a:

La Universidad Nacional Autónoma de México así como a la Facultad de Ingeniería, por abrirme sus puertas y brindarme el conocimiento necesario para forjarme como profesionalista.

Al Ingeniero Reginaldo, por todas sus atenciones en la realización de ésta tesis y por compartir sus conocimientos dentro del aula.

A Magalli, por compartir conmigo el esfuerzo y entusiasmo en la realización de esta tesis.

A Elizabeth y Jeannette, por todo el apoyo académico y moral que he recibido de su parte y por demostrarme que siempre podré contar con ustedes.

A Arturo, por el apoyo incondicional que siempre me has brindado y por recordarme constantemente que tengo la capacidad de lograr ésta y todas las metas que me proponga.

A Alejandra, por las palabras de aliento que siempre has sabido darme y por todo el apoyo que me has dado.

A todas las personas que de alguna manera han colaborado para que pudiera alcanzar esta meta en mi vida.

A mi Mama, por ayudarme a recorrer este largo camino. Gracias por tus consejos y el apoyo incondicional que siempre me has brindado pero sobre todo, gracias por enseñarme el significado de la perseverancia.

A Caro y Beli por el apoyo moral y económico, por compartir triunfos, fracasos, alegrías y tristezas pero sobre todo, por el ejemplo de seguir siempre hacia delante.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: NORMATIVIDAD ISO	7
I.1 ISO 9000.....	8
I.1.1 CONTROL DE CALIDAD.....	15
I.1.2 PLANEACIÓN DE LA CALIDAD.....	16
I.1.3 METROLOGÍA.....	20
I.1.4 VALORES ESTÁNDAR.....	37
I.2 ISO 14000.....	45
I.2.1 IMPACTO AMBIENTAL.....	46
I.2.2 OBJETIVOS Y METAS.....	49
I.2.3 POLÍTICAS AMBIENTALES.....	50
I.2.4 PLANEACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN.....	51
CAPÍTULO II: ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS	54
II.1 EXPLORACIÓN.....	55
II.2 MUESTREO.....	69
II.3 PRUEBAS DE CAMPO.....	73
II.4 PRUEBAS DE LABORATORIO.....	86
CAPÍTULO III: CALIDAD TOTAL E IMPACTO AMBIENTAL EN ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS	104
III.1 CALIDAD TOTAL.....	105
III.1.1 DURANTE EXPLORACIÓN.....	107

III.1.2 DURANTE MUESTREO.	112
III.1.3 DURANTE PRUEBAS DE CAMPO.	117
III.1.4 DURANTE PRUEBAS DE LABORATORIO.	124
III.2 IMPACTO AMBIENTAL.	141
III.2.1 DURANTE EXPLORACIÓN Y MUESTREO.	141
III.2.2 DURANTE PRUEBAS DE CAMPO.	142
CONCLUSIONES.	159
BIBLIOGRAFÍA.	162

INTRODUCCION

INTRODUCCIÓN.

La Mecánica de Suelos es la rama de la Ingeniería que estudia el comportamiento físico, cualitativo y cuantitativo de los suelos por medio de sus características índices, así como de sus propiedades hidráulicas, mecánicas y de deformación, compresibilidad, plasticidad, viscosidad, resistencia al esfuerzo cortante, etc.

Para llegar a la definición anterior cabe mencionar que el principio de los conocimientos sobre la Mecánica de Suelos se remonta, sin lugar a dudas, hasta los tiempos prehistóricos, cuando los artesanos experimentados empezaron a utilizar métodos prácticos para evitar dificultades posteriores e inherentes al uso de tipos de suelo no satisfactorios. Sus procedimientos estuvieron sin duda basados casi completamente en intuición o en limitados conocimientos empíricos, tanto en ellos mismos, como basados en la experiencia de sus antepasados. A través de los tiempos remotos y hasta nuestras últimas generaciones, prácticamente todas las innovaciones han sido el resultado de una continua ampliación de los conocimientos empíricos. Durante las últimas décadas, los grandes avances en el conocimiento de la física y más recientemente aún en la química, no podían menos que ayudar al conocimiento de los científicos acerca de los fundamentos de la Mecánica de Suelos. Sin embargo, estas fuentes de conocimientos no llegaron de inmediato a los ingenieros constructores en forma considerable, debido principalmente a que la naturaleza del suelo hace difícil el entrenamiento y aplicación de tales conceptos.

La Mecánica de Suelos se originó entonces, bajo el efecto de la presión ejercida por la necesidad, a medida que los problemas prácticos que involucraban a los suelos crecían en extensión y se hacía cada vez más evidente que los instrumentos científicos existentes para resolverlos resultaban insuficientes. Los intentos para remediar esta situación empezaron casi simultáneamente en Estados Unidos y en Europa y, dentro de un espacio de tiempo relativamente breve, dieron origen a un conjunto enorme de información útil.

El éxito inicial de este campo de la ciencia aplicada fue tan alentador, que desde un principio, se tuvo la impresión de que una nueva rama de la ingeniería de las estructuras estaba en formación, así que la extensión y la profundidad de las investigaciones teóricas aumentaron rápidamente, al mismo tiempo que se desarrollaban métodos y técnicas experimentales con un alto grado de refinamiento. Sin los resultados de éstas investigaciones minuciosas y cuidadosas, no hubiese sido posible desarrollar un método racional para resolver los problemas que plantea la ingeniería de los suelos. La introducción de la Mecánica de Suelos en este país, por lo menos bajo ese nombre, es acreditada al Dr. *Karl Terzaghi* y se considera que ocurrió en 1925.

No es tanto la característica variable de los suelos lo que en general conduce a problemas complejos, sino la naturaleza variable del suelo en un sitio de construcción dado. Si se toman dos muestras de suelo a unos cuantos pasos de distancia, aún siendo de un mismo estrato de suelo que pudiera describirse como relativamente

homogéneo, pueden tener propiedades que difieran bastante. Esta naturaleza variable o errática es típica, prácticamente en todos los depósitos de suelo y en múltiples ocasiones dificulta la determinación de las propiedades representativas del mismo.

Además de esta naturaleza variable, el suelo es un material difícil de manejar debido a la cantidad y complejidad de sus propiedades físicas, que deben tomarse en consideración cuando se desea tener una información más o menos completa sobre su comportamiento futuro.

El conocimiento de las propiedades mecánicas de los suelos, como es la resistencia al esfuerzo cortante, permite estudiar los problemas de estabilidad en excavaciones, túneles, terraplenes, empujes de tierra y la capacidad de carga en cimentaciones. El conocimiento de las propiedades esfuerzo – deformación – tiempo, permite estudiar los problemas de hundimientos y desplazamientos de los materiales del subsuelo así como de las obras de tierra.

El estudio de las condiciones hidrodinámicas del subsuelo, permite el estudio de los problemas de filtración y presiones hidráulicas como los que se presentan en las cortinas de las presas, cimentaciones y excavaciones. El conocimiento combinado de las propiedades mecánicas e hidráulicas, permite entender los problemas de estabilidad de taludes, de consolidación y, en general, de deformación en función del tiempo que originan problemas especiales en la masa del subsuelo.

La exploración del subsuelo es de vital importancia en Mecánica de Suelos, por que de la obtención correcta de la información de campo de los materiales representativos, dependen fundamentalmente los resultados y conclusiones a que se llegue en los problemas que se estudian. En la resolución de estos, además de conocer las propiedades físicas, cualitativas y cuantitativas de los materiales, es primordial la experiencia y el conocimiento en el campo del comportamiento general de los depósitos del material.

Los resultados del comportamiento físico obtenidos de una muestra tomada de un depósito del subsuelo, no son necesariamente representativos del comportamiento de la masa de suelo en el campo. Por lo que, es importante aprender a clasificar e interpretar el comportamiento de los depósitos naturales, y tomar en cuenta que se pueden cometer errores al representar un depósito natural a partir de propiedades determinadas en muestras pequeñas, como se hace en el laboratorio.

Según *Terzaghi*, en la Mecánica de Suelos la teoría va después y no antes que la investigación de las propiedades reales del suelo, la cual se realiza por medio de una exhaustiva investigación de campo y laboratorio.

Con el desarrollo de la Mecánica de Suelos y el aumento del conocimiento empírico sobre los suelos, se va haciendo más evidente que los resultados de las pruebas de laboratorio podían dar conclusiones erróneas, a no ser que las muestras obtenidas del terreno fueran prácticamente inalteradas. Tales errores resultan particularmente graves.

por el hecho de ir acompañados de la confianza del proyectista, que lógicamente confiará en los resultados obtenidos empíricamente.

La consiguiente necesidad de la obtención de las muestras inalteradas produjo una reorganización y el diseño de métodos de perforación, sondeo y manejo de muestras adecuados. Sin embargo, también pudieran tenerse resultados erróneos en las pruebas de laboratorio, si no se lleva a cabo un procedimiento adecuado para cada ensaye realizado. Nunca será suficiente insistir en tomar las precauciones en este terreno y es por eso, que se hace énfasis en la importancia de la aplicación del control de calidad en el estudio de Mecánica de Suelos y del impacto ambiental que pueda producir esta actividad.

En la actualidad, está de moda enfocar la calidad como un medio de incrementar la propia competitividad. Las campañas nacionales intentan motivar a la industria para mejorar la calidad de sus productos y servicios. Por otro lado, el impacto ambiental es un concepto relativamente nuevo para muchas empresas, industrias, comercios y autoridades gubernamentales en todo el mundo; sin embargo, más que una moda existe una creciente preocupación mundial sobre el medio ambiente y con ello una presión sobre las organizaciones de todo tipo para minimizar tal impacto y así incrementar la competitividad.

La palabra *calidad* tiene varios significados: un grado de excelencia, la conformidad con los requerimientos, la totalidad de funciones del producto o servicio que satisfacen las necesidades específicas, la ausencia de defectos, imperfecciones o contaminación, etc. Sin embargo, el significado utilizado en el contexto de la ISO-9000 es el relativo a la totalidad de funciones del producto.

Impacto ambiental, en el contexto de la ISO-14000, se refiere a cualquier cambio en el ambiente, sea adverso o benéfico, y es el resultado total o parcial de las actividades, producto o servicio de una organización.

¿Qué vínculo hay entre la aplicación del control de calidad, la gestión ambiental en el estudio de Mecánica de Suelos y las normas ISO-9000 e ISO-14000?. La norma ISO-9000 es una serie de estándares internacionales para sistemas de calidad. Especifican las recomendaciones y requerimientos para el diseño y valoración de un sistema de gestión, con el propósito de asegurar que los laboratorios o las dependencias encargadas en realizar estudios de Mecánica de Suelos, proporcionen el servicio que satisfaga los requerimientos especificados. Por otra parte, la norma ISO-9000 no es un estándar de servicio, no contiene ningún requerimiento con el cual un servicio de este tipo se tenga que cumplir. Es decir, que el servicio no puede cumplir los estándares de la norma ISO 9000, en cambio los laboratorios o las dependencias que realizan estudios de Mecánica de Suelos sí. Los requerimientos y recomendaciones se aplican a las organizaciones que suministran el servicio y por consiguiente, afectan a la forma en que los servicios se diseñan, fabrican, instalan, etc. La norma ISO-9000 contiene estándares que se aplican a la gestión de la organización y sólo la dirección puede y debe decidir cómo responder a estos requerimientos y recomendaciones.

Por su parte, la norma ISO-14000 especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental, que permite a una organización formular una política y objetivos, teniendo en cuenta requisitos legales e información sobre impactos ambientales significativos, pero no establece requisitos absolutos para el desempeño ambiental fuera del compromiso. En la política, de cumplir con la legislación y reglamentación aplicable y la mejora continua. Además es importante aclarar que la norma ISO-14000 no reemplaza a la ISO-9000, aunque una compañía con calificación ISO-9000 tiene una buena base para obtener la calificación ISO-14000.

El propósito de un sistema de calidad es conseguir, mantener y mejorar la calidad. Es improbable que pudiera producir y mantener la calidad requerida a menos que el laboratorio o la dependencia se dote de la organización adecuada. La calidad no es cuestión de suerte, tiene que ser dirigida. Dependiendo de su estrategia, los sistemas de calidad permiten alcanzar todas las metas de calidad. Por otro lado, el propósito de un sistema de gestión ambiental es preservar el medio ambiente y para ello el laboratorio o la dependencia también tienen que dotarse de una organización adecuada.

Se obtienen varias ventajas al instalar un sistema de calidad que cumpla con ISO-9000:

- Da al personal involucrado los medios para controlar sus propias operaciones.
- Planifica de antemano el trabajo, estableciendo procedimientos estándares y líneas de actuación, que ayuden al personal involucrado a seleccionar las actividades correctas por realizar.
- Proporciona un conjunto autorizado de prácticas documentadas, que reflejan al Laboratorio o Dependencia, las cuales continuamente pueden ser revizadas.
- Instala medidas para detectar desviaciones de prácticas y especificaciones: descubre la causa de las desviaciones y planifica e implementa acciones correctivas.
- Proporciona los recursos, formación, instrucciones y controles adecuados.
- Identifica, elabora y mantiene registros de las operaciones fundamentales.
- Recopila, analiza y revisa los registros generados por el sistema, para determinar el funcionamiento de los procesos de operación.

La norma ISO-9000 es la aplicación del sentido común, mediante un sistema de gestión estructurado que proporciona servicios que continuamente, satisfacen las necesidades del cliente. Esto requiere el compromiso, implicación y participación de la alta dirección para que funcione efectivamente.

El instalar un sistema de gestión ambiental que cumpla con la norma ISO-14000 tiene la siguientes ventajas:

- Sirve para declarar públicamente que se está cumpliendo con toda la legislación ambiental y así obtener la revalorización ecológica del producto o servicio.
- -Acredita el cumplimiento del Laboratorio o Dependencia, en aquellos negocios donde la gestión ambiental es un factor determinante para cerrarlos.

- Comercializar mejor, obteniendo mayor beneficio económico derivado de una mayor eficiencia en el uso de los recursos.
- Se tiene mayor capacidad de adaptación a las circunstancias cambiantes.

Si se implementa un sistema de calidad que cumpla con la norma ISO-9000 y un sistema de gestión ambiental que cumpla con la ISO-14000, el estudio de Mecánica de Suelos puede arrojar datos confiables con los cuales se llegue a conclusiones satisfactorias, que resuelvan los problemas relacionados con el comportamiento del suelo que se está estudiando.

CAPÍTULO I
NORMATIVIDAD ISO

I. NORMATIVIDAD ISO.

I.1 ISO-9000.

La ISO (Organización Internacional para la Estandarización) es una organización mundial de normas nacionales, se integra por 140 miembros actualmente, una en cada país. El propósito de la ISO es promover el desarrollo de la estandarización de las actividades realizadas por una empresa, con una visión de facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios, y para apoyar a las esferas en vías de desarrollo en la áreas intelectual, científica, tecnológica y económica. Los resultados del trabajo técnico de la ISO son publicados como Normas Internacionales.

La familia de Normas ISO-9000 representa un acuerdo internacional sobre prácticas favorables en negocios, que tiene por objetivo asegurar que la empresa pueda en repetidas ocasiones entregar los productos o servicios con la calidad que satisfaga al cliente. Esta práctica favorable, ha sido dividida en un juego de requisitos estandarizados para un sistema administrativo de calidad, sin tener en cuenta lo que la empresa hace, su tamaño, o si es sector privado o sector publico.

Las empresas deben implementar la norma ISO-9000 para asegurar que los clientes queden satisfechos con el producto, por lo que la norma proporciona una guía y estructuras para formar un sistema para lograr que la empresa progrese.

El incremento de la competencia mundial ha llevado a las organizaciones industriales, comerciales, de servicios o gubernamentales a enfrentarse con expectativas de los clientes o usuarios cada vez más exigentes.

Para ser competitivas y mantener beneficios económicos, las organizaciones han recurrido a la calidad, que les permiten no sólo competir en un determinado mercado, sino ganar dicha competencia al obtener contratos, aumentar sus ventas y obtener el reconocimiento de los consumidores.

El esfuerzo que han realizado las empresas al implantar un sistema de calidad, les asegura que sus productos y servicios mantengan permanentemente su calidad, y que cumplan y superen las expectativas. Lograrlo no es fácil, involucra un cambio en la forma de ser de la empresa; enfocando sus esfuerzos al cliente y armonizando adecuadamente las actividades de la misma.

La Secretaría de Economía, preocupada por el desarrollo e implantación de la calidad en México, ha creado programas de apoyo a las empresas para su preparación y certificación en sistemas de aseguramiento de la calidad en ISO-9000.

Certificación en Sistemas de Calidad.

Todos estamos de acuerdo en la importancia del término calidad, alcanzarlo significa que las cosas se han hecho bien, en tiempo, en contenido y en repercusión hacia los demás y hacia el medio ambiente.

En las últimas décadas han surgido una serie de mecanismos como la certificación, elemento indispensable en el aseguramiento de la calidad, cuyo objetivo es garantizar a los compradores, a los usuarios y a los consumidores; la calidad además de la seguridad de los productos y servicios. No es obra de la casualidad que los países más industrializados sean quienes desarrollada más esta actividad.

La certificación es la acción de constatar en forma confiable que un producto, proceso o servicio está conforme con una norma específica u otro documento normativo; y la realizan organismos independientes acreditados para ello. Dentro de esta actividad, se encuentra la certificación en sistemas de calidad con base en normas de referencia.

Se entiende por sistema de calidad a la estructura orgánica, las responsabilidades, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para implantar la administración de ésta, es decir, que se incluyen las actividades necesarias para proporcionar la confianza de que se cumplirán todos los requisitos que establece dicho sistema.

Un sistema de calidad considera las interacciones humanas como una parte decisiva en el proceso, por lo que desarrolla las habilidades y capacidades del personal, y lo motiva para mejorar la calidad, con el fin de satisfacer las expectativas del cliente con relación a la imagen, cultura de calidad y desempeño de la organización.

Las normas que han tenido mayor aceptación internacional son las normas ISO-9000 equivalentes a las normas Mexicanas NMX-CC. Dentro de ellas se tienen 3 modelos de aseguramiento de la calidad: ISO-9001 (NMX-CC-003), 9002 (NMX-CC-004) y 9003 (NMX-CC-005), las cuales son útiles para demostrar la capacidad de la empresa para controlar sus procesos desde el diseño hasta el servicio postventa.

Para la industria automotriz, se cuenta con otro modelo de aseguramiento de la calidad basado en las normas ISO-9000 pero con exigencias adicionales, como es el QS-9000.

Cuando se ha tomado la decisión de implantar un sistema de calidad en una organización; se deben considerar las actividades ligadas al ciclo de vida del producto o servicio que se brinda, así como de los elementos que se habrán de desarrollar. Para lograr esta meta se cuenta con la norma NMX-CC-006 / ISO-9004 con todas sus directrices, misma que constituye una excelente guía para desarrollar esta tarea.

Organismos de Certificación en Sistemas de Calidad.

Son organismos independientes y acreditados, que tienen la capacidad y fiabilidad para participar en un sistema de certificación en el que los intereses de todos los involucrados en el funcionamiento del sistema están representados.

Para evaluar este cumplimiento, los diferentes países cuentan con sistemas de acreditación, a nivel nacional por medio de entidades acreditadoras. La acreditación se basa en la evaluación de la competencia técnica del solicitante por un equipo independiente de profesionales que cumplen con los requisitos reconocidos internacionalmente.

A nivel internacional, la cantidad de organismos independientes que ofrecen sus servicios de certificación; ha aumentado en forma considerable y actualmente están firmando acuerdos de reconocimiento entre ellos y con los organismos nacionales, con el objetivo de bajar el costo de la certificación a las empresas que requieran certificados reconocidos en diferentes países.

A nivel nacional, la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) es la que actualmente acredita a estos organismos, función que anteriormente realizaba la Dirección General de Normas.

Antecedentes de las revisiones del año 2000

Las normas ISO son analizadas periódicamente para decidir si necesitan ser confirmadas, revisadas o canceladas. El propósito es asegurar que las mismas tomen en cuenta los desarrollos tecnológicos y de mercado, y que sean representativas del estado de la ciencia y de la técnica. Las series ISO-9000 fueron publicadas por primera ocasión en 1987 y no fue sino hasta 1994 que se publicó su primera revisión; la razón fue que los sistemas de gestión eran novedosos para muchas organizaciones, que se comprometieron con el establecimiento de sistemas de calidad basados en estas normas ISO-9000. En esta circunstancia, el ISO/TC-176 sintió que hacer modificaciones sustanciales en las normas podría conllevar el riesgo de interrumpir dichos esfuerzos. Por ello la revisión de 1994 fue relativamente menor, y sólo se enfocó a eliminar las inconsistencias internas.

Sin embargo, las revisiones del año 2000, representan un cambio sustancial de las normas para tomar en cuenta el desarrollo en el campo de la calidad y la considerable experiencia que existen actualmente sobre implementar ISO-9000.

El desarrollo de las revisiones de las normas ISO-9000, se efectuó junto con una serie de medidas y servicios de apoyo. Las medidas han incluido una encuesta para detectar los requisitos de los usuarios de las revisiones del año 2000; la verificación de los proyectos con las especificaciones establecidas para las normas; la validación para determinar si llenan las necesidades de los usuarios y la motivación de los usuarios para emitir comentarios a los borradores para la mejora de los documentos posteriores. Además de estas medidas, para fortalecer la revisión, se contó con actualizaciones a través de la página de internet de la ISO (www.iso.ch).

Estas medidas han mantenido a los usuarios de las normas ISO-9000 en un ciclo de información, según progresó la revisión y motivado comentarios generales en cada etapa en la evolución de los documentos a fin de mejorarlos cada vez más.

Cambios Principales

El número de normas en la familia ISO-9000 se redujo, simplificando su selección y uso. La "serie principal" está conformada por cuatro normas, diseñadas para ser usadas como un paquete integral para obtener los máximos beneficios:

- ISO-9000, Sistemas de gestión de la calidad - fundamentos y vocabulario.
- ISO-9001, Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos (En adelante la única norma certificable de la serie).
- ISO-9004, Sistemas de gestión de la calidad - Directrices para la mejora del desempeño.
- ISO-19011, Directrices sobre la Auditoria de Sistemas de Gestión de la Calidad y Ambientales.

Ha sido corregido el énfasis en la certificación en ISO-9000, para que no se anteponga al uso de las normas para la mejora de la calidad. La norma ISO-9001 (requisitos del sistema de calidad) y la norma ISO-9004 (mejora del desempeño de la organización) han sido diseñadas expresamente para ser utilizadas en paralelo, como un "conjunto coherente".

Aunque las grandes organizaciones manufactureras fueron las primeras en adoptar las normas ISO-9000, hay nuevas implementaciones en las pequeñas y medianas empresas, en los sectores de servicios y la administración pública en muchos países. Para simplificar la comprensión y facilitar el implementar en estos sectores, el vocabulario utilizado en las normas revisadas se encuentra menos orientado a la industria manufacturera y resulta más accesible para el usuario.

¿Cómo elegir entre implementar ISO-9000, perseguir el premio nacional de la calidad o seguir un programa de Gestión Total de la Calidad (TQM)? De hecho, nunca ha sido necesario elegir una de estas opciones y excluir las otras. La publicación de la ISO llamada ISO-9000 + ISO-14000 ha aplicado encuestas a los ganadores de premios nacionales de calidad y ha encontrado que casi todos operan con un sistema de calidad ISO-9000, la cual ha sido la base para otras iniciativas de calidad, como premios nacionales o regionales de calidad o la TQM. Las normas ISO-9000 revisadas facilitan dichas combinaciones. Están basadas en ocho principios de gestión de la calidad (presentados en las normas ISO-9000 e ISO-9004). La norma ISO-9004 también incluye un cuestionario de autoevaluación, para ayudar a las organizaciones a determinar y aumentar el nivel de "madurez" de la calidad lograda, que puede ser usado para el sistema de gestión de la calidad ISO-9000, para buscar un premio, o para un programa de TQM.

Mientras que la mayoría de las organizaciones son administradas a través de estructuras jerárquicas funcionales, los productos y servicios son producidos, vendidos y entregados a través de procesos de negocios, que operan relacionándose entre sí funcionalmente. Estos procesos toman elementos de entrada de una variedad de fuentes, y los mezclan o transforman (aportándoles valor) para producir los resultados deseados. Las normas ISO-9000:2000 son reestructuradas según un modelo de proceso de negocios que representa de forma más precisa el modo en que las organizaciones operan realmente, que la estructura lineal de 20 requisitos de las normas de 1994. La base de la estructura son cuatro nuevas cláusulas principales, que son: Responsabilidad de la Dirección, Gestión de los Recursos, Realización del Producto y Medición, Análisis y Mejora.

"Calidad" en la serie de normas ISO-9000 significa cumplir con las necesidades y expectativas del cliente. Este enfoque se refuerza en las normas revisadas a través de la adición del requisito de medir la satisfacción del cliente.

La responsabilidad de la alta dirección en relación con la calidad se refuerza y amplía en las normas revisadas, al incluir los requisitos para la comunicación con el personal y los clientes.

La serie ISO-9000:2000 encaminada a la mejora continua tiene un requisito explícito en el ciclo Planear, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) como una parte integral de las normas revisadas.

La norma ISO-9001 ha sido diseñada, buscando la mayor compatibilidad posible con la norma ISO-14001; sobre sistemas de gestión ambiental. La norma de auditorías ISO-19011 será aplicable a ambas.

Beneficios principales

Las revisiones del año 2000 son un excelente producto, con un historial aún mejor. Los usuarios se beneficiarán de las lecciones de trece años de experiencia implementando las normas ISO-9000, además de los desarrollos recientes en el campo de la gestión.

Menos papeleo. Las normas ISO-9000 únicamente exigen seis procedimientos documentados. Queda entonces a la alta dirección de cada organización la decisión de cuáles otros procedimientos requieren ser documentados, de acuerdo a las necesidades de su organización.

La serie ISO-9000:2000, está reestructurada con base en un modelo de proceso de negocios que refleja frecuentemente la forma en que las organizaciones realmente operan, lo que debería hacer el sistema de gestión de la calidad más efectivo, fácil de implementar y de auditar.

El diseño y desarrollo de las normas ISO-9001:2000 e ISO-9004:2000 como un "par coherente" fuertemente ligado, proporciona a las organizaciones un enfoque estructurado hacia el progreso, más allá de la certificación, hasta alcanzar la Gestión Total de la Calidad (TQM) (por ejemplo, la satisfacción no sólo de los clientes, sino de los socios, empleados, proveedores, la comunidad local y la sociedad en su conjunto).

El requisito reforzado de la satisfacción del cliente y la inclusión de requisitos para dar seguimiento a la satisfacción del cliente; y la mejora continua asegurará que las organizaciones usuarias de las normas no solamente "hagan las cosas bien" (eficiencia), sino además que "hagan las cosas correctas" (eficacia).

El vocabulario de las versiones ISO-9000:2000, ha sido elaborado para hacerlas más fáciles de entender y de implementar por las organizaciones grandes y pequeñas de manufactura o de servicios, en los sectores público y privado.

La serie ISO-9000:2000 va más allá de los requisitos del cliente, para aumentar su satisfacción. Las normas revisadas pueden ser usadas como base para alcanzar la TQM. Estas normas están basadas en ocho principios de la calidad, los cuales están claramente reflejados en las normas ISO-9001 e ISO-9004. Estos principios cubren los conceptos básicos de muchos premios de calidad.

La norma ISO-9001:2000 ha sido diseñada para tener la mayor compatibilidad con la ISO-14001, la norma para el sistema de gestión ambiental. La ISO-19011, permitirá una auditoría conjunta y coordinada de los sistemas de gestión de la calidad y ambiental.

Las normas principales de la serie ISO-9000:2000

La norma ISO-9000:2000

Debido a que las normas sobre sistemas de gestión de la calidad han sido simplificadas, es necesario proporcionar una introducción a los fundamentos del nuevo contenido y la estructura de las normas principales. También existe la necesidad de un fácil acceso a los términos y definiciones que son aplicables a las normas principales. Este es ahora el contenido de la norma ISO-9000:2000

La norma ISO-9000:2000 es una introducción a las normas principales y un elemento vital de las nuevas series principales de normas sobre sistemas de gestión de la calidad. Como tal, juega un papel importante en el entendimiento y uso de las otras tres normas, al proporcionar su base, a través de los fundamentos y un punto de referencia para comprender la terminología.

La norma ISO-9001:2000

La norma ISO-9001; señala los requisitos para un sistema de gestión de la calidad que pueden ser utilizados por una organización, para aumentar la satisfacción de sus clientes, al satisfacer los requisitos establecidos por él y por las disposiciones legales obligatorias que sean aplicables. Asimismo, puede ser utilizada internamente o por un tercero, incluyendo a organismos de certificación, para evaluar la capacidad de la organización y así satisfacer los requisitos del cliente, los obligatorios y los de la propia empresa.

Todos los usuarios de las normas ISO-9001/9002/9003:1994, necesitarán cambiar a esta única norma de requisitos, la ISO-9001:2000. De ahora en adelante ésta es la única norma de la serie en que una organización puede certificarse. La estructura y conceptos de la norma ISO-9001:2000 han evolucionado considerablemente en comparación con las versiones de 1994. Los requisitos de las versiones de 1994 se han ampliado en los siguientes puntos:

- Obtener el compromiso de la alta dirección
- Identificar los procesos de la organización
- Identificar la interacción de éstos con otros procesos

- Asegurarse de que la organización tiene los recursos necesarios para operar sus procesos.
- Asegurarse de que la organización tiene procesos para la mejora continua de la eficacia del sistema de gestión de la calidad.
- Asegurarse del seguimiento a la satisfacción de los clientes

Es importante señalar la fuerte relación entre ISO-9001 e ISO-9004. Las normas han sido creadas como un par coherente, para ser utilizadas en conjunto.

La norma ISO-9004:2000

La versión 1994 de la norma ISO-9004 consistía en varias normas que proporcionaban orientación para distintos sectores. La norma ISO-9004:2000 es ahora un documento genérico que pretende ser utilizable como un medio para que el sistema de gestión de la calidad, avance hacia la excelencia.

El propósito de la norma ISO-9004, la cual está basada en ocho principios de gestión de la calidad, es la de proporcionar directrices para la aplicación y el uso de un sistema de gestión de la calidad, para mejorar el desempeño total de la organización. Esta orientación cubre el establecimiento, operación (mantenimiento), mejora continua de la eficacia y la eficiencia del sistema de gestión de la calidad.

El implementar la norma ISO-9004:2000 pretende alcanzar no sólo la satisfacción de los clientes de la organización, sino también de todas las partes interesadas incluyendo al personal, a los propietarios, accionistas e inversionistas, proveedores y socios así como a la sociedad en su conjunto.

La actual norma ISO-19011

Esta norma internacional, proporciona orientación sobre los fundamentos de la auditoría, la gestión de los programas de auditoría, la conducción de auditorías de los sistemas de gestión de la calidad y ambientales, así como las calificaciones para los auditores de los sistemas de gestión de la calidad y ambientales.

Principalmente se pretende su uso por los auditores así como a las organizaciones que necesiten conducir auditorías internas y externas de los sistemas de gestión ambiental y de la calidad. Otros posibles usuarios serían las organizaciones involucradas en la certificación y formación de auditores, la acreditación y la normalización en el área de la evaluación de la conformidad.

Una vez publicada, la norma ISO-19001 reemplazará a las normas ISO-10011-1, ISO-10011-2, ISO-10011-3, ISO-14010, ISO-14011 e ISO-14012.

La norma es aplicable ahora a la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y ambientales, mientras que la norma previa, ISO-10011 únicamente proporcionaba orientación sobre la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad.

La norma apoya a todas aquellas organizaciones que implementen sistemas de gestión tanto de la calidad como ambientales (ya sea en forma separada o integrados), en consecuencia deseen conducir auditorias conjuntas y combinadas de los sistemas de gestión, o seguir idéntica orientación para las auditorias separadas de los sistemas de gestión.

A pesar de que la norma se aplica tanto a las auditorias del sistema de gestión de la calidad como al ambiental, el usuario puede considerar extender o adaptar la orientación proporcionada para aplicarla a otros tipos de auditorias, incluidos otros sistemas de gestión.

Adicionalmente, cualquier otro individuo u organización con interés en dar seguimiento al cumplimiento de requisitos, tales como especificaciones de producto o leyes y regulaciones obligatorias, pueden encontrar útiles las directrices proporcionadas en esta norma.

Las auditorias conjuntas y combinadas de los sistemas de gestión de acuerdo a la norma ISO-19011, tienen ahora el potencial de proporcionar mejor retroalimentación del proceso de auditoria sobre el desempeño total del sistema de gestión, junto con un ahorro potencial del tiempo y costos asociados a las actividades de auditoria interna y externa.

I.1.1 CONTROL DE CALIDAD.

El concepto de calidad es más una actitud ante el trabajo diario y la responsabilidad personal, que un parámetro abstracto relacionado con documentos contextuales, especificaciones y pruebas de laboratorio, pues el producto final, habrá de ser aceptado por el mercado global, en términos de la satisfacción que a los usuarios les produzca y no simplemente en términos de la opinión tantas veces subjetiva de un actor, no importa que tan relevante o encumbrado sea su papel.

Podría decirse entonces que el control de calidad es el conjunto de acciones planificadas y sistemáticas que son necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que un producto o servicio satisfaga los requisitos dados sobre la calidad.

El control de la calidad lleva implícito la aplicación de técnicas operativas de actividades, que tienen dos objetivos fundamentales: mantener bajo control un proceso y eliminar las causas de defecto, con el fin de conseguir los mejores resultados económicos.

¿Por qué el control de calidad?

El incremento de la competencia mundial ha llevado a las organizaciones industriales, comerciales, de servicios o gubernamentales a enfrentarse con expectativas de los clientes o usuarios cada vez más exigentes. Dichas organizaciones deben implementar el control de calidad para asegurar que estos queden satisfechos con el producto, el cual debe reunir ciertos requisitos.

Resulta claro que hay que iniciar con el control de calidad para asegurar, que lo hecho está conforme con lo propuesto, y posteriormente continuar con el aseguramiento de calidad para garantizar, que lo realizado era lo que debiera hacerse, con lo que se satisface las demandas del usuario.

I.1.2 PLANEACIÓN DE LA CALIDAD.

Toda acción que efectúa un individuo, un grupo de individuos o una organización, para asegurar que un producto cumpla con una norma deseada o especificada, se considera justificadamente como una actividad de control de calidad. En este sentido, el control de calidad es casi, tan viejo como la especie humana. Es bastante lógico deducir que en los primeros tiempos las acciones de control de calidad no se realizaban de manera consciente, sino inconsciente, como parte de las actividades diarias, aisladas y limitadas a individuos solos. Por tanto, el origen de la evolución del control de calidad esta vinculada con los avances tecnológicos logrados por la especie humana.

Control de calidad es el proceso seguido por una empresa de negocios para asegurarse de que sus productos o servicios cumplen con los requisitos mínimos de calidad, establecidos por la propia empresa. Con la política de Gestión (o administración) de Calidad Óptima (GCO) toda la organización y actividad de la empresa esta sometida a un estricto control de calidad, ya sea de los procesos productivos Como de los productos finales.

En el caso de producción de bienes, la GCO implica que tanto en el diseño, como la producción y la venta, la calidad de los materiales utilizados y los procesos seguidos se ajustan a unos patrones de calidad establecidos con antelación. Algunas veces este patrón viene definido por la ley; por ejemplo, la legislación relativa a la seguridad y materiales empleados en la fabricación de juguetes, o la legislación que regula las emisiones contaminantes de los coches. La exigencia de una mayor o menor calidad depende de muchos factores. Cuanto mayor es la vida del producto, menores serán las ventas, porque los consumidores no tendrán que volver a comprarlo, por lo que la calidad suele ser menor.

La importancia otorgada durante los últimos años al control de calidad es una respuesta a la competencia japonesa basada en la calidad. Entre los pasos que se establecen para controlar la calidad destacan: la importancia de fomentar la idea de la necesidad de un control férreo de la calidad; la búsqueda de métodos de mejora; el establecimiento de objetivos de calidad y la aplicación de todo tipo de medidas y cambios para poder alcanzar estas metas; la necesidad de comprometer a los trabajadores en la obtención de una mayor calidad mediante programas de formación profesional, comunicación y aprendizaje, así como la revisión de los sistemas y procesos productivos para poder mantener el nivel de calidad alcanzado.

El entusiasmo creado en torno a la idea de una GCO durante la década de 1980 ha tenido como primer efecto el que las empresas tengan entre uno de sus objetivos prioritarios el control de calidad, y en segundo lugar ha conseguido eliminar el liderazgo en calidad de las empresas japonesas. En efecto, un reciente estudio realizado por las

universidades de Boston y Waseda, en Tokio, y del Instituto Europeo de Administración de Empresas, demuestra que algunas compañías estadounidenses superan en calidad a empresas japonesas. Es posible que los esfuerzos para aumentar la calidad sean incompatibles con otros objetivos de las empresas, a medida que éstas contrastan el objetivo de máxima calidad con otras metas, como por ejemplo, la necesidad de reducir costos.

Definiciones.

Disconformidad: Considerable desviación de una característica de la calidad con respecto a un nivel o estado deseado, que resulta en un producto o servicio asociado que no satisface un requisito de especificación.

Unidad disconforme: La unidad de producto o servicio que contiene al menos una disconformidad.

Defecto: Desviación considerable de una característica de la calidad, con respecto a un nivel o estado deseado, que da como resultado un producto o servicio asociado que no satisface las exigencias de uso normales o razonablemente pronosticadas.

Defectuoso (unidad defectuosa): Unidad de producto o servicio que contiene al menos un defecto, o que tiene varias imperfecciones que, combinadas, provocan que la unidad no cumpla con las exigencias de uso normales o razonablemente pronosticadas. Nota: la palabra defectuoso es apropiada cuando la unidad de producto o servicio se evalúa en términos de uso (en contraste con la conformidad con las especificaciones).

Administración de la calidad: La administración de la calidad es la función organizacional cuyo objetivo es la prevención de defectos. La responsabilidad de la administración de la calidad, incluye las siguientes actividades:

1. Acumular, analizar y elaborar informes de los costos de la calidad.
 2. Establecer metas y programas de reducción de los costos de la calidad.
 3. Implantar sistemas para medir el verdadero nivel de calidad del producto resultante.
 4. Establecer metas y programas para el mejoramiento de la calidad del producto.
 5. Establecer metas y programas para el mejoramiento de la calidad del producto: por línea de producto.
 6. Establecer objetivos y programas para el componente organizacional del control de calidad y publicar manuales para uso del personal correspondiente.
 7. Clasificar las actividades de control de calidad de acuerdo con el tipo de trabajo.
 8. Organizar el trabajo de control de calidad y contratar personal idóneo para dicha organización.
 9. Difundir los procedimientos para hacer que opere el control de calidad.
 10. Lograr la aceptación, por parte de los empleados, del trabajo de control de calidad que se les asigne.
-

11. Integrar a todos los empleados en el componente organizacional del control de calidad, y realizar mediciones de la efectividad para determinar la contribución de la función del control de calidad a la rentabilidad y progreso de la compañía.

El objetivo de la gerencia de la calidad es fabricar un producto cuya calidad se diseña, se produce y mantiene al menor costo posible, a la vez que se proporciona una satisfacción total al consumidor. Esta aspiración se puede traducir en la siguiente lista de actividades:

1. Participar en las revisiones del diseño, en el análisis de confiabilidad, en los ensayos de resistencia al ambiente y en otras labores tendentes a la prevención de defectos.
2. Ayudar a crear un ambiente y cultura de la calidad.
3. Mantenerse dentro de los costos de operación establecidos en los presupuestos y las estimaciones.
4. Contar con el personal, equipo e instalaciones para realizar un control de calidad profesional.
5. Establecer técnicas de medición exactas, apropiadas y económicas, y obtener el equipo necesario para el control de la calidad del producto.
6. Controlar la calidad de los materiales que se compran, de acuerdo con lo que se especifica en los dibujos, documentos y ordenes de compra de ingeniería.
7. Medir la calidad del producto mediante la evaluación del proceso, la inspección del producto, la inspección del empaque y la revisión.
8. Determinar las situaciones y condiciones que impiden la calidad e identificar las causas básicas.
9. Proporcionar información sobre la calidad a los grupos de la organización y a los proveedores que necesitan este conocimiento.
10. Iniciar las medidas correctivas para eliminar las deficiencias de los diseños de los materiales, de los procesos y de los obreros.
11. Obtener datos de la calidad para ayudar en las actividades de análisis y prevención.
12. Atender con diligencia las quejas y dudas de los clientes.

Ingeniería de la calidad: Un elemento esencial de la calidad es la ingeniería de calidad. Esta rama de la ingeniería interviene en las actividades de cada departamento de la empresa; la actividad más importante es la implantación de programas de control de calidad. La ingeniería de la calidad también ayuda en la evaluación, mediante el establecimiento de métodos y procedimientos de aceptación; en el análisis de fallas, la comunicación de los resultados, y el énfasis que se pone en la necesidad de la acción correctiva. La evaluación comprende las funciones de inspección y prueba.

La elaboración de las políticas de la calidad incluye las técnicas para identificar los objetivos de la calidad de la empresa. Es importante que las políticas se definan claramente. De no ser así, se carecerá de las bases para elaborar planes de calidad funcionales. La política señala los límites dentro de los cuales se tomarán todas las decisiones relativas a la calidad que se necesitan para alcanzar los objetivos de calidad.

Esta política es la pauta que guía y gobierna todas las decisiones administrativas en las áreas de calidad del producto, incluidas la confiabilidad, la seguridad, la inspección y demás.

El análisis de la calidad del producto incluye técnicas para aislar e identificar los factores que afectan la calidad de los productos. El acto de analizar consiste en descomponer la situación problemática de la calidad y luego sintetizar los segmentos para formar el todo.

La planeación de las operaciones de la calidad comprende la aplicación de técnicas tendentes a inculcar la importancia de seguir un curso de acción propuesto, y los métodos para lograr el resultado deseado. Se prepara el plan propuesto con los diagramas, formulas y tablas necesarios para comunicar el plan a la persona o personas que lo realizan.

El propósito principal de la planeación es entregar al cliente un producto de calidad satisfactoria a un costo mínimo de calidad. Este objetivo se logra mediante la planeación cuidadosa de los procedimientos de la calidad correspondientes, que más tarde se convertirán en parte del proceso de producción. El resultado final del proceso de planeación es un conjunto de instrucciones detalladas que especifican los cursos de acción necesarios para alcanzar el objetivo de calidad de la compañía

Actividades del ingeniero de la calidad: Muchas o todas las actividades siguientes, conforman una parte importante del trabajo de un ingeniero de la calidad:

1. Capacitación. Preparar material didáctico para dirigir programas de capacitación en todos los aspectos del control de calidad, incluidos el control estadístico de la calidad (CEC). Capacitar a los empleados de todos los niveles de la organización y mantenerse informado de los nuevos avances con fines de capacitación y aplicación.
2. Normas de calidad. Elaborar e implantar normas de calidad para cualquier área de la organización donde se necesitan. Capacitar en su uso a los miembros de la organización.
3. Instalaciones para medición análisis. Determinar recomendar o diseñar las instalaciones necesarias para realizar las mediciones y los análisis que se requieran para evaluar la calidad y confiabilidad del producto, diseñar y poner en marcha un programa económico para verificar periódicamente la exactitud, de calibración y de mantenimiento de las guías, accesorios, pruebas físicas, mediciones e instalaciones para análisis.
4. Métodos y procedimientos. Diseñar las formas e instrucciones que se usaran para reunir, analizar e informar los datos relativos a la calidad y la confiabilidad, instituir procedimientos para identificar las responsabilidades y llevar a cabo las acciones correctivas.
5. Material disconforme, establecer e implantar procedimientos claros y concisos para la disposición del material disconforme. Determinar la responsabilidad y la asignación apropiada de los costos extra en que se incurre.

6. Revisión de programa de la calidad. Proporcionar los métodos y arreglos para realizar la revisión e informar de los avances logrados en cada etapa de instrumentación así como la efectividad, costo y ahorro del programa de calidad.

El proveedor debe definir y documentar cómo se deben cumplir los requisitos para la calidad. La planeación de la calidad debe ser consistente con todos los otros requisitos del sistema de calidad del proveedor, y debe estar documentada en una forma que se adapte al método de operación del proveedor. El proveedor debe considerar las siguientes actividades; conforme sea aplicable, para cumplir los requisitos especificados para productos, proyectos o contratos:

1. La preparación de los planes de calidad.
2. La identificación y adquisición de cualquier control, proceso, equipo (incluyendo equipo de inspección y prueba), dispositivos, recursos y las habilidades que sean necesarias para lograr la calidad requerida.
3. Asegurar la compatibilidad de los procedimientos de diseño, del proceso de producción, de la instalación, del servicio, de la inspección y de prueba y la documentación aplicable.
4. La actualización, según sea necesaria, del control de calidad, de las técnicas de inspección y prueba, incluyendo el desarrollo de instrumentación nueva.
5. La identificación de cualquier requisito de medición incluyendo la capacidad que exceda los avances conocidos, con anticipación suficiente para que se desarrolle esa capacidad.
6. La identificación de las verificaciones adecuadas en las etapas apropiadas de la realización del producto.
7. La aclaración de las normas de aceptación para todas las características y requisitos, incluyendo aquellas que contengan algún elemento subjetivo.
8. La identificación y preparación de registros de calidad.

I.1.3 METROLOGÍA.

¿Qué es la metrología?

La metrología es la encargada de las unidades de medida, los instrumentos de medición y los métodos de medición relacionados con los requisitos técnicos y legales, que tienen por objeto asegurar mediciones confiables y exactas, que garanticen la transparencia y equidad en las transacciones comerciales y asegurar la integridad física de los consumidores. También es la encargada de garantizar la confiabilidad de los instrumentos de medición y patrones que se utilizan en los procesos industriales y en el control de la calidad en la producción de bienes y servicios.

El por qué de la metrología.

La Metrología en México es atendida por diversas instituciones públicas y privadas, que conforman el Sistema Metrológico Nacional. La Dirección General de Normas coordina los esfuerzos que aporta el sector público federal a dicho sistema por medio de las

instituciones que tienen alguna competencia en la materia, además realiza directamente actividades relacionadas con la metrología como son las siguientes:

1. Autorizar los patrones nacionales de medición.
2. Conservar los patrones nacionales del metro y kilogramo.
3. Coordinar la operación del Sistema Nacional de Calibración (SNC) por medio del cual se acreditan Laboratorios de Calibración.
4. Expedir la lista de instrumentos de medición cuya verificación inicial, periódica y extraordinaria es obligatoria.
5. Difundir el uso y aplicación del Sistema General de Unidades de Medida.

Definiciones.

Magnitud: Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia que es susceptible de ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente.

Unidad: Magnitud específica, adoptada por convención, utilizada para expresar cuantitativamente magnitudes que tengan una misma dimensión.

Valor verdadero: Valor que caracteriza a una magnitud perfectamente definida, en las condiciones que existen cuando esta magnitud es considerada.

Valor convencionalmente verdadero: Valor de una magnitud, que puede ser sustituido del valor verdadero para un fin determinado.

Medición: Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar el valor de una magnitud.

Proceso de medición: Toda la información, equipo y operaciones relativas a una medición dada.

Mesurando: Magnitud sujeta a medición.

Instrumento de medición: Son los medios técnicos con los cuales se efectúan las mediciones y que comprenden:

Aparatos de medición.

Medidas materializadas.

Aparato de medición: Dispositivo destinado para realizar una medición, solo o en conjunto con otros equipos.

Medida materializada: Dispositivo destinado a reproducir o proporcionar, de manera permanente durante su uso, uno o más valores conocidos de una magnitud dada.

Indicación: Valor de una magnitud medida suministrada por un instrumento de medición.

Alcance de medición: Para cada amplitud de escala, es el conjunto de valores de la magnitud medida para los cuales un "instrumento de medición" presenta los valores dentro de esa amplitud de escala, para una posición particular de sus controles.

El alcance es expresado en unidades de la magnitud a medir, cualquiera que sea la unidad marcada sobre la escala y está normalmente especificada por sus límites superior e inferior.

Intervalo de medición: Módulo de la diferencia entre los dos límites del alcance de medición de un instrumento.

Sensibilidad: Cociente del incremento de la respuesta de un instrumento de medición y del correspondiente incremento de la señal de entrada.

Movilidad: Aptitud de un instrumento de medición para responder a pequeñas variaciones del valor de la señal de entrada.

División de la escala: Parte de la escala comprendida entre dos trozos sucesivos cualquiera.

Graduación: Ubicación material de los trazos de la escala de un aparato de medición, en función de los valores correspondientes de la magnitud medida.

Resolución: Expresión cuantitativa de la aptitud de un dispositivo indicador para presentar significativamente la distinción entre valores muy próximos de la magnitud indicada.

Histéresis: Propiedad de un instrumento de medición, donde la respuesta a una señal de entrada dada, depende de la secuencia de las señales de entrada precedentes.

Aunque la histéresis sea normalmente considerada en relación con la magnitud a medir, también puede ser considerada con respecto a las magnitudes de influencia.

Estabilidad: Aptitud de un instrumento de medición para conservar sus características metrológicas constantes.

La estabilidad es habitualmente considerada respecto al tiempo. Cuando es considerada respecto a otra magnitud, es necesario especificarlo explícitamente.

Deriva: Variación lenta en el curso del tiempo de una característica metrológica de un instrumento de medición.

Exactitud de medición: Proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero de una magnitud medida.

Error (absoluto) de medición: Resultado de una medición menos el valor (convencionalmente) verdadero de la magnitud medida.

El "error absoluto", que tiene un signo, no debe confundirse con el valor absoluto de un error, el cual es el módulo de un error.

Incertidumbre de medición: Estimación que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se encuentra el valor verdadero de la magnitud medida.

Método de medición: Conjunto de operaciones teóricas y prácticas, en términos generales, involucradas en la realización de mediciones de acuerdo a un principio establecido.

Procedimiento de medición: Conjunto detallado de operaciones relativas a una medición dada.

Resultado de medición: Valor de una magnitud medida, obtenida por medición.

Tiempo de respuesta: Intervalo de tiempo comprendido entre el momento en que una señal de entrada sufre un cambio brusco específico y el momento en que la señal de salida alcanza dentro de los límites especificados, su valor final en régimen estable y sostenido.

Repetibilidad de mediciones: Proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mesurando, efectuadas con la aplicación de la totalidad de las condiciones siguientes:

1. Mismo método de medición.
2. Mismo observador.
3. Mismo instrumento de medición.
4. Mismo lugar.
5. Mismas condiciones de uso.
6. Repetición en periodos cortos de tiempo.

Reproducibilidad de mediciones: Proximidad de concordancia entre los resultados de las mediciones de un mismo mesurando, en el caso que las mediciones individuales sean efectuadas haciendo variar las condiciones, tales como:

1. Método de medición.
2. Observador.
3. Instrumentos de medición.
4. Lugar.
5. Condiciones de uso.
6. Tiempo.

Patrón: Medida materializada, aparato de medición o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o varios valores conocidos de una magnitud para transmitirlos por comparación a otros instrumentos de medición.

Patrón primario: Patrón que representa la más alta calidad metrológica dentro de un campo específico.

Trazabilidad: Propiedad de un resultado de medición consistente en poder relacionarlo con los patrones apropiados generalmente internacionales o nacionales, por medio de una cadena interrumpida de comparaciones.

Material de referencia: Material o sustancia de gran estabilidad donde una o más de sus propiedades están comprobadas por un procedimiento técnicamente válido, acompañado de un certificado u otro documento similar, emitido por un organismo de certificación.

Calibración: Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un aparato o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores conocidos correspondientes de una magnitud medida.

NOTA: El resultado de una calibración permite estimar los errores de indicación del aparato de medición, del sistema de medición o la medida materializada, o de asignar valores a los trazos sobre escalas arbitrarias.

Una calibración puede determinar otras propiedades metrológicas.

El resultado de una calibración puede ser consignado en un documento, algunas veces llamado "certificado de calibración" o "reporte de calibración".

El resultado de una calibración es algunas veces expresado en forma de un "factor de calibración" o de una serie de factores en forma de una "curva de calibración".

Normalización.

Normalización en esencia no es una disciplina nueva ya que ésta ha acompañado el desarrollo de la cultura humana desde sus inicios, aparece desde el momento en que el hombre se vio forzado a vivir en sociedad con sus semejantes, fue indispensable para regular sus movimientos, sus acciones, su conducta, sus emociones y todo aquello que pueda permitirle llevar una coexistencia en sociedad, capaz de ser tolerable. Algo que le permitiera intercambiar ideas, conocimientos, mercaderías, técnicas, etc.

La palabra de normalización se deriva de norma, y ésta a su vez del latín "norma", que quiere decir regla a la que se modela voluntariamente una actividad. El diccionario de la Real Academia de la Lengua Española define como normalización "El regular o poner en orden lo que no estaba".

La Organización Internacional de Normalización a través del Comité permanente para el Estudio de los Principios Científicos de la Normalización (STACO), estableció la siguiente definición de normalización:

La normalización es el proceso de formular y aplicar las reglas de acceso ordenado a una actividad específica, con la cooperación de todos los interesados, orientado especialmente para promover el interés general hacia una economía óptima, tomando en cuenta las características funcionales y los requisitos de seguridad".

Y la siguiente definición de norma:

Es el resultado de un esfuerzo particular de normalización aprobado por una autoridad reconocida. Puede tomar la forma de un documento conteniendo una serie de condiciones que deben ser satisfechas o bien la de una unidad fundamental o constante física".

Principios de normalización.

Considerando que el objetivo final de la normalización incurre en beneficio de todos, es importante que todos los sectores interesados participen en este proceso. En consecuencia esta disciplina deberá estar apoyada sobre tres principios básicos que son Homogeneidad, Equilibrio y Cooperación.

Homogeneidad.

Cuando se va a elaborar o adoptar una norma, ésta debe integrarse perfectamente a las normas existentes sobre el objeto normalizado, tomando en cuenta la tendencia evolutiva para no obstruir las futuras normalizaciones.

Es fácil concebir la perfecta homogeneidad entre las normas de una empresa, pero también debe serlo cuando se trate de normas de diferentes empresas, ya que ninguna industria se basta a sí misma. La interdependencia entre empresas obliga a homogeneizar las normas; así como ninguna empresa vive aislada ninguna nación puede vivir aislada ni permanecer fuera de los intercambios internacionales, por tanto, es muy conveniente buscar una mayor homogeneidad en el plano internacional.

Equilibrio.

La normalización debe ser una tarea eminentemente práctica, y sus resultados, las normas, deben ser instrumentos ágiles de aplicación inmediata; también deben poder modificarse en cualquier momento, cuando el avance técnico, las posibilidades económicas o ambos así lo aconsejan.

La normalización debe lograr un estado de equilibrio entre el avance tecnológico y las posibilidades económicas del país o región. Una norma que ofrece el estado más avanzado del progreso técnico no servirá si está fuera del alcance económico de una empresa o país.

Cooperación.

La normalización es un trabajo en un conjunto y las normas se deben establecer con el acuerdo y cooperación de todos los factores involucrados, es decir: interés general, compradores o usuarios y fabricantes.

Normalización integral.

Estrictamente la normalización es un concepto que queda corto ya que no involucra muchas actividades y campos que deben estar relacionados entre sí, por lo anterior desde hace años en México se ha estado manejando el concepto de la Normalización Integral, esto con el objeto de ampliar su alcance a todas las áreas que son básicas para elevar la calidad en la generación de productos y servicios; y subsanar todas las deficiencias que no permiten que se desarrolle una cultura de normalización en el país.

La normalización integral considera cinco áreas básicas de gran importancia para alcanzar un alto nivel de calidad, que son totalmente dependientes entre sí; Normalización, Metrología, Calidad, Verificación y Certificación.

Su filosofía se basa en crear canales de interconexión entre estas cinco áreas para reforzar su integración y garantizar la funcionalidad de un mecanismo normativo que apoye eficientemente a la industria nacional.

Este es un concepto muy importante, ya que, por ejemplo, es imposible pensar en un sistema de verificación si no está soportado por un sistema metrológico, y no podemos pensar en ninguno de los dos si no están soportados por sistemas normativos.

Este concepto adoptado acertadamente por la Dirección General de Normas a mediados de los 80's, no se ha podido aterrizar debido en primera instancia a un deficiente desarrollo de cada una de las áreas independientemente y en segunda instancia un pobre desarrollo integral.

Área de normas.

Si se desea generar un producto o servicio de calidad, todas las actividades que están involucradas deben ser identificadas cuidadosamente, mediante el establecimiento de procedimientos, especificaciones o manuales que describan todas las características que el producto debe cumplir y todos los procesos involucrados, tanto técnicos como administrativos, para su fabricación. Este alcance no se limita solamente a nivel empresa, si no que debe considerarse a nivel nacional e internacional.

Área de metrología.

La generación de un producto normalizado involucra la necesidad de realizar una gran cantidad de mediciones durante su proceso de fabricación y control de calidad, para garantizar el cumplimiento de las características especificadas. Para esto, se requiere el establecimiento de sistemas metrológicos normalizados que aseguren la confiabilidad de todas las mediciones que realicen. Cabe mencionar, que la metrología es considerada como uno de los pilares de la calidad.

Área de calidad.

Para garantizar que a los clientes llegue un producto o servicio que cumpla con todas las características requeridas y especificadas, se han desarrollado una serie de métodos normalizados técnico-administrativos con diferentes enfoques de prevención, control, concientización y anticipación aplicables a los sistemas productivos, que ayudan al fabricante o prestador del servicio a cumplir con todos los requisitos establecidos. Últimamente se han desarrollado sistemas que involucran filosofías de vida y cambios de cultura.

Área de verificación.

La única forma de comprobar que un producto cumple con la calidad establecida, es mediante la realización de pruebas físicas o químicas que permitan comprobar si cumplen o no con las características normalizadas. Para esto, se requiere tener laboratorios equipados con sistemas de pruebas establecidos y normalizados, y con personal calificado que garantice la confiabilidad de las pruebas realizadas. Todo el conjunto de actividades que involucra el establecimiento de estos laboratorios caen en el área de verificación.

Área de certificación.

Para demostrar que un producto o servicio cumple con las características especificadas, en primer lugar debe ser calificado para determinar su cumplimiento y posteriormente se debe documentar el resultado a fe de un tercero. A este segundo proceso se denomina certificación y debe estar presente en todas las etapas que puedan afectar la calidad del producto o servicio tales como: mediciones, procesos, equipos, materiales y personal. Para lo anterior, es necesario crear sistemas u organismos certificadores internos o externos de la empresa que den fe del cumplimiento de especificaciones normalizadas.

Marco nacional.

Desde 1934 fue creada la Sección de Normas en la entonces Secretaría de Economía Nacional, pero en 1943 apareció la Dirección General de Normas (DGN) absorbiendo la labor del Departamento de Pesas y Medidas. Para 1945 se promulgó la Ley de Normas Industriales que facultaba a la DGN para establecer normas de nomenclatura, de calidad y de funcionamiento.

Las normas se establecían a través del trabajo de comités y subcomités en los que participaban representantes industriales y comerciales propuestos por sus respectivas cámaras, funcionarios de la DGN y por técnicos cuyos conocimientos se considerasen necesarios.

Actualmente además de seguir en funciones la DGN, existe el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A. C. que a través de diferentes comités se encarga de crear, revisar, emitir y difundir la actividad de normalización en México.

En México las normas están clasificadas en dos tipos de acuerdo al carácter de aplicación:

Normas cuya aplicación es de carácter obligatorio: Son las que se establecen para materiales, productos o mercancías de consumo en el mercado nacional o destinados a la exportación cuando lo requiere la economía del país, así como las que rigen el Sistema General de Unidades de Medida y las que el estado fija a los productos que afecten la vida, la integridad corporal de las personas, la seguridad y el medio ambiente. Denominadas con las siglas NOM que significa Norma Oficial Mexicana.

Normas cuya aplicación es de carácter voluntario: Son las que de acuerdo con nuestra legislación pueden ser satisfechas por el producto elaborado por uno o varios productores, por mutuo acuerdo, o por compromiso de conveniencia adquiridos por cada uno de ellos. Denominadas con las siglas NMX que significa Norma Mexicana.

Instrumentos de medición.

Actualmente debido a la diversificación de productos y a la globalización de mercados la mayoría de las personas tiene la oportunidad de decidir entre varias opciones para la compra o contratación de un bien o servicio.

Al elegir un instrumento se deben plantear diferentes factores para la elección, ya que actualmente con los avances tecnológicos y el intercambio comercial con países desarrollados tenemos la oportunidad de adquirir lo último en desarrollo tecnológico en la aplicación de sistemas de medición.

En muchas ocasiones lo más adelantado tecnológicamente o lo más caro no es lo más adecuado; tal vez un instrumento electrónico con indicación digital facilite la lectura al instrumentista, pero no es el adecuado para una prueba cuya duración exceda en tiempo su estabilidad metrológica.

Características de los instrumentos.

Clasificaremos las características de los instrumentos en dos, las metrológicas y las funcionales o de diseño. La gran diferencia entre estas dos características es que las metrológicas varían con el tiempo, mientras las funcionales deben de permanecer estables. Por ejemplo:

Características de Diseño o Funcionales:

- Principio de medición
- Intervalo de medición
- Alcance de medición

- Material de construcción
- Mínima división
- Tipo de indicación

Características Metrológicas:

- Exactitud
- Estabilidad
- Linealidad
- Deriva
- Sensibilidad
- Histéresis
- Repetibilidad

Factores a considerar para la elección de un instrumento.

Principio de medición del instrumento.

Un instrumento puede cuantificar la magnitud de un fenómeno de acuerdo a un principio de medición basado en dos métodos:

Método directo: en el cual el valor de la magnitud a medir es obtenido directamente, en forma preferente a la medición de otras magnitudes relacionadas con la magnitud a medir. Por ejemplo: la medición de la longitud en una pieza por medio de un flexómetro.

Método indirecto: en el cual el valor de la magnitud a medir es obtenido a partir de la medición de otras magnitudes relacionadas funcionalmente con la magnitud a medir. Por ejemplo: la medición de temperatura por medio de un termómetro de Hg en vidrio.

Declaración de la exactitud.

De acuerdo al fabricante, tipo de indicación y principio de medición de cada instrumento, es declarada su exactitud de alguna de las siguientes formas:

Como porcentaje del alcance total de medición. Por ejemplo en un manómetro o un termómetro bimetálico.

Como porcentaje de la lectura. Por ejemplo en un multímetro o una celda de carga.

Con una clase de exactitud dada. Por ejemplo en una masa o en un bloque patrón.

Por escalones de acuerdo a cierta porción del intervalo de medición. Por ejemplo en una balanza.

Con relación a la mínima división. Por ejemplo en un termómetro de Hg en vidrio.

Sensibilidad.

En la mayoría de los instrumentos de funcionamiento mecánico la sensibilidad es de $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ y hasta $\frac{1}{10}$ del valor de su mínima división, lo contrario a los instrumentos con indicación digital, la cual es de 2, 3, 5 y hasta 10 veces el valor de su mínima división (último dígito desplegado en la pantalla).

Se tiene la creencia (errónea) que la exactitud de un instrumento digital está relacionada con el valor de indicación de su último dígito.

Resolución.

Los instrumentos pueden tener la posibilidad de desplegar y/o indicar la magnitud a cuantificar por medio de una escala analógica o digital. En una escala con indicación analógica se puede tener un diferente valor de resolución de acuerdo al criterio de cada persona que realice la toma de lectura, por lo que es recomendable establecer un mismo criterio para los usuarios de ese instrumento. En un instrumento con indicación digital queda eliminado este problema ya que la resolución es igual al valor del último dígito desplegado.

Estabilidad.

Los instrumentos de funcionamiento electrónico que cuentan con circuitos y microchips aún cuando no se usen y sean guardados en condiciones óptimas tienden a disminuir sus cualidades metrológicas con el tiempo, debido a que los circuitos sufren envejecimiento que afecta su estabilidad y les crea deriva. En un instrumento mecánico al no utilizarse, no sufre desgaste, fricción o deterioro en sus cualidades metrológicas.

Congruencia.

De la información técnica que suministra el distribuidor o representante hay que verificar que las características de diseño sean congruentes con las características metrológicas, ya que muchas veces la exactitud declarada en un instrumento debido a su diseño no se puede cumplir.

Instructivo.

Por norma en México todos los instrumento, equipos, aparatos, etc., deben de proporcionarlos con el manual o instructivo en idioma español. Muchas veces en lugar de instructivos o manuales el proveedor sólo suministra una hoja de datos técnicos.

Calibración.

Para asegurarse que el equipo o instrumento cumple con las características metrológicas que ofrece el fabricante, éste debe venir con un reporte de calibración. Cabe mencionar que el requisitar un equipo calibrado sube el importe original hasta por un 100%, pero desafortunadamente es la única forma de confirmar que cumple con las características metrológicas. Existen instrumentos que no pueden venir calibrados de

origen ya que con el transporte pierden el ajuste y la calibración no tendría validez, por ejemplo una balanza analítica.

Es importante verificar en el reporte de calibración la exactitud, o mejor aún la incertidumbre de medición del patrón que se utilizó, así como su última calibración. La calibración debe realizarse en fecha muy próxima a la de compra, ya que muchos instrumentos son calibrados al salir de la línea de producción y después son mantenidos en almacén durante un periodo largo de tiempo.

Los datos mínimos con que debe contar un reporte, informe o certificado de calibración deberán ser:

Datos del instrumento

- Nombre de usuario
- Tipo de instrumento
- Marca
- Modelo
- Número de serie
- Alcance de medición
- Exactitud

Datos del patrón utilizado

- Tipo de instrumento
- Marca, modelo y serie
- Exactitud o incertidumbre de medición
- Alcance de medición
- Fecha de última calibración
- Institución que calibró
- Trazabilidad

Resultados obtenidos

- Lecturas patrón
- Lecturas instrumento
- Errores determinados
- Condiciones ambientales de la calibración
- Incertidumbre del método

Generales

- Fecha de calibración
 - Técnico o persona que la realizó
 - Clave o número procedimiento utilizado
 - Cumplimiento con alguna norma
 - Número de informe o reporte
-

La mayoría de las entidades que se dedican a calibrar instrumentos no verifican ni califican el comportamiento metrológico de éstos, es decir, sólo determinan algunos parámetros como exactitud, repetibilidad, histéresis, etc., pero no confirman el cumplimiento con la especificación o norma de fabricación.

Periodo de recalibración.

Cuando no se cuenta con ningún tipo de información ni experiencia en el uso de un equipo o instrumento de medición, en la elección del periodo de recalibración se tomará como guía la recomendación del fabricante, de no contar con ella existen varias guías, incluso algunas entidades federales cuentan con un documento normalizado que recomienda periodos de calibración de diferentes equipos e instrumentos.

Algunos factores que intervienen para que un instrumento conserve durante un cierto periodo de tiempo sus cualidades metrológicas son los siguientes:

Uso y almacenamiento bajo condiciones ambientales dentro de especificación como: humedad, temperatura, vibración, etc.

Capacitación adecuada del personal para su uso.
Uso normal o moderado.

Cuando se cuenta con número mínimo de 5 registros de calibración, éstos pueden servir para sustentar una posible ampliación o reducción de los periodos de recalibración. Existen 5 métodos para el ajuste y revisión de los intervalos de calibración:

Método 1: Ajuste automático o de escalera (tiempo calendario). El instrumento se calibra cada cierto tiempo sobre una base de rutina, el siguiente intervalo es extendido si como resultado de la calibración se encuentra dentro de tolerancia y reducido si se encontró fuera.

Método 2: Carta de control (tiempo calendario). Se seleccionan los mismos puntos de calibración y los resultados son graficados contra el tiempo. De estos datos se calcula la dispersión y la desviación con respecto a los intervalos de calibración. Este método es difícil de aplicar, de hecho muy difícil en el caso de instrumentos complicados y puede virtualmente utilizarse sólo en el procesado automático de datos.

Método 3: Por similitud (tiempo calendario). Este método consiste en agrupar los elementos del equipo de medición en grupos, sobre la base de su similitud de construcción, confiabilidad, estabilidad o exactitud. Periódicamente se revisa en cada grupo la cantidad de elementos que se encuentra fuera de los límites de especificación o tolerancia, y se reporta en proporción a la cantidad total del grupo.

Si resulta una cantidad excesivamente alta fuera de tolerancia, se reduce el intervalo de calibración, por el contrario, si la cantidad es un porcentaje muy pequeño, es económicamente justificable el ampliar el intervalo de calibración del grupo.

Método 4: Tiempo de uso. Este es una variante de los métodos anteriores. El método básico permanece igual, pero el intervalo de recalibración es expresado en horas de uso, más que en meses calendario. Una ventaja de este método es que reduce el número de calibraciones. La desventaja es que para llevar a cabo este método se debe instalar al instrumento un contador o indicador de lapsos, cabe aclarar que no es posible su realización en todos los equipos o instrumentos además que no debe usarse en equipos o instrumentos que se sabe se desvían con el tiempo o deterioran por almacenamiento y manipulación.

Método 5: Verificación en servicio o caja negra. Este método se aplica a instrumentos de cajas o tableros de control y aquellos que deben permanecer registrando durante las 24 horas y consiste en medir una de las variables críticas en un cierto lapso de tiempo (una vez al día, a la semana o de acuerdo al lapso establecido) por medio de un calibrador portátil llamado "caja negra" conectado en serie con el instrumento. Si al realizar la medición se encuentra que el instrumento se encuentra fuera de tolerancia se mandará para su calibración.

Diseño de un sistema de medición.

La cuantificación de una o más magnitudes no sólo involucra el instrumento designado para realizar la medición, existen muchos otros factores y variables que hay que considerar para asegurar que los datos obtenidos de esa medida son confiables, haciendo una buena medición.

Ventajas de una buena medición:

- Aumenta la confianza de los clientes.
- Asegura la calidad del producto, disminuyendo los costos de no-calidad.
- Apoya objetivamente las decisiones de mejora.
- Aumenta la eficiencia en el uso de los recursos.
- Facilita la comparación en caso de controversia.
- Ayuda a mantener el negocio.

Los fundamentos para crear un sistema de medición consisten en:

- Conocer qué se desea medir, el mesurando.
- Conocer la duda que se puede aceptar del conocimiento del mesurando, con qué incertidumbre.
- Conocer las consecuencias que se pueden tener si varía el valor del mesurando.

Para fines prácticos de esta tesis, un sistema de medición estará formado de cuatro partes, que son:

- Instrumentos, equipos y sistemas periféricos auxiliares para la medición.
- Métodos, procedimientos y/o instructivos de medición.
- Condiciones ambientales.
- Personal técnico encargado de la medición.

Instrumentos, equipos y sistemas auxiliares.

Para poder determinar cual o cuales son los instrumentos y equipos adecuados para realizar la medición hay que tener bien identificada la magnitud que se va a medir (mesurando), así como las otras magnitudes de influencia, que no son la principal pero que afectan el resultado de la medición.

Condiciones ambientales.

Casi todos los instrumentos están diseñados para que su funcionamiento sea óptimo dentro de un intervalo de ciertas condiciones ambientales; tales como humedad, temperatura, presión atmosférica, vibraciones mecánicas y ruido electromagnético.

Es importante tener presente que la variación de las condiciones ambientales afecta tanto a los instrumentos de medición, así como a las magnitudes a determinar y al personal técnico encargado de la medición.

En la mayoría de los casos no se puede controlar la variación o estabilidad de las condiciones ambientales, por lo que se recomienda medirlas con equipos e instrumentos calibrados y con la exactitud y sensibilidad suficientes para detectar las variaciones y no incrementar el nivel de incertidumbre de la medición.

Deben ser seleccionadas muy bien las condiciones ambientales que afectan para determinar el impacto que tienen en el sistema de medición, ya que muchas veces son medidas todas las condiciones ambientales que prevalecen y algunas no afectan y otras no son muy significativas.

Personal.

Una buena elección de los elementos sensores del sistema, la identificación y medición de las magnitudes de influencia y el mejor procedimiento de medición no tienen ninguna efectividad si el personal encargado de realizar las mediciones no es lo suficiente calificado para llevarla a cabo.

No solo debe tomarse en cuenta la capacidad técnica (grado de formación académica) de las personas, la actitud (gusto y disponibilidad para realizar su trabajo) y la aptitud (condiciones físicas adecuadas, vista, oído, pulso, etc.) tienen mucho peso en el proceso de capacitación y calificación del personal.

También debe considerarse la variabilidad que existe entre la realización de una actividad de una persona a otra, este factor es muy importante y debe evaluarse para cada sistema de medición implementado.

Teoría de errores y conceptos estadísticos.

El conocimiento de la verdad absoluta, y más aún en cuestiones metroológicas, por el momento es imposible. La determinación y cuantificación de una magnitud no puede ser 100% exacta, pero siempre se trata de realizar con el menor grado de incertidumbre o duda. Los avances tecnológicos y el progreso de las ciencias hace que cada día se puedan mejorar los niveles de incertidumbre con los que realizamos las mediciones y la incidencia de errores sea cada vez menor o tal vez mejor determinada.

Errores.

Daremos en breve repaso algunas definiciones para aclarar algunos conceptos en la presentación y determinación de errores.

Valor verdadero: Valor que caracteriza a una magnitud perfectamente definida, en las condiciones que existen cuando esta magnitud es considerada.

Valor convencionalmente verdadero: Valor de una magnitud, que puede ser sustituido del valor verdadero para un fin determinado.

Medición: Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar el valor de una magnitud.

Error de medición: Resultado de un mesurando menos el valor verdadero del mesurando.

Error relativo: Error de medición dividido por el error verdadero del mesurando.

Error aleatorio: Resultado de una medición menos la medida que resultaría de un número infinito de mediciones del mismo mesurando realizadas bajo condiciones de repetibilidad.

Son las perturbaciones que no afectan siempre de la misma manera en las mediciones.

Son la suma de un gran número de pequeñas desviaciones, las cuales tienen la misma probabilidad de ser positivas o negativas y originan que se le asignen diferentes valores a una misma medición al ser repetida.

Error sistemático: Media que resultaría de un número infinito de mediciones del mismo mesurando realizadas bajo condiciones de repetibilidad menos un valor verdadero del mesurando.

Son las perturbaciones que afectan con la misma magnitud y el mismo signo a todas las mediciones que se efectúen bajo las mismas circunstancias.

Corrección: Valor agregado algebraicamente al resultado de una medición para compensar un error sistemático.

Factor de corrección: Factor numérico por el cual se multiplica el resultado no corregido de la medición para compensar un error sistemático.

Conceptos estadísticos.

La estadística está ligada con los métodos científicos en la toma, organización, recopilación, presentación y análisis de datos. Tanto para la deducción de conclusiones como para la toma de decisiones razonables de acuerdo con los análisis realizados.

Método estadístico descriptivo: Son aquellos que se utilizan para resumir o describir datos que representan el estado de una población.

Método estadístico inductivo: Son utilizados para estimar o predecir el comportamiento de una población a partir de la información que se tiene de un pequeño grupo de elementos que pertenecen a la población.

Población: Es el conjunto total de elementos bajo estudio por el cual existe un interés y es elegida por el investigador.

Muestra: Es una parte de la población por la cual existe interés, por lo tanto la muestra debe ser representativa, ya que de esta forma se podrá sacar conclusiones acertadas del comportamiento del grupo mayor, del cual la muestra fue extraída.

Medidas de tendencia central:

Media aritmética: Describe la tendencia central de un grupo de datos; y se obtiene sumando todos los datos y dividiéndolos entre el número total de ellos, se puede calcular para una población y para una muestra:

Población

Muestra

$$M = \frac{\sum X}{N}$$

$$X = \frac{\sum X}{n}$$

En donde:

M= Media aritmética de la población

$\sum X$ = Suma total de datos de la población

N= Número total de datos de la población

X= Media aritmética de la muestra

$\sum X$ = Suma total de datos de la muestra

n= Número total de datos de la muestra

Mediana (Med): Divide un conjunto ordenado de datos en dos partes iguales, esto implica que: la mediana es mayor que la mitad de los datos y menor que la otra mitad.

Para calcular la mediana, ordénese los datos de menor a mayor, si el número de datos es impar, la mediana es el dato central. Si el número de datos es par, la mediana es el promedio de los dos datos centrales.

Moda (Mo): Es el dato o puntuación que ocurre con mayor frecuencia, en ocasiones en un conjunto de datos puede existir más de una moda.

Media geométrica (G): Es la raíz enésima del producto de los números.

$$G = \sqrt[n]{X_1 X_2 X_3 \dots X_n}$$

Medidas de dispersión.

Recorrido o rango (R): Es la diferencia entre el dato mayor (Dma) y el dato menor (Dme).

$$R = Dma - Dme$$

Desviación media (DM): Es el valor absoluto de la diferencia de los datos individuales y la media aritmética de los mismos.

$$DM = \frac{\sum X - \bar{X}}{n}$$

Desviación estándar (S): Es una forma refinada de la desviación media, mide la dispersión de los datos respecto de su media. Su cálculo es semejante al de la desviación media excepto que hace caso a los signos positivos y negativos de sus desviaciones.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}}$$

I.1.4 VALORES ESTÁNDAR.

El sistema métrico, fruto de la revolución francesa, fue el primer sistema racional de unidades, internacionalizado en la "Convención del metro" el 20 de mayo de 1875.

En esta convención se instituyeron las siguientes entidades:

CGPM: Conferencia General de Pesas y Medidas. Autoridad internacional máxima en metrología, de carácter sancionador.

CIPM: Comité Internacional de Pesas y Medidas. Organismo técnico, de carácter coordinador y supervisor.

BIMP: Oficina Internacional de Pesas y Medidas. Laboratorio científico, depositario de los patrones internacionales.

México es miembro de la Convención del metro desde 1890, por lo cual se le asignó en 1892 la copia No. 21 del prototipo del kilogramo y la copia No. 25 del prototipo del metro.

En 1960 durante la 11ª Conferencia General de Pesas y Medidas en su resolución 12, se adoptó el llamado Sistema Internacional de Unidades "SI". Versión moderna del sistema métrico y fundado originalmente sobre seis unidades (metro, kilogramo, segundo, Ampere, Kelvin y candela). Una séptima unidad base, el mol, fue agregada en la 14ª CGPM en 1971.

México, como miembro CGPM, aceptó en 1960 la adopción del SI. La Ley Federal sobre Normalización y Metrología (LFMN) publicada en el diario oficial de la federación el día 1 de julio de 1992 y el decreto publicado el día 20 de mayo de 1997, también en el diario oficial de la federación el cual contiene reformas, adiciones y derogaciones de diversas disposiciones de esta ley en su artículo 5º establece que "En los Estados Unidos de México el Sistema General de Unidades de Medida (SGUM) es el único legal y de uso obligatorio".

En la norma oficial mexicana NOM-008-SCFI-1993 (de carácter obligatorio), se describe cual es el SGUM, que corresponde idénticamente al SI, establecido por la CGPM y por las normas ISO serie 31 e ISO 1000.

El uso normalizado del SI permitirá en un futuro próximo manejar en todo el mundo un lenguaje universal de unidades lo que propiciará un intercambio comercial y tecnológico más justo y eficiente.

A continuación se presenta el nombre, símbolo y definición de las unidades base, suplementarias y algunas de las unidades derivadas con nombre y símbolo especial.

Nombres, Símbolos y definiciones de las unidades SI base

Magnitud	Unidad	Símbolo	Definición
longitud	metro	m	Es la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de 1/299 792 458 de segundo
Masa	kilogramo	kg	Es la masa igual a la del prototipo internacional del kilogramo
Tiempo	segundo	s	Es la duración de 9 192 631 770 periodos de la radiación correspondientes a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133
Corriente Eléctrica	Ampere	A	Es la intensidad de una corriente constante que mantenida en dos conductores paralelos rectilíneos de longitud infinita, cuya área de sección circular es despreciable, colocados un metro de distancia entre sí, en el vacío, producirá entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud
Temperatura termodinámica	Kelvin	K	Es la fracción 1/273, 16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua
Cantidad de sustancia	Mol	mol	Es la cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como existen átomos en 0,012 kg de carbono 12
Intensidad luminosa	candela	cd	Es la intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia con 540×10^{12} hertz y cuya intensidad energética en esa dirección es 1/ 683 watt por esterradián

Ejemplo de unidades SI derivadas sin nombre especial

Magnitud	Unidades SI	
	Nombre	Símbolo
superficie	metro cuadrado	m ²
volumen	metro cúbico	m ³
velocidad	metro por segundo	m/s
aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s ²
número de ondas	metro a la menos uno	m ⁻¹
masa volúmica, densidad	kilogramo por metro cúbico	Kg/m ³
volumen específico	metro cúbico por kilogramo	m ³ /kg
densidad de corriente	ampere por metro cuadrado	A/m ²
intensidad de campo eléctrico	ampere por metro	A/m
concentración (de cantidad de sustancia)	mol por metro cúbico	mol/m ³
luminancia	candela por metro cuadrado	cd/m ²

Unidades SI derivadas que tienen nombre y símbolo especial

Magnitud	Nombre de la unidad SI derivada	Símbolo	Expresión en unidades SI de base	Expresión en otras unidades SI
Frecuencia	hertz	Hz	s ⁻¹	
fuerza	newton	N	Kg.m.s ⁻²	
Presión, tensión, mecánica	pascal	Pa	m ⁻² .kg.s ⁻²	N/m ²
Trabajo, energía cantidad de calor	joule	J	m ² .kg.s ⁻²	N.m
Potencia, flujo energética	watt	W	m ² .kg.s ⁻³	J/s
Carga eléctrica, cantidad de electricidad	coulomb	C	s.A	
Diferencia de potencial, tensión eléctrica, potencial eléctrico, fuerza electromotriz	volt	V	Kg.m.s ⁻²	W/A
Capacidad eléctrica	farad	F		C/V
Resistencia eléctrica	ohm	Ω		V/A
Conductancia eléctrica	siemens	S		A/V
Flujo magnético	weber	Wb		V.s
Inducción magnética	tesla	T		Wb/m ²
Inductancia	henry	H		Wb/A
Flujo luminoso	lumen	lm		
Luminosidad	lux	lx		lm/m ²
Actividad nuclear	bequerel	Bq		
Dosis absorbida	gray	Gy		J/Kg
Temperatura Celsius	grado celsius	°C		K
Equivalente de dosis	sievert	Sv		J/Kg

Nombres de las magnitudes, símbolos y definiciones de las unidades SI suplementarias

Magnitud	Unidad	Símbolo	Definición
Angulo plano	Radián	rad	Es el ángulo plano comprendido entre dos radios de un círculo y que interceptan sobre la circunferencia de este círculo, un arco de longitud igual a la del radio (ISO-31/1).
Ángulo sólido	Esterradián	sr	Es el ángulo sólido que tiene su vértice en el centro de una esfera, y que intercepta sobre la superficie de esta esfera un área igual a la de un cuadrado que tiene por lado el radio de la esfera (ISO-31/1).

Ejemplos de unidades SI derivadas expresadas por medio de nombres especiales

Magnitud	Unidad de SI		Expresión en unidades SI de base
	Nombre	Símbolo	
Viscosidad cinemática	pascal por segundo	Pa . s	$m^{-1} . kg . s^{-1}$
Momento de una fuerza	newton metro	N . m	$m^2 . kg . s^{-2}$
Tensión superficial	newton por metro	N / m	$kg . s^{-2}$
Densidad de flujo de calor, irradiancia	watt por metro cuadrado	W / m ²	$kg . s^{-3}$
Capacidad calorífica, entropía	joule por Kelvin	J/ K	$m^2 . kg . s^{-2} . K^{-1}$
Capacidad calorífica, entropía específica	joule por kilogramo kelvin	J / (kg . K)	$m^2 . s^{-2} . K^{-1}$
Energía específica	joule por kilogramo	J / kg	$m^2 . s^{-2}$
Conductividad térmica	watt por metro kelvin	W/ (m . K)	$m . kg . s^{-3} . K^{-1}$
Densidad energética	joule por metro cúbico	J / m ³	$m^{-1} . kg . s^{-2}$
Fuerza del campo eléctrico	volt por metro	V / m	$m . kg . s^{-3} . A^{-1}$
Densidad de carga eléctrica	coulomb por metro cúbico	C / m ³	$m^{-3} . s . A$
Densidad de flujo eléctrico	coulomb por metro cuadrado	C / m ²	$m^{-2} . s . A$
Permitividad	farad por metro	F / m	$m^{-3} . kg^{-1} . s^4 . A^2$
Permeabilidad	henry por metro	H / m	$m . kg . s^{-2} . A^{-2}$
Energía molar	juole por mol	J / mol	$m^2 . kg . s^{-2} . mol^{-1}$
Entropía molar, capacidad calorífica molar	joule por mol Kelvin	J / (mol . k)	$m^2 . kg . s^{-2} . K^{-1} . mol^{-1}$
Exposición (rayos x y γ)	coulomb por kilogramo	C / kg	$Kg^{-1} . s . A$
Rapidez de dosis absorbida	gray por segundo	Gy / s	$m^2 . s^{-3}$

Principales magnitudes y unidades de espacio y tiempo

Magnitud	Símbolo de la magnitud	Definición de la magnitud	Unidad SI	Símbolo de la unidad SI
ángulo plano	$\alpha, \beta, \gamma, \nu, \varphi, \text{etc.}$	El ángulo plano comprendido entre dos semirrectas que parten del mismo punto, se define como la relación de la longitud del arco intersectado por estas rectas sobre el círculo (con centro en aquel punto) a la del radio del círculo	radián	rad
ángulo sólido	Ω	El ángulo sólido de un cono se define como la relación del área cortada sobre una superficie esférica (con su centro en el vértice del cono) al cuadrado de la longitud del radio de la esfera	esterradian	sr
Longitud ancho altura espesor radio diámetro longitud de trayectoria	$l, (L)$ b h d r d, D s		metro	m
area o superficie	$A, (S)$		metro cuadrado	m^2
Volumen	V		metro cúbico	m^3
tiempo, intervalo de tiempo, duración	t		segundo	s
velocidad angular	ω	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$	radian por segundo	rad / s
aceleración angular	α	$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$	radian por segundo al cuadrado	rad / s ²
Velocidad	u, v, w, c	$v = \frac{ds}{dt}$	metro por segundo	m / s
aceleración	a	$a = \frac{dv}{dt}$	metro por segundo al cuadrado	m / s ²
aceleración de la caída libre, aceleración debida a la gravedad	g	Nota: la aceleración normal de la caída libre es: $g_n = 9,80665 \text{ m / s}^2$ (C.G.P.M. 1901)		

Magnitudes y unidades de mecánica

Magnitud	Símbolo de la magnitud	Definición de la magnitud	Unidad SI	Símbolo de la unidad SI
Masa	m		kilogramo (véase Tabla 1)	kg
densidad (masa volúmica)	ρ	Masa dividida por el volumen	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³
densidad relativa	d	Relación de la densidad de una sustancia con respecto a la densidad de una sustancia de referencia bajo condiciones que deben ser especificadas para ambas sustancias		
volumen específico	v	Volumen dividido por la masa	metro cúbico por kilogramo	m ³ /kg
densidad lineal	ρ_l	Masa dividida por la longitud	kilogramo por metro	kg/m
densidad superficial	$\rho_A, (\rho_s)$	Masa dividida por el área	kilogramo por metro cuadrado	kg/m ²
cantidad de movimiento, momentum	p	Producto de la masa y la velocidad	kilogramo metro por segundo	kg.m/s
momento de momentum, momentum angular	L	El momento de momentum de una partícula con respecto a un punto es igual al producto vectorial del radio vector dirigido del punto hacia la partícula, y el momentum de la partícula	kilogramo metro cuadrado por segundo	kg.m ² /s
momento de inercia (momento dinámico de inercia)	I, J	El momento (dinámico) de inercia de un cuerpo con respecto a un eje, se define como la suma (la integral) de los productos de sus masas elementales, por los cuadrados de las distancias de dichas masas al eje	kilogramo metro cuadrado	kg.m ²
Fuerza	F	La fuerza resultante aplicada sobre un cuerpo es igual a la razón de cambio del momentum del cuerpo	newton	N
Peso	G, (P,W)	El peso de un cuerpo en un determinado sistema de referencias se define como la fuerza que, aplicada al cuerpo, le proporciona una aceleración igual a la aceleración local de caída libre en ese sistema de referencia		
constante gravitacional	G, (f)	La fuerza gravitacional entre dos partículas es: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ donde r es la distancia entre las partículas, m ₁ y m ₂ son sus masas y la constante gravitacional es: G= (6,672 0 ± 0,0041)x10 ⁻¹¹ N.m ² /kg	newton metro cuadrado por kilogramo cuadrado	N.m ² /kg

Magnitudes y unidades de mecánica (continuación)

Magnitud	Símbolo de la magnitud	Definición de la magnitud	Unidad SI	Símbolo de la unidad SI
momento de una fuerza	M	El momento de una fuerza referido a un punto es igual al producto vectorial del radio vector, dirigido desde dicho punto a cualquier otro punto situado sobre la línea de acción de la fuerza, por la fuerza	newton metro	N.m
momento torsional, momento de un par	T			
Presión	p	La fuerza dividida por el área	pascal	Pa
esfuerzo normal	σ			
esfuerzo al corte	τ			
módulo de elasticidad	E	$E = \sigma/\epsilon$	pascal	Pa
módulo de rigidez, módulo de corte	G	$G = \tau/\gamma$		
módulo de compresión	K	$K = -p/v$		
Compresibilidad	κ	$\kappa = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp}$	pascal recíproco	Pa ⁻¹
momento segundo de área	$I_a, (I)$	El momento segundo axial de área de un área plana, referido a un eje en el mismo plano, es la suma (integral) de los productos de sus elementos de área y los cuadrados de sus distancias medidas desde el eje	metro a la cuarta potencia	m ⁴
momento segundo polar de área	I_p	El momento segundo polar de área de un área plana con respecto a un punto localizado en el mismo plano, se define como la integral de los productos de sus elementos de área y los cuadrados de las distancias del punto a dichos elementos de área		
módulo de sección	Z, W	El módulo de sección de un área plana o sección con respecto a un eje situado en el mismo plano, se define como el momento segundo axial de área dividido por la distancia desde el eje hasta el punto más lejano de la superficie plana	metro cúbico	m ³
viscosidad dinámica	$\eta, (\mu)$	$\tau_{xz} = \eta dv_x / dz$ donde τ_{xz} es el esfuerzo cortante de un fluido en movimiento con un gradiente de velocidad dv_x/dz perpendicular al plano de corte	pascal segundo	Pa.s
viscosidad cinemática	ν	$\nu = \eta/\rho$ donde ρ es la densidad	Metro cuadrado por segundo	m ² /s

Magnitudes y unidades de mecánica (continuación)

Magnitud	Símbolo de la magnitud	Definición de la magnitud	Unidad SI	Símbolo de la unidad SI
tensión superficial	γ, σ	Se define como la fuerza perpendicular a un elemento de línea en una superficie, dividida por la longitud de dicho elemento de línea	newton por metro	N/m
Trabajo	W, (A)	Fuerza multiplicada por el desplazamiento en la dirección de la fuerza	joule	J
Energía	E, (W)			
energía potencial	E_p, V, Φ			
energía cinética	E_k, K, T			
Potencia	P	Razón de transferencia de energía	watt	W
gasto masa, flujo masa	qm	Cociente de la masa que atraviesa una superficie por el tiempo	kilogramo por segundo	kg/s
gasto volumen, flujo volumen	qv	Razón a la cual el volumen cruza una superficie	metro cúbico por segundo	m ³ /s

I.2 ISO-14000.

Partamos de la base que tanto el comercio como la industria, en todo el mundo, tienden a adoptar normas de producción y comercialización uniformes para todos los países del mundo o gran parte de ellos, es decir, tienden a la llamada "normalización". Esta "normalización" no solo se traduce en las leyes de los países que regulan la producción de bienes o servicios sino que va más allá, ya que tiende a asegurar la economía, ahorrar gastos, evitar el desempleo y garantizar el funcionamiento rentable de las empresas.

¿Qué es la ISO-14000?

La ISO-14000 es una serie de normas internacionales para la gestión ambiental. Es la primera serie de normas que permite a las organizaciones de todo el mundo realizar esfuerzos ambientales y medir la actuación de acuerdo con unos criterios aceptados internacionalmente. La ISO-14001 es la primera de la serie 14000 y especifica los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión ambiental. La ISO-14001 es una norma voluntaria y fue desarrollada por la International Organization for Standardization (ISO) en Ginebra.

La ISO-14001 esta dirigida a ser aplicada a " organizaciones de todo tipo y dimensiones y albergar diversas condiciones geográficas, culturales y sociales ". El objeto general tanto de la ISO-14001 como de las demás normas de la serie 14000 es apoyar la protección ambiental y la prevención de la contaminación en armonía con las necesidades socioeconómicas. La ISO-14001 se aplica a cualquier organización que desee mejorar y demostrar a otros su actuación ambiental mediante un sistema de gestión ambiental certificado.

La ISO-14001 no prescribe requisitos de actuación ambiental, salvo el requisito de compromiso de mejora continua y la obligación de cumplir la legislación y regulación relevantes. La norma no declara la cantidad máxima permisible de emisión de óxido nítrico de gases de combustión, ni el nivel máximo de contenido bacteriológico en el efluente de aguas residuales. La ISO-14001 especifica los requisitos del propio sistema en gestión, si, se mantienen adecuadamente, mejoraran la actuación ambiental reduciendo los impactos, tales como emisiones de óxido nítrico y efluentes bacteriológicos.

¿Por qué se debe cumplir con las normas ISO-14000?

Porque en la economía global actual las iniciativas de los gobiernos de los países industrializados están creando presiones de mercado tanto para las grandes compañías como para las pequeñas para que adopten las normas ISO-14000, o dejarlas fuera de los mercados principales. Las normas ISO organizan un sistema que puede ser usado por empresas de todos los tamaños y tipos, en todo el mundo. Estos estándares pueden ser aplicables a todos los sectores de la empresa por lo que pueden ser implementados en toda la organización o solo en partes específicas de la misma (producción, ventas, administración, depósitos, transporte, desarrollo, etc.). No hay una actividad industrial o de servicios específico para aplicar estas normas.

¿Que cambios debiera hacer mi empresa para adecuarse a las normas ISO-14000?

Básicamente la adopción de estas normas obliga a las compañías a afectar al tema ambiental una estructura específica para poder conseguir las mejoras ambientales que se exigirán y para bajar los costos ambientales a través de estrategias como por ejemplo la prevención de la contaminación. Cabe señalar que dicha estructura debe montarse sobre la estructura productiva y no aparte de ella.

¿Cuál es el objetivo final que se vislumbra detrás de las ISO-14000?

En breve, las normas ISO-14000 configurarían un sistema que esencialmente privatizaría las regulaciones ambientales, ya que las exigencias ambientales del comercio internacional serán una prioridad aun mayor que el cumplimiento de las regulaciones legales locales. Como consecuencia de ello, se potenciará el auto control de los establecimientos industriales en el cuidado del medio ambiente y se valorizará la figura de la Auditoría Ambiental ya sea interna como externa. En otras palabras, puede considerarse a las normas ISO-14000 como un sustituto de los tradicionales programas de regulación ambiental. Por ahora, los estándares no reemplazan los objetivos de política ambiental previstos en las regulaciones federales y provinciales.

I.2.1 IMPACTO AMBIENTAL.

Impacto ambiental, término que define el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente. Los efectos pueden ser positivos o negativos y se

pueden clasificar en: efectos sociales, efectos económicos, efectos tecnológico-culturales y efectos ecológicos.

Dentro de los impactos sociales se suele poner como ejemplo el efecto del ruido generado por el tráfico en una autovía. El ruido causa un impacto negativo sobre la calidad de vida o sobre el confort de las personas que habitan junto a la infraestructura en cuestión. Por el contrario, el recrecimiento de una presa existente puede tener un efecto positivo, asegurando el abastecimiento de agua durante las épocas de sequía prolongada.

Los efectos culturales suelen caracterizarse por su impacto negativo ya que, en ocasiones, las actividades humanas pueden llegar a alterar o destruir yacimientos u otros bienes culturales. Por el contrario, un efecto positivo sería el hallazgo de restos arqueológicos o paleontológicos durante las excavaciones y los movimientos de tierra que se realizan en determinadas obras.

El impacto ecológico generalmente es de carácter negativo, ya que puede suponer el desplazamiento de poblaciones o la destrucción de hábitat o de especies. En algunas ocasiones, sin embargo, se generan efectos positivos; por ejemplo en las explotaciones de áridos en graveras se pueden crear nuevos hábitat cuando, al abandonarse o agotarse la explotación, la cubeta queda inundada convirtiéndose en una zona húmeda.

El término impacto ambiental se utiliza en dos campos diferenciados, aunque relacionados entre sí: el ámbito científico-técnico y el jurídico-administrativo. El primero ha dado lugar al desarrollo de metodologías para la identificación y la valoración de los impactos ambientales, incluidas en el proceso que se conoce como Evaluación de Impacto Ambiental (EIA); el segundo ha producido toda una serie de normas y leyes que garantizan que un determinado proyecto pueda ser modificado o rechazado debido a sus consecuencias ambientales. Este rechazo o modificación se produce a lo largo del procedimiento administrativo de la evaluación de impacto. Gracias a las evaluaciones de impacto, se pueden estudiar y predecir dichas consecuencias ambientales, esto es, los impactos que ocasiona una determinada acción.

Evaluación de Impacto Ambiental.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), proceso formal empleado para predecir las consecuencias ambientales de una propuesta o decisión legislativa, la implantación de políticas y programas o la puesta en marcha de proyectos de desarrollo.

La Evaluación de Impacto Ambiental se introdujo por primera vez en Estados Unidos en 1969 como requisito de la National Environmental Policy Act (ley nacional de políticas sobre el medio ambiente, comúnmente conocida como NEPA). Desde entonces, un creciente número de países (incluida la Unión Europea) han adoptado la EIA, aprobando leyes y creando organismos para garantizar su implantación.

La Evaluación de Impacto Ambiental se ha aplicado sobre todo a proyectos individuales y ha dado lugar a la aparición de diversas técnicas nuevas, como los estudios de

impacto sanitario y los de impacto social. Los avances más recientes incluyen el estudio de los efectos acumulativos y el estudio estratégico del medio ambiente, conocido como Evaluación Estratégica Ambiental (EEA), que se ocupa de los estudios medioambientales a nivel de políticas, programas y planes. El término Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) se usa a veces a modo de paraguas que abarca todos estos enfoques diferentes, pero se emplea también como nombre alternativo de la EIA. En ciertos casos, se evalúan los impactos social y económico como parte del proceso.

Una Evaluación de Impacto Ambiental suele comprender una serie de pasos: 1) Un examen previo, para decidir si un proyecto requiere un estudio de impacto y hasta qué nivel de detalle; 2) Un estudio preliminar, que sirve para identificar los impactos clave y su magnitud, significado e importancia; 3) Una determinación de su alcance, para garantizar que la EIA se centre en cuestiones clave y determinar dónde es necesaria una información más detallada; 4) El estudio en sí, consistente en meticulosas investigaciones para predecir y/o evaluar el impacto, y la propuesta de medidas preventivas, protectoras y correctoras necesarias para eliminar o disminuir los efectos de la actividad en cuestión.

El proceso suele implicar la contraposición de opciones, la propuesta de medidas paliativas, la preparación de un informe y el subsiguiente seguimiento y evaluación. Una vez finalizado un proyecto se realiza a veces un examen a posteriori, o *auditoria sobre el terreno*, para determinar hasta qué punto las predicciones de la EIA se ajustan a la realidad; es el seguimiento o control ambiental de las obras.

En la comunidad empresarial existe un creciente interés en la inspección previa de las prácticas orientadas a la determinación de objetivos productivos, en especial en lo que se refiere a la eliminación de residuos y al uso de la energía. El término *auditoria medioambiental* se aplica a la regulación voluntaria de las prácticas empresariales en función de valores predeterminados de su Impacto Ambiental.

Aspecto ambiental.

Resultado de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el ambiente.

Auditoria del sistema de gestión ambiental.

Proceso de verificación sistemático y documentado, para obtener y evaluar objetivamente una evidencia con la cual determinar si el sistema de gestión ambiental de la organización esta conforme con los criterios de auditoria del sistema de gestión ambiental establecidos por la organización y comunicar los resultados de este proceso a la gerencia.

Desempeño ambiental.

Resultados mensurables de gestión ambiental, relacionados con el control de los aspectos ambientales de una organización basada en su política, objetivo y metas ambientales.

Mejoramiento continuo.

Proceso que consiste en perfeccionar el sistema de gestión ambiental para alcanzar mejoras en el desempeño ambiental global de acuerdo con la política ambiental de la organización.

Objetivo ambiental.

Propósito ambiental global.

Política ambiental.

Declaración formal que efectúa la organización de sus intenciones y principios, en relación con su desempeño ambiental global, que proporciona un marco para la acción y para el establecimiento de sus objetivos y metas ambientales.

Sistema de gestión ambiental.

Aquella parte de sistema global de gestión que incluye la estructura organizacional, las actividades de planificación, las responsabilidades, las practicas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implementar, lograr, revisar y mantener la política ambiental.

I.2.2 OBJETIVOS Y METAS.

Los objetivos son los fines generales que la organización marca para mejorar la actuación ambiental. Los objetivos ambientales son fines tales como "reducir el uso del agua" o "mejorar la eficacia energética".

Las metas son medidas de actuación establecidas que deben alcanzarse para realizar un objetivo dado. Las metas son declaraciones medibles y cuantificables, tal como "a 10 metros cúbicos/día" o "50% en dos años". Todos los objetivos deben tener al menos una meta y todas las metas deben relacionarse directamente con un objetivo declarado.

Recomendaciones para la implantación con éxito de un Sistema de Gestión Ambiental:

1. Los objetivos son los fines generales de actuación que deben estar reflejados en la política ambiental.
2. Los objetivos son fines que deben ser marcados por su organización.
3. Los objetivos deben ser específicos, realistas y alcanzables, y deben ir dirigidos a la mejora continua de a actuación ambiental.

4. Los objetivos deben estar relacionados directamente con los impactos ambientales significativos de sus actividades, productos y procesos dentro de la organización.
5. Los requisitos deben ser coherentes con los requisitos de cumplimiento de la legislación y las regulaciones de su organización.
6. Los objetivos deben marcarse teniendo presentes los puntos de vista de las terceras partes interesadas internas y externas, así como los parámetros financieros, operativos y organizativos de su organización.
7. Los objetivos deben implantarse, revisarse y modificarse regularmente, según convenga, con la aprobación de la alta dirección.
8. Los objetivos deben estar apoyados con recursos humanos y financieros suficientes, necesarios para que puedan lograrse.
9. Las metas son requisitos de actuación detallados y cuantificados que se han desarrollado para lograr los objetivos ambientales marcados.
10. Las metas deben ser cuantificables y tener fechas establecidas en las que poder medir el progreso.
11. Los objetivos y las metas deberían incluir un enfoque preventivo de contaminación siempre que sea factible.
12. Los objetivos y las metas deberían hacer uso de metodologías tales como el uso de tecnologías más limpias, BATNEEC (la mejor tecnología disponible que no implique excesivo costo) o EVABAT (la aplicación económica variable de la mejor tecnología disponible), siempre que sea posible.
13. Los objetivos y las metas deben marcarse en los programas de gestión ambiental (planes de acción ambiental), especificando los pasos de actuación que deben darse, los calendarios, los recursos y las responsabilidades que se requieren para alcanzar el objetivo marcado antes de la fecha tope establecida y en la cantidad/calidad prevista.

I.2.3 POLÍTICAS AMBIENTALES.

Una política es un conjunto de normas o principios (normalmente formales y documentados) que un individuo, una compañía o una organización adopta para un determinado curso de acción elegido. La política medioambiental no es diferente. Es un conjunto de principios e intenciones formales y documentados en relación al medio ambiente. Esencialmente la política medioambiental es el documento guía para la mejora medioambiental corporativa y su cumplimiento es fundamental para la integridad y el éxito de todo el sistema .

El más alto nivel la definirá y asegurará que:

1. Sea apropiada para la naturaleza, la escala y los impactos ambientales de sus actividades, productos o servicios.
2. Incluya un compromiso para el mejoramiento continuo y la prevención de la contaminación.
3. Incluya un compromiso de cumplir con la legislación y las reglamentaciones ambientales pertinentes, y con otros requisitos a los que adhiera la organización.
4. Provea el marco para establecer y revisar los objetivos y las metas ambientales.

5. Sea documentada, implementada, mantenida y comunicada a todo el personal.
6. Esté disponible para el público.
7. Establezca y mantenga procedimientos para identificar aspectos ambientales que puedan tener impactos significativos sobre el medio ambiente.
8. Establezca y mantenga procedimientos para identificar y acceder a los requerimientos legales que sean directamente aplicables a los aspectos ambientales identificados.
9. Establezca y mantenga objetivos y metas documentados.
10. Establezca y mantenga un programa para alcanzar los objetivos y metas establecidos.
11. Defina, documente y comunique roles, responsabilidades y autoridades para facilitar la gestión ambiental.
12. Identifique necesidades de capacitación e imparta en todo el personal cuyo trabajo pueda originar un impacto ambiental significativo.
13. Establezca y mantenga procedimientos para realizar comunicaciones internas y externas a la Organización, así como recibir, documentar y responder a las inquietudes de las partes interesadas.
14. Establezca y mantenga información para describir el sistema y correlacionar la documentación del mismo.
15. Establezca y mantenga procedimientos para controlar los documentos requeridos por la norma.
16. Identifique las operaciones que estén asociadas a los aspectos ambientales significativos, planificarlas estableciendo y manteniendo procedimientos documentados para las mismas, que contengan criterios de operación.
17. Establezca y mantenga procedimientos para identificar el potencial para responder ante accidentes y situaciones de emergencia.
18. Establezca y mantenga procedimientos documentados del monitoreo y mediciones de las características clave de sus operaciones.
19. Establezca y mantenga procedimientos documentados para evaluar periódicamente el cumplimiento de los requisitos legales.
20. Establezca y mantenga procedimientos para el tratamiento de las no conformidades y la toma de acciones correctivas y preventivas
21. Establezca y mantenga procedimientos para la identificación, el mantenimiento y la disposición de registros ambientales.
22. Establezca y mantenga un programa y procedimientos para realizar auditorías periódicas del sistema.
23. Revise por parte del más alto nivel de la Organización, a intervalos determinados por la misma, la adecuación, aptitud y eficiencia del sistema.

I.2.4 PLANEACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN.

Planeación

Aspectos ambientales

La organización establecerá y mantendrá procedimientos para identificar los aspectos ambientales de sus actividades, de modo de determinar aquellos que tengan o puedan

tener impactos significativos sobre el medio ambiente. Deberá considerar los significativos cuando fije sus objetivos ambientales. Se conservará esta información actualizada.

Requisitos legales y de otro tipo (a los que ella suscriba). Establecerá y mantendrá los procedimientos para identificar y tendrá acceso a los requisitos legales... que sean directamente aplicables a los aspectos ambientales de sus actividades.

Objetivos y metas

La organización los establecerá y mantendrá documentados.

Consideraciones:

- Requisitos legales y de otro tipo.
- Aspectos ambientales significativos.
- Opciones tecnológicas.
- Requisitos financieros, operativos y comerciales.
- Puntos de vista de las partes interesadas.
- Deben incluir el compromiso para prevenir la contaminación.

Programa de gestión ambiental

La organización establecerá y mantendrá uno o más programas para cumplir sus objetivos y metas, incluyendo:

- La designación de la responsabilidad por el logro de los objetivos y metas en cada función y nivel pertinentes a la organización.
- Los medios y los plazos para que ellos sean logrados.

Los programas serán rectificadas cuando haya nuevos desarrollos.

Implementación y operación

Estructura y responsabilidad

Se definirán, documentarán y comunicarán roles, responsabilidades y autoridades para facilitar la gestión medioambiental efectiva. La dirección proveerá recursos esenciales para su implementación y control. Se determinará uno o más representantes de la dirección para:

- Asegurar que los requisitos del sistema de gestión amb. se hayan establecido e implementado, y sean mantenidos de acuerdo con esta norma.
- Informar sobre el desempeño del sistema al directivo de más alto nivel para revisarlo y tomarlo como una base para mejorar el sistema.

Capacitación, toma de conciencia y competencia

Identificar necesidades de capacitación e impartirla en todo el personal cuyo trabajo pueda originar un impacto amb. significativo. Establecerá y mantendrá procedimientos para que cada persona tome conciencia de:

- La importancia de cumplir con la política y los procedimientos amb., y con los requisitos del sistema.
- Los impactos ambientales significativos, reales o potenciales, derivados de sus actividades, y los beneficios ambientales surgidos de una mejora en su desempeño.
- Sus roles y responsabilidades para lograr cumplir con la política y los procedimientos ambientales, y con los requisitos del sistema. Incluyendo los requisitos para la preparación y las respuestas ante emergencia.
- Las consecuencias potenciales del partimiento de los procedimientos operativos especificados.

Comunicaciones

Respecto de sus aspectos ambientales y su sistema, establecerá y mantendrá procedimientos para:

- Realizar comunicaciones internas entre los diferentes niveles y funciones.
- Recibir, documentar y responder a las inquietudes pertinentes de las partes interesadas externas. Registrando su decisión.

CAPÍTULO II
ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS

II. ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS.

De la Mecánica de Suelos se desprende de una manera obvia la necesidad que se tiene de contar, tanto en la etapa de proyecto, como durante la ejecución de la obra de que se trate, como datos firmes, seguros y abundantes respecto al suelo con el que se está tratando.

El conjunto de estos datos debe llevar al proyectista a adquirir una concepción razonablemente exacta de las propiedades físicas del suelo que hayan de ser consideradas en su análisis.

En realidad es en el laboratorio de Mecánica de Suelos en donde el proyectista ha de obtener los datos definitivos para su trabajo; primero, al realizar las pruebas de clasificación ubicará en forma correcta la naturaleza del problema que se le presenta y de esta ubicación podrá decidir, como segunda fase de un trabajo, las pruebas más adecuadas que requiere su problema particular, para definir las características de deformación y resistencia a los esfuerzos en el suelo con que haya de laborar.

Pero para llegar en el laboratorio a unos resultados razonablemente dignos de crédito es preciso cubrir en forma adecuada una etapa previa e imprescindible: la exploración y la obtención de muestras del suelo apropiadas para la realización de las correspondientes pruebas.

A continuación se hace un estudio imprescindible mas no exhaustivo para todas las etapas que forman un estudio de mecánica de suelos adecuado.

II.1 EXPLORACIÓN.

Objetivos y etapas de la exploración.

Objetivos.

El programa de exploración geotécnica deberá proporcionar información sobre las condiciones estratigráficas del sitio en estudio, las condiciones de presión del agua del subsuelo y las propiedades mecánicas de los suelos (resistencia, compresibilidad y permeabilidad), a fin de facilitar el diseño racional de la cimentación de estructuras y la selección del método constructivo adecuado para su ejecución (Fig. 2.1.1).

Para asegurar que se alcanzarán los objetivos de la exploración geotécnica, los trabajos de campo los supervisará un ingeniero especialista en suelos y su realización estará a cargo de una brigada de trabajadores entrenados en los trabajos de perforación, muestreo y ejecución de pruebas de campo.

Etapas de la exploración geotécnica.

El programa de exploración geotécnica del sitio donde se construirá una estructura consta de tres etapas: la primera, de investigación preliminar, deberá permitir la definición tentativa de los problemas geotécnicos del sitio; la segunda, la recopilación de la información disponible, lo que servirá para fundamentar la tercera etapa, de investigación de detalle, que incluye la realización de sondeos y pruebas de campo y de laboratorio. En la figura 2.1.2 se muestra esquemáticamente el programa de exploración.

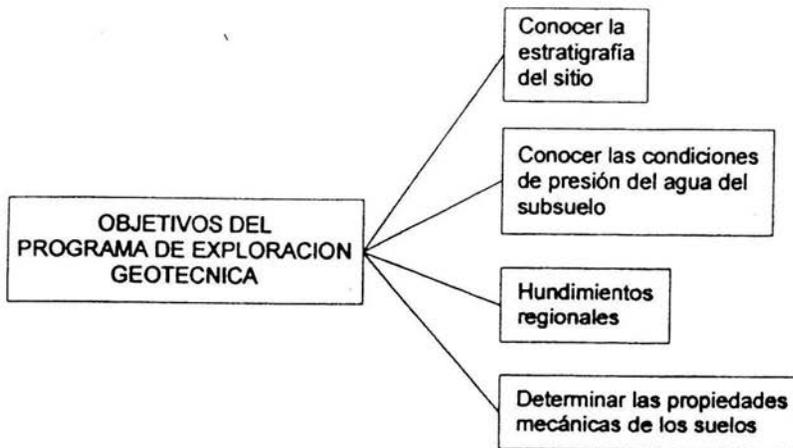


Fig. 2.1.1 Objetivos de la exploración

1) Investigación Preliminar.

El objetivo de esta etapa de la exploración es el de recopilar la información geotécnica que exista de un sitio, para realizar una interpretación preliminar de los problemas que podrían presentarse en la cimentación de una estructura de características y requerimientos conocidos.

2) Recopilación de la información disponible.

Las instituciones mexicanas que publican y distribuyen información geotécnica se enumeran a continuación.

a) *Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (SMMS).*

En sus reuniones técnicas que se realizan cada dos años ha publicado recopilaciones de las características del subsuelo de 63 ciudades del país; en la tabla 2.1 se enumeran las ciudades, la referencia y los autores de cada recopilación.

b) *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).*

Las cartas geológicas, topográficas, de uso del suelo y edafológica, escala 1: 50,000 así como las fotografías aéreas blanco y negro y de color en escala 1: 25,000 son de mucha utilidad.

c) *Instituto de Ingeniería, UNAM.*

Ha publicado el estudio del subsuelo de la Ciudad de México, así como una colección de artículos sobre la regionalización sísmica del país y de varios Estados en detalle; en la tabla 2.2 se mencionan las publicaciones sobre sismicidad.

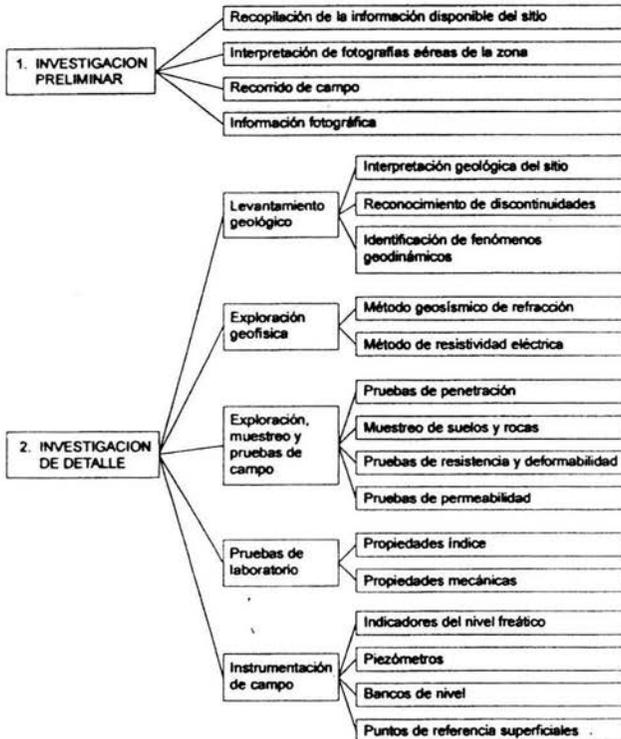


Fig. 2.1.2 Etapas del programa de exploración geotécnica

d) *Instituto de Geología, UNAM.*

Se pueden encontrar cartas geológicas de detalle de algunas zonas de la República Mexicana.

e) *Instituto de Geografía, UNAM.*

Se pueden encontrar cartas de clima.

Interpretación de fotografías aéreas.

La interpretación geológica de las fotografías aéreas de un sitio, realizada por un ingeniero geólogo entrenado para ello, permite identificar de manera preliminar las características geológicas del sitio, tales como fallas y fracturas y los fenómenos geodinámicos relacionados con zonas de taludes inestables y los fenómenos geodinámicos relacionados con zonas de taludes inestables y zonas erosionables. Con respecto a los suelos, se pueden identificar las características probables de los suelos superficiales e inferir las del subsuelo (Avery, 1968), así como definir posibles bancos de préstamo. A nivel comercial existen empresas de fotogrametría que prestan sus servicios.

Recorrido de campo.

El recorrido de campo lo debe realizar un ingeniero especialista en geotecnia, acompañado de un ingeniero geólogo; los objetivos serán:

- Comprobar la interpretación fotogeológica antes descrita, además de identificar y clasificar los suelos superficiales.
- Visitar las estructuras construidas en la zona e indagar sobre su comportamiento.
- Obtener información adicional que permita programar la investigación de detalle.

3) *Investigación de detalle.*

Programa.

El ingeniero especialista en geotecnia deberá formular el programa de la investigación de detalle, para lo cual deberá considerar la aplicación de las técnicas que se mencionan más adelante y fundamentar su propuesta en la información de la investigación preliminar. Debe además tomar muy en cuenta que tratándose de cimentaciones con pilas o pilotes, las propiedades de los suelos se modifican en la vecindad del pilote, aunque se trate de un procedimiento constructivo de no-desplazamiento, como el de colado en el lugar, y que en el caso de pilotes que desplazan el volumen de suelo que ocupan, se induce mayor alteración y cambios estructurales al suelo vecino aún a varios diámetros de distancia.

Tabla 2.1 Catálogo de ciudades estudiadas (SMMS)

Ciudades	Reunión Nacional SMMS	Año	Autor (es)
1 Acapulco	VI	72	C.L Flamand, L. Ayestarán, G. Marín, M. Palacios y J.J Schmitter
2 Aguascalientes	VIII	76	J.L León
3 Campeche	VIII	76	J.M Orozco, R. García Fons, A. García y L. Triay
4 Cancún	VI	72	G. Springall y L. Espinosa
5 Celaya	VI	72	G. Spingall y L. Espinosa
6 Cd. Juárez	VIII	76	G. Botas y G. Ortega
7 Cd. Obregón	IX	78	J.L Terán, O. Mondragón y M. Aguilar
8 Cd. Victoria	VIII	76	J.L Terán, M.F Saldivar, F. Uranga y R.C Avitia
9 Coatzacoalcos-Minatitlán	VII	74	J.M Rodríguez
	VIII	76	J.M Orozco, A.C Galindo, E. Olivares y A. Pozo
10 Colima	VIII	76	L. Montañez
11 Córdoba	VIII	76	J.M Orozco, C. Fernández y P. Preciado
12 Cozumel	VIII	76	C. Silva y R. Esquivel
13 Cuernavaca	VIII	76	R. Esquivel
14 Culiacán	VI	72	G. Springall y L. Espinoza
15 Chetumal	IX	78	G. García A y V.M. Bello
16 Chihuahua	VII	74	B. Simpser
17 Chilpancingo	VI	72	G. Springall y L. Espinoza
18 Durango	IX	78	C. Fernández, R. García y J. Torres
19 Ensenada	VIII	76	J.L León
20 Guadalajara	VIII	76	J.M Orozco, T. Hernández, E. Ramírez y R. García
21 Guanajuato	VII	74	J.A. Mendoza
22 Guaymas	V	70	J. Saborio, R. Gómez, J. Muro y P. Girault
23 Hermosillo	VIII	76	R. Esquivel
24 Irapuato	XVI	92	E. Padilla
25 Jalapa	X	80	E. Padilla, H. Zambrano y F. de la Mora
26 La Paz	XIX	98	A. Alvarez, O. Nisino, R.M. Poot, M.S. Ramírez y R. Martín del Campo a la Torre.
27 Lázaro Cárdenas (Las Truchas)	XIX	98	R. Del Campo, M.S. Ramírez y A. Alvarez
	VIII	76	F. Náder, L. Montañez y E. Vázquez
28 León	VII	74	Depto. De Ingeniería Experimental, PEMEX
29 Los Mochis	VIII	76	J. Springall
30 Manzanillo	VIII	76	F. Náder y L. Montañez
31 Matamoros	VII	74	R. Esquivel
32 Mazatlán	VIII	76	C. Fernández
33 Mérida	VIII	76	E. Santoyo, L. Montañez y F. Montemayor
34 Mexicali	XI	82	S. Covarrubias, G. Gay, A. Morales, L. Pereda y A.E Zeevaert
35 México D.F.*	VIII	76	J. Mejer, G. Azomoza, M. Corte, A. Vera, J.L Lara,
36 Minatitlán-Coatzacoalcos-Pajaritos	VII	74	G. Rocha y G. Rincón
	VIII	76	J.M Rodríguez, R. López y G. Ferrer
	VIII	76	J.E Castilla
37 Misantla	VIII	76	L. Montañez, R. Esquivel y C. Silva
38 Monterrey	VI	72	J.A Martínez
39 Morelia	VII	74	A. Ellstein
40 Navojoa	VIII	76	G. Springall y L. Espinoza
41 Nuevo Laredo	V	70	J.M Campos

42 Oaxaca	V	70	J.M Campos
43 Orizaba	XIV	88	E. Santoyo y L. Montañez
44 Puebla	V	70	D. Reséndiz, G. Springall, J.M. Rodríguez y R. Esquivel
45 Puerto Vallarta	VI	72	L. Vieitez, E. Soto y A. Mosqueda
46 Querétaro	VIII	76	
47 Reynosa	XVIII	96	
48 Río Bravo	VII	74	A. Ramírez y F. Cancino
49 Salamanca	VIII	76	H.M Villanueva y P. Ballesteros
50 San Luis Potosí	VIII	76	J.A Mier, J. Mejía, A. Núñez y W. Paniagua
51 Tampico	VIII	76	R. Esquivel
52 Tapachula	VIII	76	J. Calderón y E. Alonso
53 Tehuacán	XIX	98	O.L. Zárate
54 Tepic	XIX	98	G. Rocha
55 Tijuana	IX	78	J.L León
56 Tlaxcala	IX	78	R. Esquivel
57 Toluca	VIII	76	G. Auvinet
58 Torreón-Gómez Palacio	XVIII VIII	96 76	J.G Azomoza, A. Vera y L. Reyes G.J González, L. Alcántara, A.E Posada, D. Almora,
59 Tula	VIII	76	M. Torres y V. López
60 Tuxtla Gutiérrez	VIII VIII	76 76	S.D. Sada y E. Zaragoza J.A. Ponce
61 Veracruz	VI	72	A. Alvarez y M. de la L. Pérez
62 Villahermosa	IX	78	J.L Terán, M.F. Saldívar, O. Mondragón y M. Ruiz
63 Zacatecas	XIX	98	J.L Terán, M.F. Saldívar y M. Ruiz
	VIII	76	J. Vargas y R. Anzaldúa
	VII	74	J.M Rodríguez y J.M. Aranda
	VIII	76	E.R. Benavides, F.J. Hernández, E. Moreno y O. Vilalta
	IX	78	R.B. Reyes y A. Sotelo
	VIII	76	E. Osorio y G. López
	VIII	76	J.L Terán, I.J. García y A Orozco
	IX	78	G. Rocha
	VIII	76	E. Santoyo y L. Montañez
	XIX	98	F.J Ruiz
	VIII	76	E. Martínez P.
	VIII	76	J.J Schmitter y J. Uppot
	VIII	76	
			E. Soto y J.L. Lara
			L. Espinoza
			J. Ordóñez
			R. Esquivel
			L. Espinoza
			J.M Orozco, S.D. Sada, A. Montero y J.C. Querol

Tabla 2.2 Información sísmica disponible (Instituto de Ingeniería, UNAM)

Título	Publicación N°	Autor	Año
Regionalización sísmica de México para fines de ingeniería	246	Esteva, L.	70
Catálogo de sismos ocurridos en la República Mexicana	272	Figueroa, J.	70
La sismicidad en el Estado de Veracruz. El macrosismo del 11 de marzo de 1967	167	Figueroa, J.	68
Sismicidad en Chiapas	316	Figueroa, J.	73
Sismicidad en Baja California	321	Figueroa, J.	73
Sismicidad en Colima. Macrosismo del 30 de enero de 1973	332	Figueroa, J.	74
Sismicidad en Puebla. Macrosismo del 28 de agosto de 1973.	343	Figueroa, J.	74
Sismicidad en Oaxaca	360	Figueroa, J.	75
Sistema de información sobre sismos	348	Sandoval, H.	75
Sismicidad en la cuenca del Valle de México	289	Figueroa, J.	71
Corrección de los acelerogramas de cuatro macrosismos registrados en la ciudad de México	093	Bustamante, J.	63
Espectros de temblores y su aplicación	078	Prince, J.	63
Isosistas de macrosismos mexicanos	067	Figueroa, J.	63
Source parameters of the Orizaba earthquake of August 28, 1973.	E-32	Singh, S y Wyss, M.	78
Catálogo de acelerogramas procesados del sismo del 19 de septiembre de 1985. Parte IV (última): Réplica del 21 de septiembre en la red acelerográfica de Guerrero.	CD-2	Alcántara, L.; Macías, M.A.; Quaas, R y Anderson, J.	92
Carta sísmica del Estado de Michoacán	CD-1	Martínez, A y Javier, C.	91

Por lo anterior, cuando se tiene la certeza de que la cimentación de la estructura se resolverá con pilas o pilotes, algunos autores proponen que en la exploración geotécnica de detalle se ponga énfasis en las pruebas de campo como son, las de penetración estática con cono eléctrico, de penetración estándar, de veleta y de presiómetro (CFE, 1979). Este enfoque se ha seguido para diseñar cimentaciones pisoteadas de estructuras marinas, ante la enorme dificultad de obtener muestras de buena calidad (Bjerrum, 1973; Ehlers et al., 1980).

En lo que sigue se describirán con mayor detalle las pruebas de campo, apoyándose en los comentarios anteriores y tomando en cuenta que ya se dispone de manuales sobre las técnicas convencionales de muestreo (PEMEX, 1975 y CFE, 1980).

Levantamiento geológico.

Excepcionalmente se realiza este tipo de levantamiento, ya que usualmente la geología de la región donde se construirá la estructura ha sido estudiada anteriormente o se considera que el recorrido de campo en la etapa de investigación preliminar proporciona la información geológica necesaria y suficiente para el diseño de la cimentación (profunda) de una estructura.

En caso de que se trate de la cimentación de estructuras muy importantes o de desarrollos industriales localizados en áreas poco estudiadas, se justifica realizar el levantamiento geológico de la zona, cuyos objetivos se señalan en la figura 2.1.3. En el Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE (1979) se describe con detalle la realización de un levantamiento geológico.

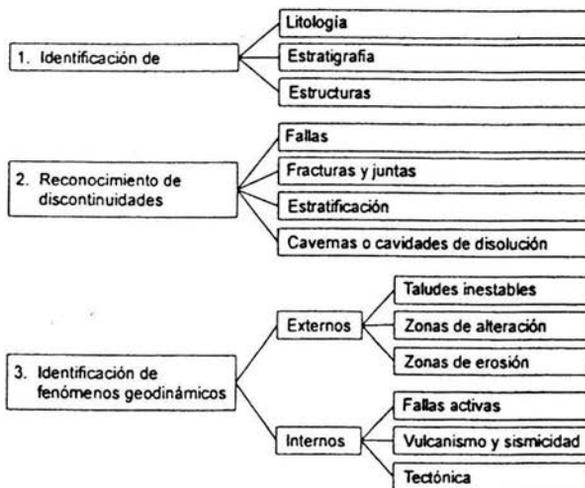


Fig. 2.1.3 Objetivos del levantamiento geológico

Exploración geofísica.

Los métodos de exploración geofísica aplicables en geotecnia se basan en la medición de la variación de la velocidad de propagación de ondas sísmicas o de la resistividad eléctrica (poco confiable) de los suelos, y mediante su interpretación y correlaciones se deducen las características estratigráficas, posición del nivel freático y posibles tipos y propiedades de suelos y rocas. Estos métodos se utilizan para obtener información preliminar del subsuelo, para complementar la información geológica y para reducir el número de sondeos.

*Exploración geotécnica in-situ.**Piezometría*

-Piezómetros abiertos.

Piezómetro abierto tipo Casagrande. Este dispositivo permite determinar la presión de poro de un lugar a cierta profundidad, midiendo el nivel del agua que se establece en un tubo vertical provisto de una celda permeable en su extremo inferior. Con la información que se obtiene se puede evaluar:

- a) El estado inicial de esfuerzos del sitio en estudio.
- b) La variación de la presión con el tiempo.
- c) La influencia del proceso constructivo en la presión de poro.

El piezómetro abierto se muestra en la figura 2.1.3. Consta de un tubo vertical, generalmente es PVC o metálico de 1.25cm (0.5in) de diámetro, con coples cementados, y una celda permeable en su parte inferior. La más usual es la celda de PVC de 3.81cm (1.5in) de diámetro y 30cm (1ft) de altura, con ranuras horizontales de 1mm que permiten el paso del agua; se acostumbra llenar la celda permeable con arena de partículas mayores de 2mm (0.08in); usualmente se coloca un fieltro o una malla muy fina para confinar la arena dentro de la celda.

Instalación. Los piezómetros tipo Casagrande se introducen en perforaciones verticales, cuidando que la celda permeable se mantenga libre de lodo y quede rodeada de un filtro de arena limpia. La secuencia de instalación se presenta en la figura 2.1.4 y consta de las siguientes etapas:

1. Se perfora el suelo con un diámetro de 7.5cm (3in) hasta 60cm (2ft) por debajo de la profundidad de instalación del piezómetro; el fluido de perforación debe ser agua.
2. Se instala un ademe metálico de diámetro N y se hace circular agua limpia hasta que retorne con un mínimo de material en suspensión.
3. Simultáneamente a lo anterior se ensambla el piezómetro con la longitud total del tubo vertical (por ejemplo 30m, 98.4ft) para permitir que el cemento de los

- coples tenga tiempo suficiente para endurecer; si se emplea tubería metálica en las cuerdas se debe colocar cinta de teflón.
4. Se extrae el ademe 30cm (1ft) y se vacía arena bien graduada en el pozo, controlando su volumen.
 5. Se coloca el piezómetro dentro del pozo, comprobando que quede bien asentado en la arena. Esta maniobra se hace aprovechando la flexibilidad de la tubería de PVC de 1.25 ó 2.54cm (0.5 ó 1in) de diámetro, que fácilmente admite radios de curvatura de 3m (10ft), aproximadamente; cuando se utiliza tubería metálica se enrosca a medida que se introduce en el pozo. En cualquier caso se coloca un tapón superior roscado o débilmente cementado, con una pequeña perforación para que el aire entrampado tenga salida.
 6. Se extrae el ademe en tramos de 10cm (4in), vaciando gradualmente la arena dentro del pozo hasta 30cm (1ft) por arriba del bulbo.
 7. Se agrega bentonita en bolas para sellar un tramo de un metro del pozo, controlando su volumen.
 8. Se extrae el ademe y se rellena el pozo con lodo arcilloso.

Profundidad de instalación de las celdas. Se deben colocar, coincidiendo con los estratos permeables que aseguren su buen funcionamiento; en la figura 2.1.5 se muestra como hacerlo, aprovechando un perfil stratigráfico obtenido con el cono eléctrico.

Por lo tanto, una estación piezométrica siempre está constituida por varias celdas de medición, usualmente dos o cuatro, en igual número de perforaciones. En la figura 2.1.6 se presenta la manera de construir los registros de protección. En la parte inferior de la tapa del registro deberá indicarse la información que identifique la profundidad de cada celda, así como un nivel de referencia de las elevaciones.

Medición. La celda permeable permite determinar la altura piezométrica del agua del estrato en que fue instalado; siempre que el sello impida la intercomunicación con los otros lentes que queden por arriba. El tiempo de respuesta de este piezómetro es lento, probablemente de varios días, porque tiene que acumularse el agua dentro del tubo vertical, hasta alcanzar la altura de equilibrio.

El nivel del agua dentro del tubo vertical se determina con una sonda eléctrica integrada por un cable eléctrico dúplex flexible y un medidor de resistencia (óhmetro); la punta del cable lleva una boquilla de plástico que impide que los dos alambres conductores puedan hacer contacto con la pared interior del tubo; tiene también un lastre metálico para tensar el cable y asegurar la precisión de la medición. Una vez que los conductores tocan la superficie del agua cierran el circuito, y el óhmetro lo registra; la precisión de la medición es de más o menos 1.0 cm (0.4in) de columna de agua. La medición de la altura piezométrica debe estar relacionada con un nivel de referencia instalado junto al piezómetro (Fig. 2.1.6).

Interpretación. Una vez estabilizados los niveles del agua en el interior de los tubos que componen la estación piezométrica, y conociendo el valor de los esfuerzos totales, se puede determinar la variación de los esfuerzos efectivos.

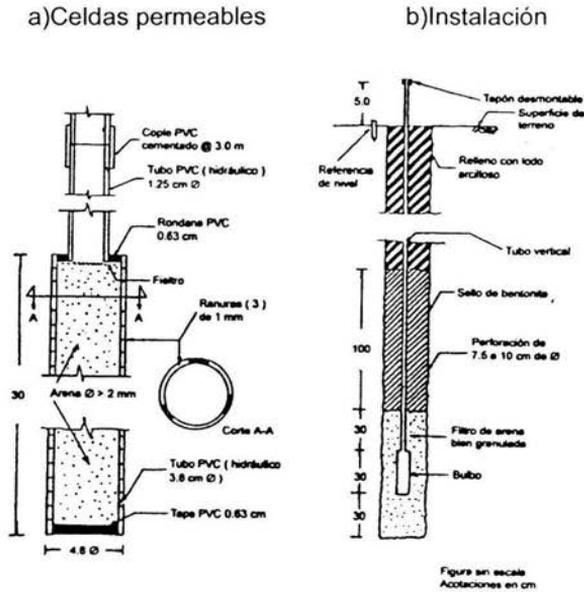


Fig. 2.1.3 Piezómetro abierto

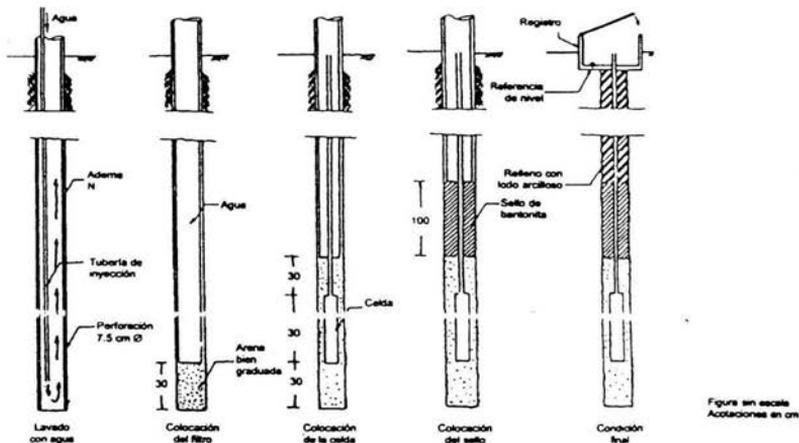


Fig. 2.1.4 Instalación de piezómetros

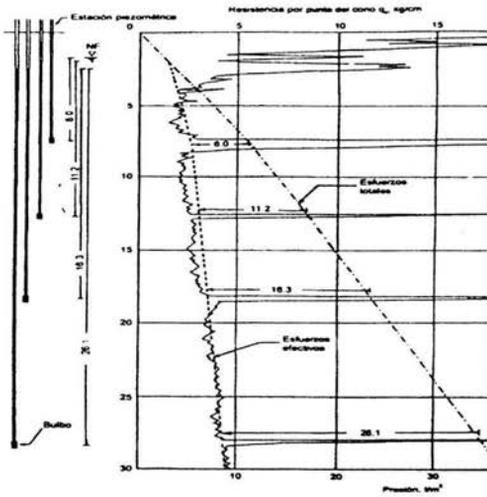


Fig. 2.1.5 Criterios de instalación de piezómetros

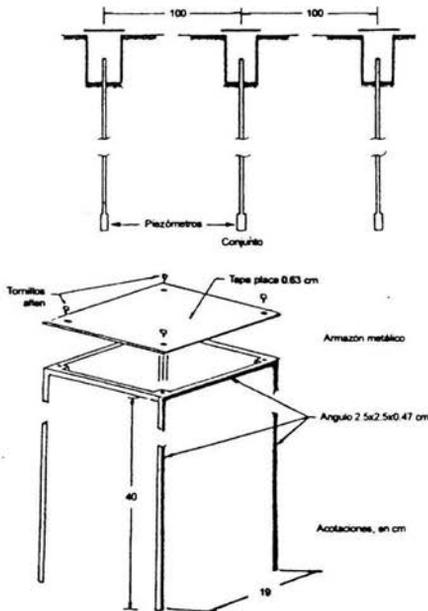


Fig. 2.1.6 Registro protector de piezómetros abiertos

Piezómetro abierto hincado. Se trata de un piezómetro tipo Casagrande, pero de instalación más simple y por ello resulta más confiable. Permite determinar la presión de poro de un lugar a cierta profundidad, midiendo el nivel del agua que se establece en la punta permeable de un tubo vertical hincado a presión.

El piezómetro abierto se muestra en la figura 2.1.7. Consta de un tubo de cobre de 1.58cm (0.62in) de diámetro y 30cm (1ft) de longitud, con perforaciones de 5mm (0.2in) forrado con fieltro permeable, en su parte superior se une a un tubo de fierro galvanizado de 1.90cm (0.75in) de diámetro en tramos de 1.0m (3.3ft) con coples. En el extremo inferior se une una punta cónica de acero de 2.7cm (1.06in) de diámetro, con sello temporal de silicón al tubo galvanizado

Instalación. Este tipo de piezómetros se hincan en el suelo con ayuda de gatos hidráulicos de una perforadora. Cuando los suelos son muy blandos pueden hincarse manualmente a percusión o con barrena helicoidal. El procedimiento utilizando una máquina o con equipo manual se describe a continuación (Fig. 2.1.8):

1. Se perfora manualmente con una barrena helicoidal o con una perforadora mecánica, hasta 1m (3.3ft) por arriba de la profundidad de instalación.
2. Se hincan el piezómetro en el suelo en la posición cerrada, hasta la profundidad de proyecto (Fig. 2.1.8a); en estas condiciones el sello de silicón evita que penetre agua y lodo al interior del tubo. Cuando el hincado se hace a percusión, se coloca una cabeza protectora cubriendo la cuerda de los tubos.
3. Se introduce en el piezómetro una barra auxiliar de acero de 0.95cm (0.37in) de diámetro, en tramos de 1.5m (5ft) con cuerda, para formar una columna continua; a continuación se introduce agua, hasta igualar el nivel en el interior del tubo (NA) con el nivel freático (NF). Posteriormente, con la barra auxiliar se empuja a presión la punta de la celda permeable (Fig. 2.1.8b), o bien con los impactos de un martillo hasta abrir el piezómetro 20cm (8in).
4. Al extraer la barra de acero deberá agregarse agua de manera que el nivel del agua (NA) no cambie bruscamente, sino que se mantenga cerca o por arriba del nivel freático (NF); a continuación, este nivel tenderá a encontrar su posición de equilibrio.

Los elementos permeables de los piezómetros deben colocarse coincidiendo con los estratos permeables que aseguren su buen funcionamiento; para ello es muy recomendable aprovechar un perfil estratigráfico obtenido con el cono eléctrico, debido a que esta técnica detecta con precisión los estratos duros de materiales permeables. Consecuentemente, una estación piezométrica siempre estará constituida por varios bulbos de medición, usualmente de dos a cuatro, en igual número de perforaciones, pero a distintas profundidades. Una vez finalizada la instalación de los piezómetros, se deberán de proteger con un registro metálico. Deben colocarse leyendas que identifiquen su profundidad y elevación de referencia.

Medición. El nivel del agua dentro del tubo se determina con la ayuda de una sonda eléctrica integrada por un cable dúplex flexible y un medidor de resistencia (óhmetro).

El tiempo de respuesta de este piezómetro es lento, probablemente de varios días, porque debe acumularse el agua dentro del tubo vertical, hasta alcanzar la altura de equilibrio.

Interpretación. Una vez estabilizados los niveles del agua en el interior de los tubos que componen una estación piezométrica, y conociendo la variación de los esfuerzos totales, se puede determinar la variación de los esfuerzos efectivos.

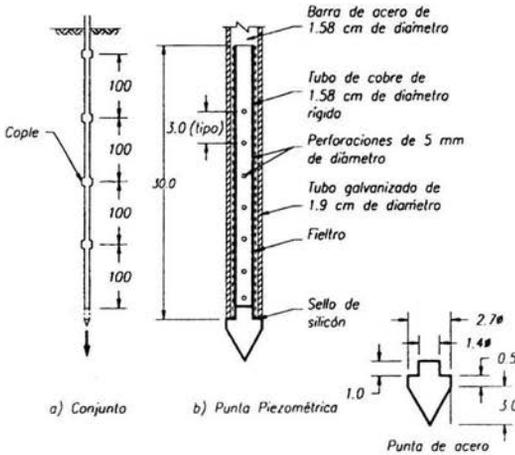


Fig. 2.1.7 Punta piezométrica

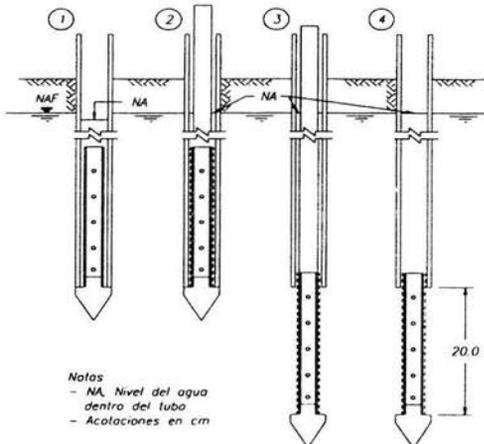


Fig. 2.1.8 Instalación de punta piezométrica

II.2 MUESTREO.

Para llegar en el laboratorio a unos resultados razonablemente dignos de crédito es preciso cubrir en forma adecuada una etapa previa e imprescindible: la obtención de las muestras de suelo apropiadas para la realización de las correspondientes pruebas.

Resultan así estrechamente ligadas las dos importantes actividades, el muestreo de los suelos y la realización de las pruebas necesarias de laboratorio. El muestreo debe estar regido ya anticipadamente por los requerimientos impuestos a las muestras obtenidas por el programa de pruebas de laboratorio y, a su vez, el programa de pruebas debe estar definido en términos de la naturaleza de los problemas que se suponga puedan resultar del suelo presente en cada obra, el cual no puede conocerse sin efectuar previamente el correspondiente muestreo.

En realidad, la programación de un muestreo correcto es un problema mucho más complejo y muchos aspectos dependen fundamentalmente de la experiencia particular del ingeniero y difícilmente se encasillan en normas fijas.

Existen dos tipos de procedimientos de muestreo:

a) Muestreo alterado

Consiste en la recuperación de muestras en las que el acomodo estructural de sus partículas se ha modificado en forma significativa debido al proceso de extracción. Estas muestras se utilizan en el laboratorio para identificar los suelos, determinar algunas propiedades índices, definir la estratigrafía y preparar especímenes compactados o reconstituidos.

Las muestras alteradas se obtienen como parte de un sondeo del que también se recuperan muestras inalteradas o de un sondeo alterado en el que sólo se obtienen muestras de ese tipo. Las técnicas desarrolladas para este tipo de muestreo son:

- Manuales, excavándolas de pozos a cielo abierto, pozos someros, cortes y zanjas
- Con el penetrómetro estándar y equipo de perforación, sobre todo cuando se requieren a mayor profundidad.

Se debe evitar que en los suelos parcialmente saturados se emplee agua o lodo durante la perforación, por que se humedece el suelo y modifica a las muestras.

El método manual consiste en recuperar a mano muestras alteradas que se conservan en un recipiente hermético que puede ser una bolsa de polietileno o un frasco hermético de vidrio convenientemente identificado. Las muestras pueden ser de 0.5 a 20kg dependiendo de si se emplearán sólo para identificación y determinación de propiedades índice, o si se usarán también para realizar pruebas de compactación.

Las muestras se obtienen realizando una perforación con herramientas manuales como la pala posteadora y barrenos helicoidales de la figura 2.2.1, y con pozos a cielo abierto, zanjas y cortes excavados con picos y palas o maquinaria de excavación y haciendo un muestreo con espátulas y cinceles.

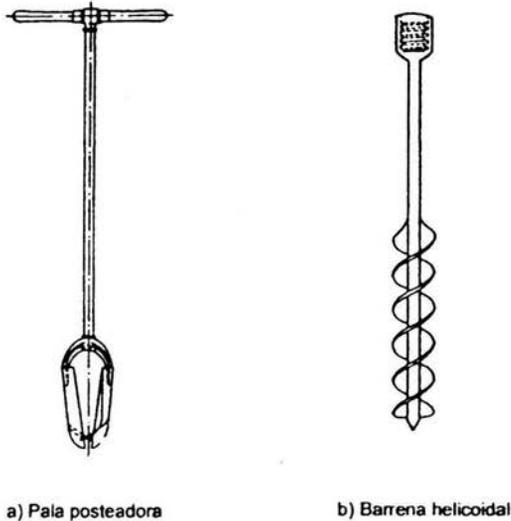


Fig. 2.2.1 Herramienta manual de perforación.

Las muestras pueden ser, representativas de una sola profundidad o integrales, mezclando las de todo el pozo. Cuando se toman muestras de excavaciones abiertas antes del muestreo debe eliminarse la costra de suelo alterado.

b) Muestreo inalterado

Consiste en obtener especímenes de suelo que conservan el acomodo estructural de sus partículas sólidas; sin embargo, es imposible evitar la relajación de esfuerzos y sus consecuencias en el comportamiento mecánico, que pueden ser ligeras o importantes dependiendo del cuidado y la técnica con que se obtengan. Las muestras inalteradas se utilizan en el laboratorio para identificar los suelos y determinar sus propiedades índice y mecánicas. Las muestras inalteradas se obtienen mediante técnicas manuales y con muestreadores adecuados según el tipo de suelo. Se describen aquí los más usuales.

Pozo a cielo abierto (PCA).

Esta técnica puede ejecutarse mediante excavación manual o excavación con máquina. El pozo a cielo abierto permite observar directamente las características estratigráficas del suelo y rescatar muestras inalteradas de los estratos principales. Este procedimiento de exploración y muestreo es particularmente recomendable en suelos secos y duros.

El pozo puede excavarse con sección cuadrada o circular, la forma se elige de acuerdo con la técnica de estabilización de las paredes de la excavación. Si se utilizan tabloneros y marcos estructurales, la forma cuadrada es la más adecuada; en la figura 2.2.2 se muestra cómo se adema un pozo. Por otra parte, la forma de pozo circular es la conveniente cuando se estabilizan sus paredes con tubo de lámina corrugada o con ferrocemento. Esta última solución se ha venido empleando con mucha frecuencia por su sencillez y bajo costo; esencialmente consiste en colocar anillos de malla electrosoldada separados por lo menos 2cm de la pared de excavación. La malla se fija con anclas cortas de varilla corrugada hincadas a percusión, y después se aplica manualmente el mortero con un espesor mínimo de 4cm. Los anillos generalmente empleados son de 1m de altura; si el terreno es estable, este valor puede incrementarse.

Las muestras cúbicas que se extraen de pozos a cielo abierto, zanjas y cortes consisten en labrar in situ cubos de suelo de 20 a 30cm de lado que se protegen con manta de cielo impermeabilizada. Para obtenerlas se empieza por eliminar el suelo alterado y después con espátula se labran las paredes, que se cubren con polietileno delgado conforme se termina cada una; una vez terminados los lados se cubren con tela de manta de cielo que se impregna con una mezcla líquida de parafina y brea; a continuación se coloca la caja de protección y se corta la base del cubo, que después se cubre con manta (Fig. 2.2.3). En suelos duros es admisible el empleo de cinceles delgados para conformar las muestras. Se identifican con una etiqueta colocada en la cara superior.

Con esta técnica se pueden obtener muestras de muy buena calidad, pero es un procedimiento lento, difícil de realizar abajo del nivel freático y limitado a profundidades no mayores de 10 m.

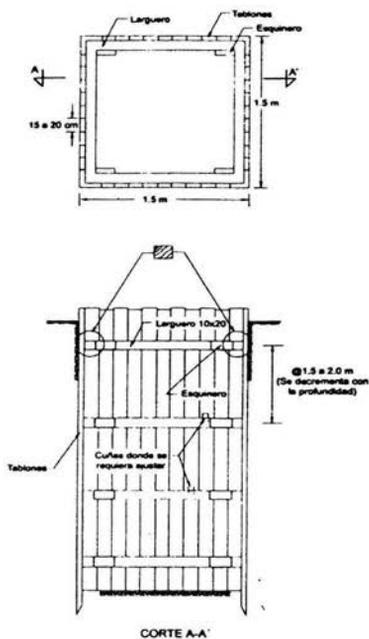


Fig. 2.2.2 Ademado para un pozo a cielo abierto

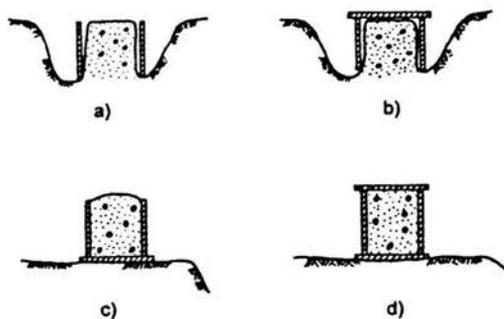


Fig. 2.2.3 Procedimiento de labrado de muestras cúbicas de suelos blandos

II.3 PRUEBAS DE CAMPO.

Tubo de pared delgada

También conocido como tubo Shelby, se utiliza para el muestreo inalterado de suelos blandos a semiduros localizados arriba y abajo del nivel freático; tiene de 7.5 a 10cm de diámetro y se hinca a presión.

En la figura 2.3.1 se muestra este tubo de acero, con un extremo de ataque afilado. El tubo se une a la cabeza con tornillos Allen o mediante cuerda repujada. La cabeza tiene cuatro drenes laterales para la salida del fluido de perforación y de los azolves durante el hincado. La válvula de bola impide que la muestra se vea sujeta a presiones hidrodinámicas durante la extracción del muestreador. En la figura 2.3.2 se ha dibujado la cabeza muestreadora del tipo deslizante que logra un sello más contable que la de válvula esférica.

Las condiciones geométricas que debe satisfacer este muestreador para recuperar muestras de buena calidad se definen con las relaciones de la figura 2.3.1 (Hvorslev, 1949). Estas relaciones conducen a las dimensiones de tubos muestreadores de la figura 2.3.2 c, considerando que los diámetros más usuales son de 7.5 y 10cm y las longitudes de 75 y 90cm respectivamente.

El muestreador se hinca con un sólo movimiento una longitud igual a la del tubo menos 15cm, para dejar espacio a los azolves; la velocidad de hincado debe ser entre 15 y 30cm/s. Después se deja en reposo 0.5min, para permitir que la muestra se expanda y se adhiera al muestreador; a continuación se gira para cortar la base y posteriormente se extrae a la superficie y se mide la longitud de muestra recuperada.

Un criterio para juzgar en el campo la calidad del muestreo se indica en la tabla 2.3. En el laboratorio, la calidad de las muestras se define observando cortes longitudinales para identificar la alteración que pudieran mostrar lentes delgadas de algún material o bien, observando el proceso de secado lento de placas delgadas de suelo cortadas longitudinalmente (ASTM - D-1586 - 67).

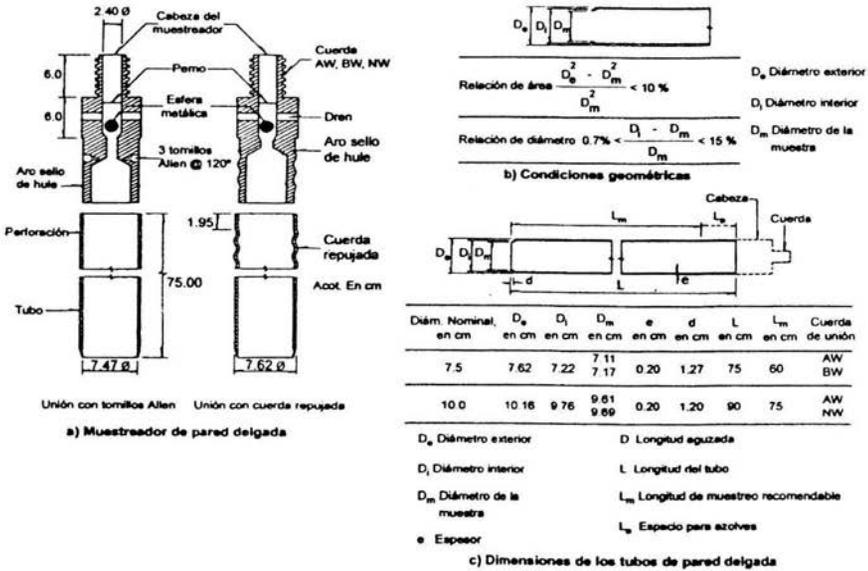


Fig. 2.3.1 Características del muestreador de pared delgada

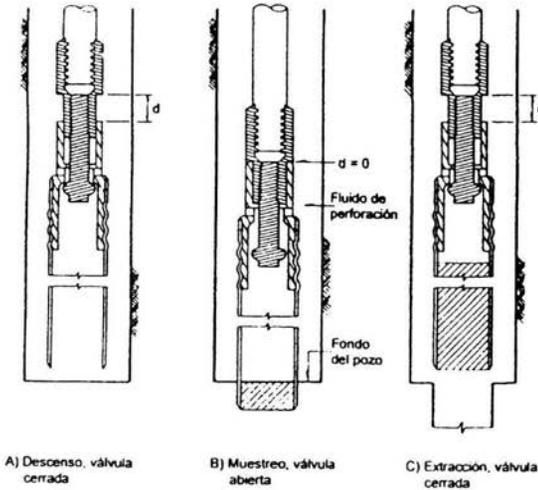


Fig. 2.3.2 Operación del muestreador de válvula deslizante

Recuperación, %	Calidad
Rec = 100	Excelente
Rec = 80	Buena
50 < Rec < 80	Mala
Rec < 50	Inaceptable

Tabla 2.3 Recuperación de muestras

La recuperación se define de la siguiente forma:

$$\text{Rec} = \frac{L}{H}(100)$$

donde:

- Rec recuperación
 L longitud recuperada (cm, m)
 H longitud muestreada (cm, m)

Tubo dentado

Esta herramienta permite obtener muestras de arcillas duras y limos compactos o cementados con un mínimo de alteración; en estos materiales se presenta claras ventajas de operatividad y costo sobre muestreadores de barril doble. Lo constituye un tubo de acero, unido en su extremo superior con la cabeza muestreadora que, a su vez, va montada al final de la columna de barras de perforación con las que se hinca y se da rotación al muestreador desde la superficie; la parte inferior del tubo tiene ocho dientes de corte dispuestos simétricamente (Fig. 2.3.3), que miden 0.8 a 1cm de altura y 3cm de base.

La sierra se forma con alternaciones de un diente recto y otro doblado 0.2cm hacia el exterior, con objeto de reducir la fricción entre el muestreador y el suelo. El diámetro del tubo debe ser de 10cm y su longitud de 100cm. En la figura 2.3.4 se presenta este muestreador con los dos tipos de unión tubo-cabeza usuales; el primero con tres tornillos Allen y el segundo con cuerda repujada. La cabeza tiene perforaciones laterales y una válvula esférica de pie que se abre durante la etapa de muestreo para permitir el alivio de la presión del interior del tubo.

Posteriormente se cierra para proteger a la muestra de las presiones hidrodinámicas que se generan durante la extracción del muestreador.

La figura 2.3.5 corresponde a un muestreador de válvula deslizante, en el que se sustituye la válvula esférica de los muestreadores anteriores por un mecanismo. El cople de unión tiene un tramo cuadrado al que se enrosca una barra circular que termina en una ampliación con un arosello; sobre esta barra desliza la pieza, a la que

se fija el tubo muestreador y que tiene horadaciones para la extracción del fluido de perforación del interior del tubo.

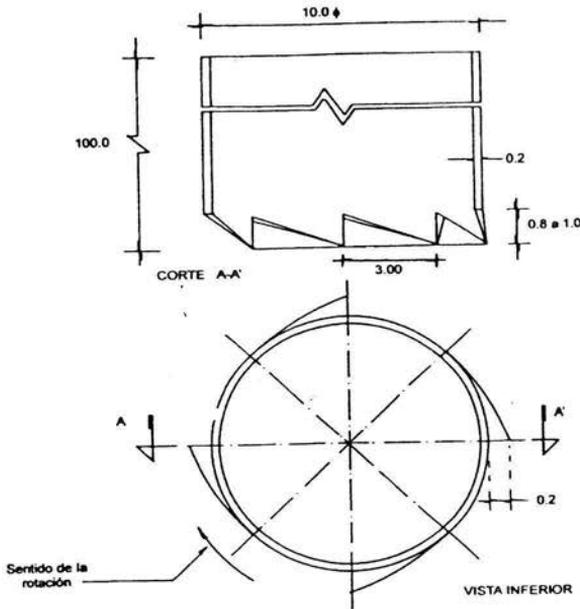


Fig. 2.3.3 Características del muestreador de pared delgada (Tubo Shelby)

Este muestreador se hince operándolo a rotación con velocidades menores de 100rpm y presión vertical para que avance con velocidad constante de 1cm/s, hasta penetrar 75cm; de esta manera queda sin muestra una longitud mínima de 15cm donde se alojan los azolves que pudieran haber quedado dentro del tubo. Después del hincado se deja el muestreador en reposo tres minutos a fin de que la muestra se expanda en su interior y aumente su adherencia contra las paredes del tubo; enseguida se corta la base del espécimen, girando dos vueltas el muestreador y se procede a sacarlo al exterior, donde se limpian sus extremos e identifica. Las muestras obtenidas con esta técnica presentan alteración en un anillo perimetral de 2 a 4mm de espesor.

Muestreadores Denison y Pitcher

Estos también se conocen como barriles porque operan a rotación y presión; recuperan muestras que pueden ser inalteradas; las muestras se obtienen a presión y pueden ser de arcillas duras, limos cementados y limos cementados con pocas gravas localizados abajo del nivel freático; operándolos arriba del nivel freático, el agua o lodo utilizado contamina las muestras. El muestreador Pitcher es el adecuado cuando se presentan intercalados estratos delgados de materiales blandos y duros.

Estos muestreadores consisten esencialmente de dos tubos concéntricos unidos a la pieza denominada cabeza del muestreador; el tubo interior está montado sobre baleros axiales y el exterior, que lleva en su extremo inferior la broca de corte, está unido con rosca. En la figura 2.3.6 se muestra esquemáticamente el barril tipo Denison; se identifican las piezas antes mencionadas, así como la válvula de paso que protege a la muestra durante la extracción del muestreador y permite la salida de azolves; se identifican también la tuerca y contratuerca de ajuste para, regular la distancia "d" entre la broca y el filo del tubo inferior. En la misma figura se muestra la trampa de canastilla para suelos arenosos y las brocas de uno y dos escalones.

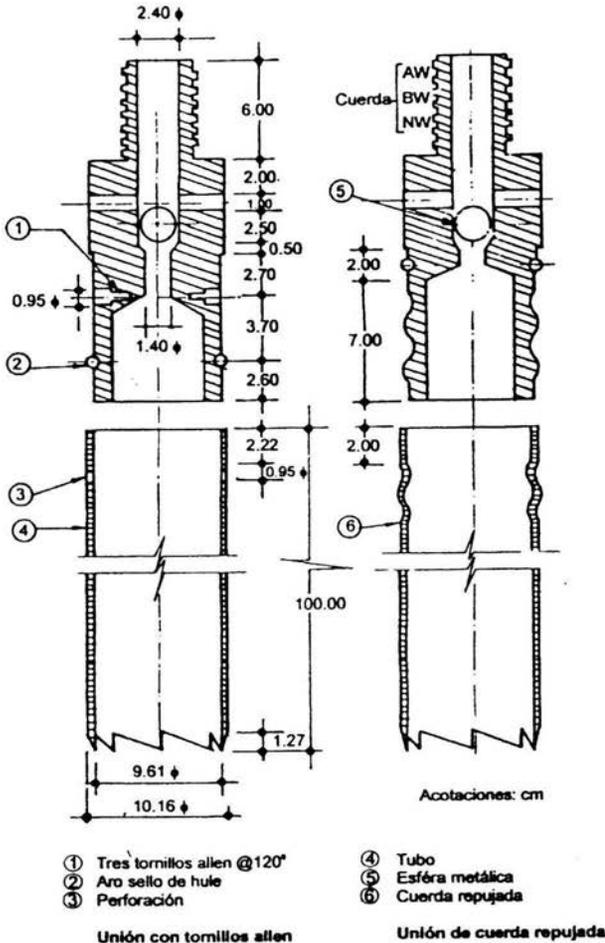


Fig. 2.3.4 Muestreador de tubo dentado con válvula esférica de pie

El muestreador Pitcher tiene características similares al Denison, salvo que tiene intercalado entre el tubo interior y el exterior un resorte axial que permite regular, de acuerdo con la dureza del suelo en que penetra, la distancia "d" entre la broca y el tubo interior. Este muestreador se presenta en la figura 2.3.7 en las tres etapas de su operación. Ambos muestreadores se operan de manera similar: el tubo interior se hinca a presión en el suelo, en tanto que el tubo exterior gira y la broca corta al suelo circundante. La velocidad de rotación del muestreador Denison varía entre 50 y 200rpm, y en el Pitcher debe ser de 100rpm como máximo.

Estos muestreadores proporcionan muestras donde los otros procedimientos son ineficaces, además de ser los únicos que simultáneamente muestrean y perforan. Su operación es una maniobra delicada.

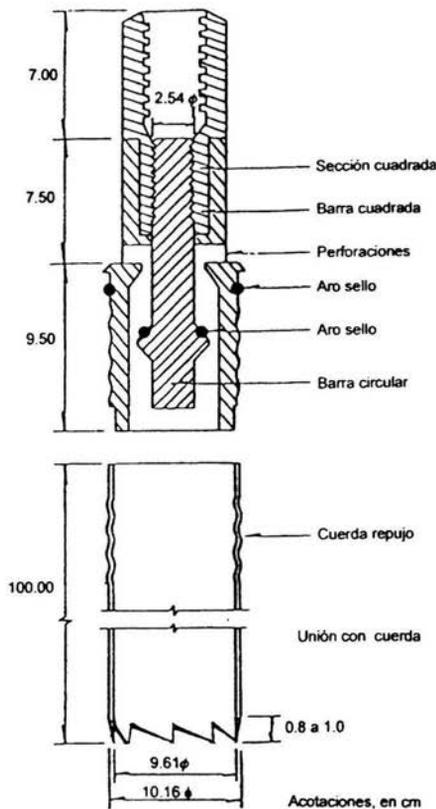


Fig. 2.3.5 Muestreador de tubo dentado con válvula deslizante

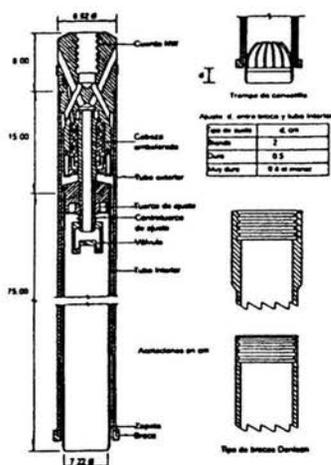


Fig. 2.3.6 Muestreador tipo Denison

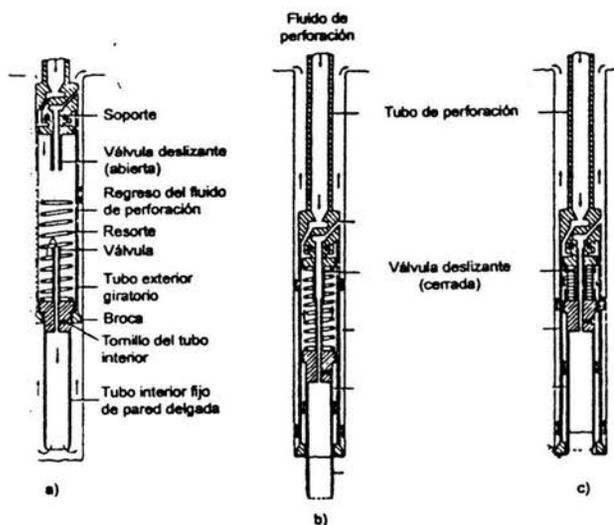


Fig. 2.3.7 Muestreador Pitcher

Pruebas de penetración.

Los penetrómetros son conos o tubos de acero que se hincan a presión (estáticos) o con el impacto de una masa (dinámicos) y permiten definir indirectamente la estratigrafía del sitio y la variación de la compacidad relativa y la resistencia al corte (drenada) de las arenas con la profundidad, así como la resistencia al corte no drenada de las arcillas.

Con el penetrómetro estándar se recuperan, además, muestras alteradas que permiten definir confiablemente la estratigrafía. Cabe aclarar que la resistencia al corte drenada de las arenas depende de la permeabilidad de éstas, así como de sus condiciones de frontera para el flujo de agua; aunque esto ciertamente es cuestionable cuando las arenas están contaminadas con limos y se trata de ensayos de penetración dinámica.

En la exploración de un sitio, los penetrómetros se emplean de acuerdo con tres criterios de aplicación:

- Como instrumento de exploración, para definir la estratigrafía y facilitar con ello la selección de los muestreadores de suelo que deberán emplearse.
- Para disminuir el costo de realización de sondeos complementarios para cubrir un área grande.
- Como técnica única de exploración en proyectos de bajo costo que no puedan justificar sondeos de muestreo.

En la tabla 2.4 se presenta una recopilación sobre los penetrómetros de uso más difundido. A continuación se encuentra en detalle sobre el penetrómetro estándar de tubo partido porque es de los mayores útiles en razón de las correlaciones que pueden establecerse con las propiedades de los suelos.

Penetrómetro estándar (SPT).

El penetrómetro estándar es un tubo de dimensiones normalizadas que se hincan a percusión (Fig. 2.3.8). Consiste en un tubo de pared gruesa partido longitudinalmente, con una zapata de acero endurecido y una cabeza que lo une al extremo inferior de la columna de barras de perforación con que se hincan; la cabeza tiene un conducto para la salida de azolves a través de una válvula esférica o una válvula de varilla. Opcionalmente se utiliza una trampa de paso para retener las muestras (CFE, 1980 y ASTM D-1586, 67, 1977).

El equipo auxiliar para el hincado es una masa golpeadora de acero de 64kg (0.63kN) con guía de caída libre de 75cm (2.5ft) y barras de perforación AW ó BW (4.44 y 5.40cm, 1.7 y 2.1in, de diámetro y 6.53 y 6.23kg/m, 64 y 61.1N/m de peso, respectivamente) con un yunque de golpeo incorporado a la columna de barras. La masa golpeadora se levanta con un malacate de fricción (cabeza de gato).

Tabla 2.4 Penetrómetros para la exploración de suelos

	Penetrómetro	Aplicación al suelo			Se obtiene	Operación	Comentarios
		Recomen- dable	Acep- table	Inacep- table			
ESTÁTICOS	Cono holandés mecánico de 3.6cm (1.42in) de diámetro y 60° de ángulo de ataque (CPT)	Arena y limo	Arcilla	Grava	La variación de la resistencia de punta (q_c) y de fricción (f_s) que se generan durante su hincado de 20cm (8in)	Se hince a presión con velocidad de 1.2m/min (2cm/s, 0.8in/s) con la ayuda de un sistema de carga hidráulica	Es una prueba precisa pero debe correlacionarse con pruebas de laboratorio. En arcillas conviene correlacionarla con pruebas de veleta (Sanglerat, 1972; Begeman, 1963 y Begeman, 1957)
	Cono holandés eléctrico de 3.6cm (1.42in) de diámetro y 60° de ángulo de ataque (CPT)	Arena y limo	Arcilla	Grava	La variación continua de la resistencia de punta (q_c) y de fricción (f_s) con mayor precisión que el cono mecánico	Igual que el anterior. Se ha elaborado una norma tentativa para su operación (ASTM-D-3441-75T, 1975). Es más eficiente que el cono mecánico	Igual que el anterior (Sanglerat, 1972 y De Ruiter, 1972)
DINÁMICOS	Penetrómetro estándar 5.1cm (2in) de diámetro exterior y 3.6cm (1.42in) de diámetro interior (SPT)	Arena y arcilla dura	Arcilla media	Arcilla blanda	Muestras alteradas de cualquier profundidad y el número de golpes necesario para hincarlo	Se hince a percusión con el impacto de una masa de 64kg (141lb) dejada caer de 75cm (2.5ft) de altura. Se cuenta el número de golpes para hincarlo 30cm (1ft) después de haber penetrado 15cm (0.5ft).	Es una prueba de poca precisión, pero probablemente la más utilizada por que se tienen numerosas correlaciones con las propiedades y comportamiento de los suelos (CFE, 1980 y NRACC, 1975)
	Cono simple hincado a percusión, de 5.1cm (2in) de diámetro y 60° de ángulo de ataque	Grava y arena	---	Arcilla	La variación con la profundidad del número de golpes necesario para hincarlo	Semejante al penetrómetro estándar, y en ocasiones con martillos de 128kg (282lb)	Es una prueba burda, pero es la única que hasta ahora puede proporcionar información en suelos con alto contenido de gravas (CFE, 1980)
	Penetrómetro Sermes de 7cm (2.75in) de diámetro y 90° de ángulo de ataque	Arena con poca grava	Arcilla dura	Arcilla blanda	El número de golpes necesario para hincarlo 10cm (4in).	Se hince a percusión con una masa de 30, 60 ó 90kg (66, 132 ó 198lb) que la levanta automáticamente un cilindro neumático y la deja caer de 40cm (1.31ft) de altura	Es un sistema muy eficiente pero de uso poco extendido y por ello no se ha acumulado experiencia en su empleo (CFE, 1980)

El penetrómetro estándar se hincan 45cm (1.5ft) en el fondo de una perforación de 7.5cm (3in) de diámetro mínimo con los impactos de la masa de 64kg (0.63kN) y caída libre de 75 +/- 1cm, 2.5 +/- 0.03ft (Fig. 2.3.9). Se cuenta el número de golpes para hincar cada tramo de 15cm (0.5ft). Se define como resistencia a la penetración estándar, al número N de golpes necesarios para hincar el penetrómetro los dos últimos tramos de 15cm (6in). Cuando debido a la dureza del suelo no se puede penetrar los 45cm (1.5ft), se define N por extrapolación (CFE, 1980).

Después de hincado se saca el penetrómetro a la superficie para recuperar la muestra alterada, que se coloca en un frasco hermético, y se registra la información del hincado y clasificación del suelo. Al interpretar los resultados obtenidos con este penetrómetro se puede lograr:

- Definir la estratigrafía del sitio.
- Determinar por correlación la compacidad relativa de suelos granulares y la consistencia de suelos cohesivos.
- Obtener muestras alteradas para determinar en el laboratorio sus propiedades índice.

La estratigrafía del sitio se define a partir de la compacidad relativa de los suelos, número de golpes N necesario para hincar el penetrómetro los 30cm (1ft), o el obtenido por extrapolación en los casos en que no penetre los 45cm (1.5ft) especificados, y de la clasificación de campo de suelos de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), como se muestra en la figura 2.3.10.

La correlación empírica entre el número de golpes N y la compacidad presentada en la tabla 2.5 es válida para arenas localizadas arriba del nivel freático. Para tomar en cuenta la profundidad a la que se realiza la prueba y la posición del nivel freático se debe utilizar la correlación de la figura 2.3.11.

La resistencia a la penetración estándar se puede correlacionar con el ángulo de fricción interna mediante la gráfica empírica de la figura 2.3.12.

Terzaghi and Peck, (1968) establecieron la correlación empírica entre la resistencia a la penetración estándar, la consistencia de suelos cohesivos y la resistencia a la compresión sin confinar, q_u , mostrada en la tabla 2.6, pero su empleo es menos confiable que la correlación con la compacidad relativa.

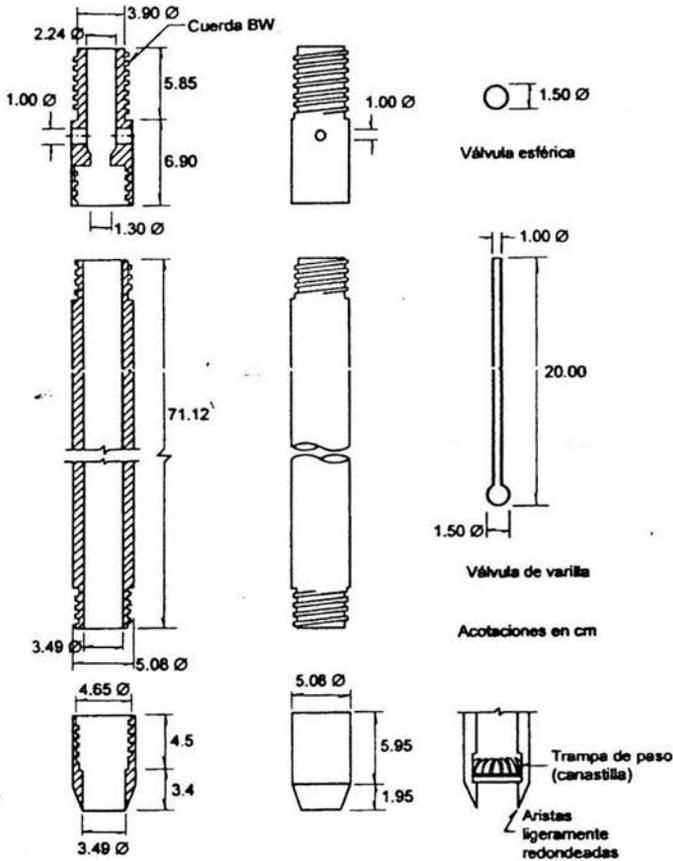


Tabla 2.5 Correlación número de golpes vs compacidad relativa (Terzaghi and Peck, 1968)

Número de golpes	Compacidad relativa
0 - 4	Muy suelta
4 - 10	Suelta
10 - 30	Media
30 - 50	Compacta
> 50	Muy compacta

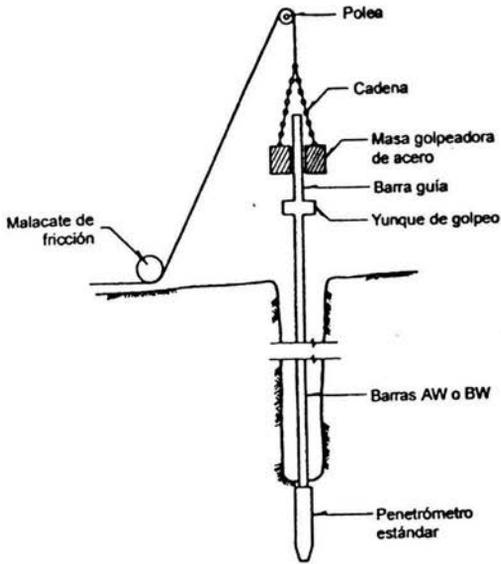


Fig. 2.3.9 Prueba de penetración estándar

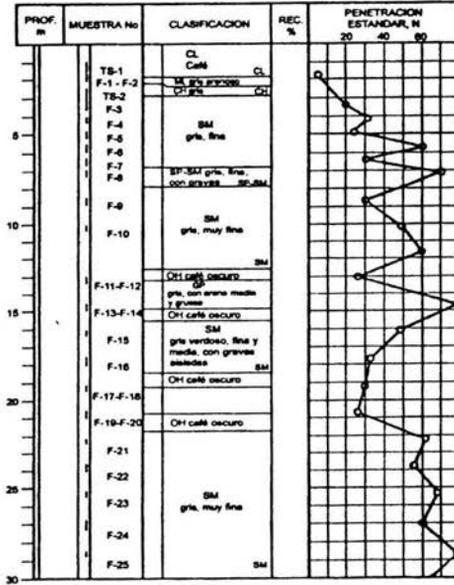


Fig. 2.3.10 Perfil estratigráfico de un sitio

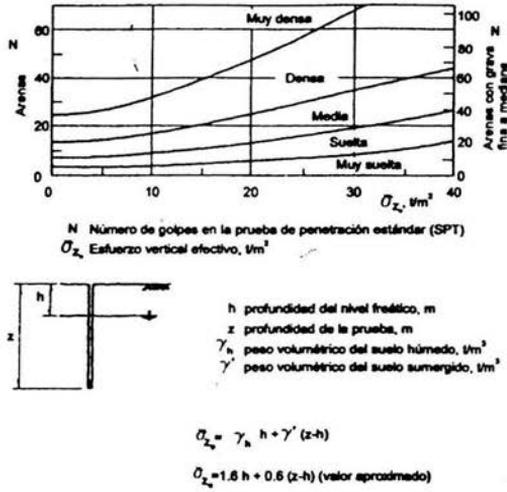


Fig. 2.3.11 Correlación número de golpes vs. compacidad relativa de arenas

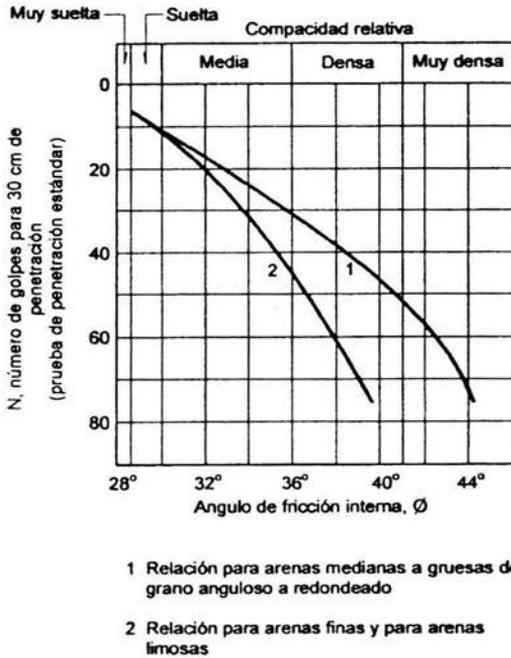


Fig. 2.3.12 Correlación número de golpes vs ángulo de fricción interna ϕ (Terzaghi and Peck, 1968)

Tabla 2.6 Correlación entre N , q_u y la consistencia (Terzaghi and Peck, 1968)

Consistencia	Muy blanda	Blanda	Media	Firme	Muy firme	Dura
N	2	2 - 4	4 - 8	8 - 15	15 - 30	30
q_u (kg/cm^2)	0.25	0.25 - 0.5	0.50 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 4.0	4.0

La prueba de penetración estándar debe realizarse cuidando que el muestreador tenga las dimensiones señaladas, el peso del martillo sea de 64kg (0.63kN) y la caída libre de 75cm (2.5ft). La perforación debe mantenerse con un espesor máximo de azolves de 5cm (2in) y el agua o lodo empleados para la perforación deben mantenerse a un nivel constante. Las barras para el hincado deberán ser AW o BW y su movimiento, al meterlas o sacarlas del sondeo, deberán ser lento para evitar que se genere succión y con ello se reduzca la compacidad relativa de los suelos predominantemente friccionantes.

En suelos de bajo contenido de agua, el avance de la perforación debe hacerse en seco, por que el empleo de agua o lodo reduce el número de golpes y aumenta el contenido de agua.

II.4 PRUEBAS DE LABORATORIO.

El programa de estudios de laboratorio se establece para cumplir con dos objetivos esenciales: clasificar cuidadosamente los suelos encontrados y obtener sus parámetros de resistencia y deformabilidad para el diseño de la cimentación; para alcanzar estos propósitos, se realizan las pruebas índice y mecánicas enumeradas en la Fig. 2.4.1.

Las condiciones de prueba deben elegirse en cada caso particular tratando de reproducir los estados de esfuerzo y patrones de drenaje que generará la estructura; la selección adecuada de las muestras, de acuerdo a tales condiciones permitirá obtener parámetros de diseño representativos del comportamiento del suelo.

Las pruebas que se describen más adelante, tales como la prueba de compresión simple y las pruebas de compresión triaxial (CU, UU y CD), tienen como objetivo mostrar el procedimiento que se tiene que llevar a cabo para obtener parámetros de diseño representativos del comportamiento del suelo.

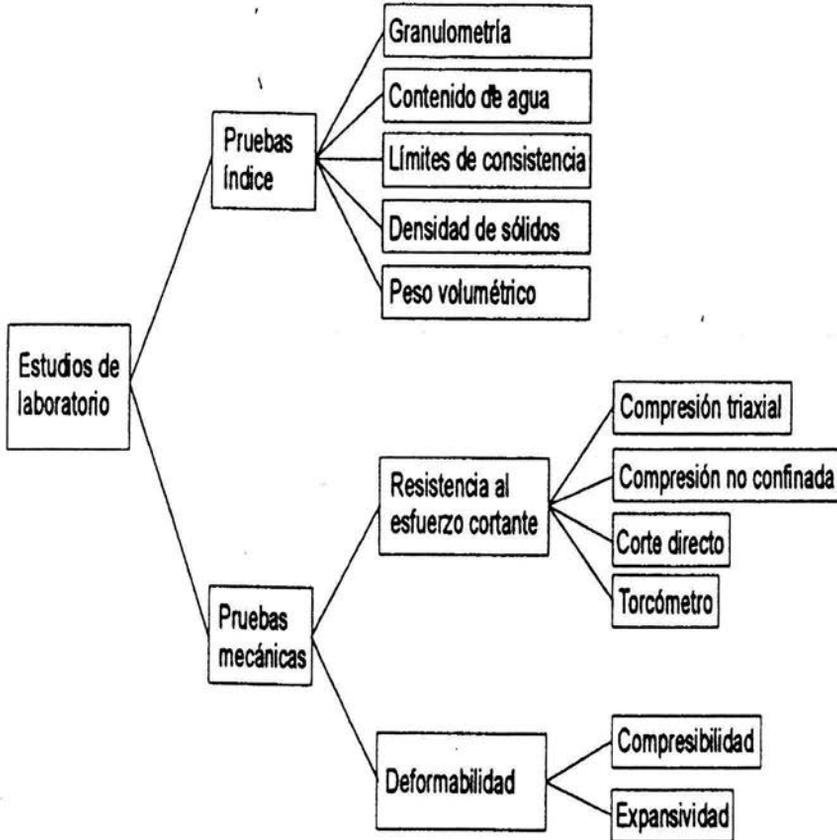


Fig. 2.4.1 Estudios de laboratorio

II.4.1 Prueba de compresión no confinada (Compresión simple).

Esta prueba no es realmente triaxial y no se clasifica como tal, pero en muchos aspectos se parece a una prueba no consolidada no drenada (UU). Los esfuerzos exteriores al principio de la prueba son nulos, pero existen en la estructura del suelo esfuerzos efectivos no muy bien definidos, debidos a tensiones capilares en el agua intersticial.

1) Introducción

La prueba de compresión simple es la más usada en los laboratorios de Mecánica de Suelos para los trabajos de rutina. Esta prueba tiene la ventaja de ser de fácil realización y de exigir equipo relativamente sencillo, en comparación de las pruebas triaxiales.

Sin embargo, una correcta interpretación de sus resultados es más difícil que en el caso de las pruebas triaxiales, si se desea ir al fondo de los mecanismos de falla que tienen lugar; por el contrario, los resultados de la prueba son de fácil aplicación a los trabajos de rutina, por lo menos en apariencia, pero es recomendable que las conclusiones que se deriven de esta prueba vayan siempre sancionadas por un especialista. La prueba queda circunscrita a arcillas y suelos cohesivos, pues en las arenas y suelos arenosos no es posible el labrado de las muestras.

b) Equipo

- Una báscula de carga u otro aparato que cubra sus fines.
- Cortador para el espécimen, segueta de alambre, etc.
- Recipiente para determinación del contenido de agua.
- Extensómetro.
- Balanza.
- Cilindro metálico y demás equipo para preparar un espécimen de suelo remoldeado, si ese es el caso.

c) Preparación de la muestra

- *Especímenes de suelo inalterado.*

Córtense prismas de unos 5cm de lado de base y unos 12 ó 13cm de longitud de la arcilla inalterada. Con un cortador y una segueta de alambre afinese los especímenes hasta su forma definitiva cilíndrica de 3.6cm de diámetro de base, y 9cm de altura. El material producto del labrado debe conservarse, protegiéndolo del secado.

- *Especímenes de suelo remoldeado.*

Premoldéese la arcilla a mano hasta formar una masa homogénea, sin grumos, de material inalterado. Prepárese un fragmento de tubo de bronce o latón y una placa de vidrio, aceitándolas ligeramente. Con la arcilla fórmese una bola del tamaño de una

nuez y colóquese ésta dentro del cilindro colocado sobre la placa de vidrio; apisonése el material. Estas operaciones han de repetirse hasta llenar el molde. Finalmente, extráigase el espécimen del molde.

d) Protección de la muestra contra la evaporación

Aun en pruebas de sólo unos minutos de duración, es conveniente proteger a los especímenes contra la evaporación; para ello existen muchos métodos, algunos de los cuales se mencionan a continuación, ordenados de menor a mayor efectividad:

1. Envuélvase la muestra en una toalla de papel húmeda, sin que quede ceñida.
2. Cúbrase el espécimen con una capa delgada de grasa.
3. Enciérrase el espécimen en una cámara cerrada con agua en el fondo.
4. Cúbrase el espécimen con una membrana de hule delgada.
5. Envuélvase el espécimen con dos membranas de hule y una capa de grasa a prueba de agua entre ellas, sumergiendo el conjunto totalmente en agua.

e) Procedimientos de prueba

Los métodos de prueba dependen del equipo de carga disponible; a continuación se detallan los dos casos más comunes. Sin embargo, como criterio general es de señalar que es conveniente que la prueba dure de 5 a 10min. Si la carga se aplica en incrementos, esto puede lograrse haciendo obrar cada minuto valores del orden de 1/5 a 1/10 de la carga de falla estimada (al hacer esta estimación debe tenerse presente que la resistencia de las arcillas remoldeadas, en general, es mucho menor que la de las mismas en estado inalterado).

Un aparato portátil de piñón y cremallera o de plataforma de carga con tornillo de avance es recomendable para adquirir a priori una idea de la resistencia del material a probar y de los incrementos de carga a usar en una prueba más ambiciosa; este aparato sencillo puede usarse, por ejemplo en el campo, para determinaciones toscas de las resistencias a la compresión simple de las arcillas.

En pruebas con deformación controlada deberá trabajarse con una velocidad tal que la prueba dure el mínimo tiempo señalado.

- Procedimiento de prueba con aplicación directa de la carga. (Esfuerzo controlado).

El procedimiento se ajustará a lo que sigue:

1. Móntese el espécimen, con su base y cabezal ya instalados bien centrado bajo el marco de carga.
2. Colocando una pequeña pesita en la ménsula, asegúrese un buen contacto entre el espécimen y el marco de carga, a través del balín y la placa del cabezal. Verifíquese previamente que el peso del marco de carga está correctamente balanceado por el contrapeso.

3. Móntese un extensómetro sensible al centésimo de milímetro en su soporte, adosado al marco de carga. Ajustese a una lectura inicial de cero.
4. Échese a andar un cronómetro y, simultáneamente, aplíquese el primer incremento de carga a la ménsula. Inmediatamente antes de aplicar el siguiente incremento de carga deberá observarse y registrarse la lectura del extensómetro debe hacerse 5seg antes de aplicar el siguiente.
5. Conforme la muestra se acerque a la falla deberá ser cuidadosamente observada para detectar sus grietas o posibles planos de falla y otros puntos de interés.
6. Si la muestra falla bruscamente regístrese el tiempo transcurrido tras la aplicación del último incremento de carga; después quítense las pesas de la ménsula. Si no hay falla brusca, la prueba se dará por terminada al sufrir la muestra una deformación unitaria del orden de 20%.
7. Quítense la muestra del aparato y hágase un esquema de su falla y agrietamientos a una escala correcta.
8. Córtese una laja delgada, de unos 3mm de espesor, paralela al plano de falla, para determinación de contenido de agua. El resto del espécimen se pondrá a secar para el mismo fin.
9. Calcúlense las deformaciones correspondientes a los diferentes esfuerzos, según los datos observados, calculando con áreas corregidas y dibújese un diagrama esfuerzo-deformación.

- Procedimiento de prueba con báscula de carga. (Deformación controlada).

El método se ceñirá a los siguientes pasos:

1. Colóquese sobre la plataforma de la báscula de carga una placa metálica redonda, con dos brazos verticales entre los que va el puente para instalar el extensómetro; sobre esa base colóquese una placa destinada a soportar directamente al espécimen.
Sobre dicho espécimen otra placa delgada hace el papel de cabezal, en el cual se apoyará, a través de un balín, el marco móvil de carga. La colocación de todos esos objetos hará que la aguja de la carátula de la báscula abandone su posición original de lectura cero; por medio de los pesos situados en los brazos horizontales de la báscula, deberá volverse dicha aguja a su posición original. En este momento la báscula está lista para la prueba.
2. Céntrese bien el espécimen bajo el marco móvil, cuidando que el balín transmisor resulta perfectamente axial. Acciónese manualmente las palancas que mueven el marco móvil hasta lograr el contacto con el cabezal de la muestra, a través del balín; éste se hace notorio por un pequeño desplazamiento de la aguja de la carátula de la báscula, la cual deberá colocarse en cero otra vez, accionando ligeramente en sentido inverso el mismo control manual.
3. Móntese el extensómetro y ajústese su carátula en lectura cero.
4. Conéctese el mecanismo eléctrico de la báscula y échese a andar el mecanismo de aplicación de carga simultáneamente con un cronómetro. El marco de carga descende ahora a una velocidad uniforme, comprimiendo al espécimen contra la plataforma, con lo cual la carátula de la báscula marcará las cargas aplicadas progresivamente.

5. Deberán hacerse lecturas de la carga aplicada a cada milímetro de deformación, según indicación del extensómetro. Esta frecuencia puede variarse de acuerdo con la mayor o menor rigidez del espécimen; en los especímenes más rígidos es recomendable una frecuencia mayor. La velocidad de deformación es frecuentemente de 1mm por minuto, sin embargo, pueden precisarse velocidades menores cuando se prueben muestras muy rígidas, de manera que la prueba dure un tiempo comprendido entre los 5 y 10min ya señalados.
6. Conforme la muestra se acerque a la falla deberá ser observada cuidadosamente para detectar sus grietas, planos de falla u otros puntos de interés.
7. Por lo general, la falla del espécimen esta señalada por un regreso en la aguja de la carátula de la báscula, tanto mayor cuanto la falla sea más típicamente frágil. El instante en que esto ocurra debe ser registrado. Después deberá continuarse la prueba haciendo lecturas en la forma normal, hasta obtener algunos valores para la curva esfuerzo-deformación en la zona delante de la carga máxima. La prueba deberá suspenderse al alcanzar la muestra una deformación unitaria del orden del 20%. Si no se define una falla típica, deberá también suspenderse la prueba al llegar al mismo límite de deformación.
8. Quítese la muestra del aparato y hágase un esquema de su falla y agrietamientos a una escala correcta.
9. Córtese una laja delgada, de unos 3mm de espesor, paralela al plano de falla, para determinación de contenido de agua. El resto del espécimen se pondrá a secar para el mismo fin.
10. Calcúlense las deformaciones correspondientes a los diferentes esfuerzos, según los datos observados, calculando con áreas corregidas y dibújese un diagrama esfuerzo-deformación.

f) Errores posibles

La elección de la magnitud de los incrementos de carga aplicados o de la velocidad de aplicación de la carga, pueden influir en la forma de la curva esfuerzo-deformación y en el valor de la resistencia última.

El labrado del espécimen y la prueba deben realizarse en un cuarto húmedo para evitar evaporación.

Por un ajuste impropio de la base o el cabezal con el espécimen pueden tenerse errores en las lecturas del extensómetro y en la verticalidad de las muestras; en arcillas duras y frágiles es aconsejable cabecear los especímenes antes de la prueba.

II.4.2 Pruebas de compresión triaxial.

Prueba triaxial consolidada drenada (CD).

La característica fundamental de la prueba es que los esfuerzos aplicados al espécimen son efectivos. Primeramente se sujeta al suelo a una presión hidrostática (σ_c), teniendo abierta la válvula de comunicación con la bureta y dejando transcurrir el tiempo necesario para que haya completa consolidación bajo la presión actuante. Cuando el

equilibrio estático interno se haya reestablecido, todas las fuerzas exteriores estarán actuando sobre la fase sólida del suelo; es decir, producen esfuerzos efectivos, en tanto que los esfuerzos neutrales en el agua corresponden a la condición hidrostática. La muestra es llevada a la falla a continuación aplicando la carga axial en pequeños incrementos, cada uno de los cuales se mantiene el tiempo necesario para que la presión en el agua, en exceso de la hidrostática, se reduzca a cero.

Prueba triaxial consolidada no drenada (CU).

En este tipo de prueba, el espécimen se consolida primeramente bajo la presión hidrostática σ_c , como en la primera etapa de la prueba CD; así, el esfuerzo σ_c llega a ser efectivo (σ_c'), actuando sobre la fase sólida del suelo. En seguida, la muestra es llevada a la falla por un rápido incremento de la carga axial de manera que no se permita cambio de volumen.

El hecho esencial de este tipo de prueba es el no permitir ninguna consolidación adicional durante el periodo de falla, de aplicación de la carga axial. Esto se logra fácilmente en una cámara de compresión triaxial cerrando la válvula de salida de las piedras porosas a la bureta; una vez hecho esto, el requisito es cumplido independientemente de la velocidad de aplicación de la carga axial; sin embargo, parece no existir duda de que esa velocidad influye en la resistencia del suelo, aun con drenaje totalmente restringido.

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

De hecho no hay ninguna razón en principio para que el esfuerzo desviador sea integralmente tomado por el agua en forma de presión neutral; si la muestra estuviese lateralmente confinada, como en el caso de una prueba de consolidación, si ocurriría esa distribución simple del esfuerzo vertical, pero en una prueba triaxial la muestra puede deformarse lateralmente y, por lo tanto, su estructura toma esfuerzos cortantes desde un principio.

Prueba triaxial no consolidada no drenada (UU).

En este tipo de prueba no se permite en ninguna etapa consolidación de la muestra. La válvula de comunicación entre el espécimen y la bureta permanece siempre cerrada impidiendo el drenaje. En primer lugar se aplica al espécimen una presión hidrostática y, de inmediato, se hace fallar al suelo con la aplicación rápida de la carga axial. Los esfuerzos efectivos en esta prueba no se conocen bien, ni tampoco su distribución, en ningún momento, sea anterior o durante la aplicación de la carga axial.

2) Introducción

Las pruebas de compresión triaxial se realizan con el propósito de determinar las características de esfuerzo-deformación y resistencia de los suelos sujetos a esfuerzos cortantes, producidos cuando varían los esfuerzos principales que actúan sobre un espécimen cilíndrico del suelo de que se trate. En los tipos más usuales del aparato de prueba, dos de los esfuerzos principales se producen por presión de un líquido que rodea el espécimen y, por lo tanto, son iguales. La descripción que sigue se refiere básicamente a la prueba de compresión que se hace aumentando el esfuerzo axial.

b) Aparato para efectuar las pruebas

El único aparato que se describe en lo que sigue corresponde a un modelo originalmente diseñado en la Universidad de Harvard, E.U., y es, seguramente, uno de los tipos más comunes en los laboratorios de Mecánica de Suelos en todo el mundo. En la figura 2.4.2 a) aparece un esquema del conjunto.

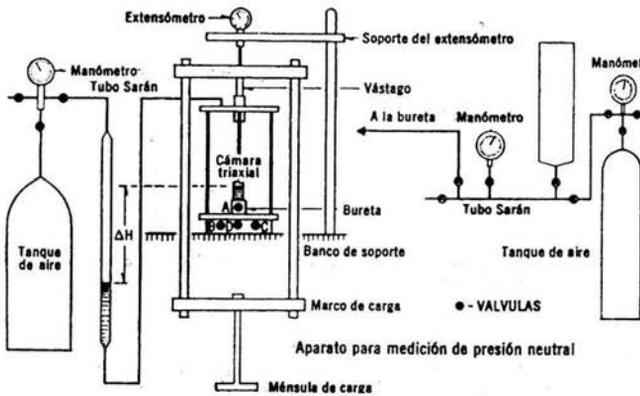


Fig. 2.4.2 a) Conjunto del dispositivo para pruebas de compresión triaxial.

El aparato consta, en primer lugar, de la llamada cámara de compresión triaxial (Fig. 2.4.2 b) constituida por un cilindro de lucita, de unos 10cm de diámetro exterior y unos 6mm de espesor en su pared. Las bases de la cámara son dos placas redondas de acero al cadmio (o su equivalente), selladas respecto al cilindro de lucita perfectamente, por medio de goma o hule.

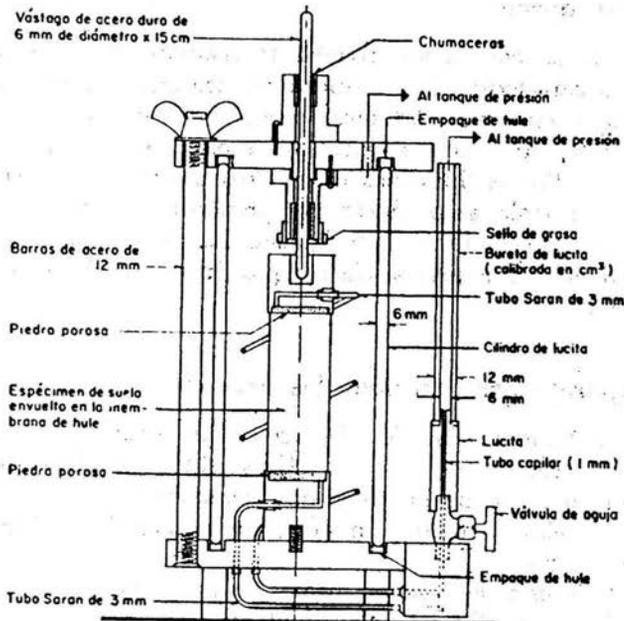


Fig. 2.4.2 b) Cámara de compresión triaxial.

La cámara con las anteriores dimensiones es resistente a presiones internas hasta valores de alrededor de 7 kg/cm^2 , con un generoso factor de seguridad. Si las presiones interiores fueran aún mayores, la cámara deberá protegerse con anillos de bronce o latón o con malla metálica; con estas protecciones pueden manejarse presiones hasta de 10 kg/cm^2 .

Dentro de la cámara se ubican dos cilindros cortos de lucita, que sirven de base y cabezal del espécimen, con piedras porosas en los contactos con dicho espécimen. Estas piezas están perforadas y se comunican, por medio de tubo serán de unos 3 mm (1/8 in) de diámetro exterior con una bureta, a fin de permitir drenaje de la muestra durante su consolidación.

El vástago transmisor de carga axial transmite ésta a la muestra a través del cabezal superior de lucita, que esta provisto de una perforación para que penetre la punta de dicho vástago; en esa perforación se permite un juego de dos o tres grados a fin de garantizar en todo caso un contacto entre la piedra porosa del cabezal y la cara superior del espécimen que produzca una distribución uniforme de la presión axial.

El sistema de drenaje está constituido por cuatro válvulas, un pequeño depósito de agua y una bureta calibrada, preferentemente de lucita, por no ser este material muy quebradizo. Un esquema detallado de esta instalación se muestra en la figura 2.4.2 c). Las líneas de drenaje de la base y del cabezal de lucita atraviesan materialmente la placa metálica que constituye la base de la cámara.

Esto tiene por objeto que el agua no entre en contacto con el metal y así evitar la posibilidad de actividad electroquímica, en pruebas de larga duración.

Las cargas se aplican colocando pesas en una ménsula apropiada, que cuelga de un marco móvil. Esto implica realizar la prueba por el método de esfuerzo controlado; alternativamente puede aplicarse la carga controlando la velocidad de deformación (deformación controlada); en este caso, debe medirse la magnitud de la carga, insertando un anillo de carga calibrado entre el vástago y el cabezal de la muestra o entre el vástago y el marco de carga.

Estos anillos de carga son piezas anulares de acero calibradas previamente, conociéndose las variaciones de su diámetro interior bajo la acción de carga axial; en el momento de la prueba, un extensómetro colocado diametralmente da las deformaciones que tengan lugar las que, en la tabla o gráfica de calibración, proporcionan las cargas actuantes correspondientes.

En ocasiones la prueba se efectúa sobre una báscula cuya carátula da, directamente sin necesidad de anillo, las cargas aplicadas en cada instante. Desde el punto de vista de determinaciones de resistencia no existe diferencia importante entre los métodos de esfuerzo o deformación controlados, si es que las demás circunstancias de la prueba se mantienen similares.

En trabajos de rutina el actual progreso de las básculas de laboratorio ha popularizado el empleo de la deformación controlada, pero en trabajos de investigación suele considerarse más preciso el método de esfuerzo controlado.

Las cargas se aplican siempre desde el exterior y se transmiten al espécimen por medio de un vástago bien ajustado. La fricción que actúe sobre el vástago puede llegar a ser de importancia, por lo que es conveniente o bien medir las cargas dentro de la cámara (por ejemplo, con un anillo de carga) o bien recurrir a diseños muy delicados que reduzcan esa fricción a un mínimo. En las cámaras modernas es usual un diseño especial a base de cojinetes con bolas que reducen a un mínimo la fricción del vástago cuando éste se desplaza axialmente.

Cuando se usa el método de esfuerzo controlado, la deformación se mide simplemente colocando un extensómetro sobre el marco de carga. En las pruebas de compresión axial se requiere que la muestra esté enfundada en membranas transparentes, resistentes e impermeables. En pruebas de rutina, las disponibles comercialmente son satisfactorias, pero en pruebas de larga duración se ha observado que el flujo a su través aunque pequeño, llega a afectar seriamente los resultados de las pruebas; algunos laboratorios han optado por el uso de membrana doble, en tanto que otros han

preferido la fabricación de sus propias membranas, buscando siempre satisfacer el doble requisito de impermeabilidad y resistencia.

Para dar la presión inicial en torno a la muestra, el aire sería el fluido ideal, sino fuera porque todas las membranas son permeables a sus moléculas. En las pruebas UU, que se realizan en pocos minutos, la cantidad de aire que alcanza a atravesar la membrana no es de consideración pero en las pruebas CD y CU, aun pequeñas cantidades de aire aumentan la presión neutral, disminuyendo en la misma proporción a la efectiva; esto aparte del efecto desfavorable causado por la acumulación de aire libre dentro del espécimen.

Para disminuir este flujo a través de la membrana, algunos investigadores llenan la cámara triaxial hasta un nivel superior al espécimen con un fluido que no ataque a la membrana (agua, glicerina, aceites, etc.).

Aunque las membranas usadas son comparativamente impermeables a estos fluidos, esto no resuelve el problema; el aire entra en solución con todos los líquidos, prácticamente hablando, en cantidad proporcional a la presión, por lo que en la cámara el fluido se satura de aire rápidamente.

A través de la membrana, el aire disuelto pasa entonces a formar solución en el agua intersticial de la muestra; esto sucede aun cuando dicha agua intersticial esté saturada, a su vez, de aire y ello por la menor concentración y presión que prevalece en el agua dentro de la muestra; al estar el agua de la muestra saturada de aire lo que sucede es que el aire que penetra desde el exterior, sale de la solución y forma burbujas con el efecto nocivo de crear presión neutral, si el drenaje de la muestra está impedido o de desalojar agua del suelo a la bureta, provocando en el observador la falsa impresión de un cambio de volumen adicional no ocurrido.

Lo que ha dado mejor resultado a final de cuentas es el llenar la cámara totalmente con el líquido, generalmente agua, dejando incluso que éste llene un buen segmento de la línea de comunicación con el compresor, que le comunica la presión por medio de aire comprimido y se ha observado que el agua que atraviesa la membrana que protege al espécimen ejerce un efecto de mucha menor importancia que el aire antes analizado.

c) Saturación del aparato

Todas las líneas de tubería, válvulas y piedras porosas del conjunto de la figura 2.4.2 c) deben llenarse con agua desaireada antes de comenzar la prueba; para lograrlo, procédase como sigue:

1. Desármese y límpiese la cámara y todas las líneas. Ciérrense todas las válvulas.
2. Fíjese el cabezal de lucita, interior a la cámara, en un soporte y póngasele su piedra porosa. El cabezal se colocará invertido quedando la piedra porosa sobre él.

3. Colóquese una sección corta de membrana de hule (de unos 5cm de longitud y mismo diámetro que la piedra porosa) sobre la base y otra sobre el cabezal de lucita.
4. Llénense con agua estas secciones de membrana y también el depósito de agua de reserva de la bureta.
5. Aplíquese una succión conveniente en el extremo superior de la bureta y ábranse las válvulas A y B. Manténgase la succión, añadiendo agua a la membrana de la base de lucita según se necesite, hasta que no se vean burbujas de aire en la línea. Ciérrase la válvula B.
6. Repítase la etapa 5) accionando ahora la válvula C, en lugar de la B.
7. Llénese bien el depósito de reserva de la bureta y repítase la etapa 5), accionando ahora la válvula D.

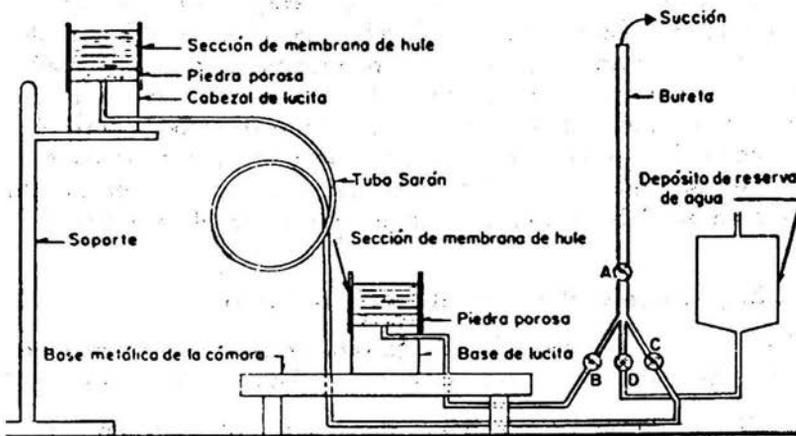


Fig. 2.4.2 c) Croquis de la disposición para la saturación del sistema de drenaje.

d) Preparación de la muestra

Primeramente se corta un fragmento prismático de suelo, usando segueta de alambre y guías apropiadas. Los extremos de ese fragmento deben cortarse también normalmente al eje del prisma. A continuación el fragmento se afina, usando un cortador vertical apropiado, hasta formar un espécimen cilíndrico de 3.6cm de diámetro (lo cual da un área de sección recta de 10.18cm^2 para la muestra) y de 10cm de altura aproximadamente.

El material sobrante de la afinación sirve para determinaciones de contenido de agua. Después se afina la altura del espécimen hasta su valor definitivo de 9cm (lo cual da al espécimen una relación de esbeltez de 2.5). Cuidadosamente, se coloca el espécimen en un recipiente hermético y se pesa, a fin de obtener su peso húmedo inicial.

Dentro de un cilindro metálico de 4.5cm de diámetro y 9.0cm de altura se coloca una membrana apropiada, doblando hacia fuera sus extremos y expandiéndola, creando un vacío entre la membrana y el cilindro.

En seguida este conjunto se coloca sobre el espécimen, cubriéndolo, se suspende el vacío, con lo que la membrana se aprieta en torno al espécimen y se retira el cilindro. Los extremos libres de la membrana se doblan ahora hacia afuera sobre el espécimen.

e) Armado del aparato en conjunto

Para poner el conjunto del aparato triaxial en condiciones de efectuar las pruebas deberá procederse como sigue (Fig. 2.4.2 a y 2.4.2 b):

1. Teniendo aún el cabezal de lucita colocado en su soporte en posición invertida, retírese la sección de hule con agua, quitando el exceso de agua que quede sobre la piedra porosa y póngase sobre ésta la muestra envuelta en su membrana; la muestra se colocará también en posición invertida.
2. Desenróllense el extremo de la membrana en torno al cabezal, alisando las arrugas. Hecho esto, asegúrese esta posición enrollando un hilo elástico en torno a la parte de la membrana que cubre al cabezal.
3. Retírese la sección de hule con agua que se tenía colocada sobre la base de lucita. Suéltese el cabezal de su soporte e inviértase el conjunto cabezal y muestra, cuidadosamente, colocándolo sobre la base de modo que la muestra quede en contacto con la piedra porosa.
4. Repítase la etapa 2) ahora con la base de lucita.
5. Colóquese el cilindro de lucita que forma la cámara triaxial, en su lugar.
6. Colóquese la base metálica superior de la cámara sobre el cilindro de lucita, centrando el vástago de carga axial cuidadosamente en el cabezal de lucita y verificando que los empaques de hule estén correctamente dispuestos.
7. Asegúrese provisionalmente la placa metálica superior por medio de sus tuercas y luego en forma definitiva enrosándolas sucesivamente, de modo que la placa quede bien horizontal; las tuercas deben afianzarse sólo con presión de mano.
8. Conéctese la línea de presión al correspondiente orificio de la placa metálica superior y la línea del agua al orificio de la placa inferior. Llénese la cámara, permitiendo que un sobrante de agua entre a la línea de presión, a fin de expulsar al aire atrapado. Desconéctese ahora la línea del agua.
9. Colóquese la cámara en el banco de soporte centrándola bien; ajústese el marco de carga sobre ella y también el extensómetro.
10. Conéctese la línea de presión a un tanque regulador con su válvula de salida cerrada. Ajústese la presión del tanque al valor que se desee tener en la cámara. Mídase y anótese la diferencia de carga (ΔH) entre los niveles del agua en la bureta y en la línea de presión; esta diferencia de carga debe ser deducida del valor señalado por el manómetro del tanque regulador para obtener la presión en la cámara.
11. Póngase en la ménsula de carga el peso suficiente para que el vástago se apoye en el cabezal de lucita, venciendo al empuje hidrostático hacia arriba que produce el agua a presión que actuará en el interior de la cámara.

12. Abrase la válvula de salida del tanque regulador, aplicando así la presión deseada al agua en la cámara.
13. Con las válvulas B y C cerradas, ábrase la A y, entreabierto la válvula D, bájese el nivel del agua en la bureta hasta la lectura cero en su escala. Ciérranse las válvulas A y D y ábranse entonces las B y C.
14. Ajústese el extensómetro a la lectura cero.
15. Para evitar que al fallar la muestra se produzca una deformación excesiva, perjudicial para las observaciones, colóquese en el suelo bajo la ménsula de carga un tope, que deje un espacio de 2.5cm aproximadamente entre su extremo y la ménsula.

El aparato está ahora en posición y la muestra lista para hacer la prueba.

f) Procedimiento para la prueba UU

Háganse actuar cargas sobre la ménsula, colocando los incrementos con intervalos de un minuto, obteniendo las lecturas del extensómetro correspondientes a cada incremento cinco segundos antes de agregar el siguiente incremento.

El peso de cada incremento será un décimo de la carga de falla prevista. Según la muestra se vaya acercando a la falla, deberá ser cuidadosamente observada tomándose nota del desarrollo de grietas, abultamientos, pérdidas de verticalidad, etc. A veces es deseable disminuir la magnitud de los incrementos de carga a la mitad, cerca de la falla; en este caso, los intervalos en que actúan los incrementos se reducirán también a medio minuto.

Después de que el espécimen haya fallado o de que su deformación axial sobrepase el 25-30% cesa el proceso de incrementar la carga, se quita la presión de la cámara, se retiran las pesas de la ménsula y se quita el extensómetro.

g) Procedimiento para la prueba CU

a) Etapa de consolidación.

Las lecturas iniciales durante esta primera etapa necesitan dos operadores; uno para leer el extensómetro y registrar los datos y el otro para leer las variaciones de nivel en la bureta. Por lo demás, las manipulaciones deberán ajustarse a lo que sigue:

1. En un cierto tiempo registrado, se abre la válvula A completamente.
2. Se toman lecturas simultáneas del extensómetro y la bureta, en tiempos de 15seg, 30seg, 1min, 2min, 4min, 8min, 15min, 1hr, 2hrs, 4hrs, etc., después de haberse iniciado el proceso de consolidación, por abrirse la válvula A.
3. Trácese gráficas semilogarítmicas de lecturas del extensómetro y de la bureta contra los tiempos transcurridos (escala logarítmica), simultáneamente al proceso de consolidación.

4. Al llegar al 100% de consolidación primaria, lo cual se nota por definirse tramos rectos en las curvas de consolidación, pero en ningún caso antes de 24hrs, se cierra la válvula A.

b) Etapa de carga axial y falla.

Se seguirá el mismo procedimiento descrito para la prueba UU.

h) Procedimiento para la prueba CD

a) Etapa de consolidación.

El procedimiento es análogo al descrito en la sección a) del procedimiento para la prueba CU.

b) Etapa de carga axial y falla.

La carga axial se aplica en incrementos, permitiendo completo drenaje de la muestra en todo momento. La velocidad de aplicación de las cargas y la magnitud de los incrementos aplicados varían a lo largo de la prueba, sin que pueda establecerse una secuela definida.

Los incrementos de carga iniciales pueden ser grandes, posiblemente de un cuarto de la carga de falla prevista, dejando aplicado cada uno hasta obtener, por lo menos, un 75% de consolidación primaria.

Después los incrementos deben ser de mucha menor magnitud y debe dejarse que cada uno obre durante 24hrs por lo menos. Al principio no se requiere obtener curvas de consolidación más que para verificar el haber alcanzado la consolidación primaria deseada, a menos que exista una razón especial para trazarlas.

No obstante, al final de la prueba sí es preciso disponer de frecuentes lecturas del extensómetro y la bureta, para poder calcular el área corregida de la sección transversal de la muestra. Deben tenerse registros frecuentes de la presión imperante en la cámara y de la temperatura del cuarto.

i) Cálculos

a) *Prueba UU*

Dibújese la curva esfuerzo-deformación unitaria. El área corregida se calcula con la ecuación:

$$A = \frac{100A_0}{100 - \text{Deformación}(\%)} \quad (\text{a.1})$$

Donde A_0 es el área de la sección transversal de la muestra al inicio de la prueba. Téngase en cuenta para comprender la expresión anterior que el volumen inicial de la muestra se supone igual al final; por lo tanto, si l_0 es la longitud inicial de la muestra, se tendrá:

$$A_0 l_0 = (l_0 - \text{deformación total}) A$$

Entonces:

$$A = \frac{A_0 l_0}{l_0 - def}$$

Si l_0 se toma como 100% y la deformación es la unitaria, se llega de inmediato a la expresión (a.1).

También se trazará el Círculo de Mohr correspondiente a los esfuerzos en el instante de la falla; σ_3 , igual a la presión hidrostática y σ_1 igual al σ_3 más el esfuerzo desviador aplicado por el vástago. Si se ejecutan varias pruebas rápidas, trácese la envolvente a los diversos círculos de Mohr obtenidos (uno de cada prueba).

b) Prueba CU

El área corregida de la muestra al fin de la primera etapa, que es inicial para la segunda etapa de carga, se calculará con la expresión:

$$A_0 = \frac{V - \Delta V}{H - \Delta H} \quad (\text{a.2})$$

Donde:

V= Volumen original del espécimen.

ΔV = Cambio de volumen, registrado en la bureta.

H= Altura original de la muestra.

ΔH = Cambio de altura de la muestra, registrado por el extensómetro.

En la segunda etapa deberá calcularse el área de la muestra correspondiente a cada incremento de carga aplicado, mediante la fórmula (a.1); con ello podrán trazarse las curvas esfuerzo-deformación. Trácese el Círculo de Mohr de falla. Si se hacen varias pruebas, trácese la envolvente a los círculos obtenidos.

c) Prueba CD

El área en el momento de la falla podrá calcularse con la expresión (a.2); así podrá calcularse el esfuerzo desviador. Trácese el Círculo de Mohr correspondiente y la envolvente de falla, si se efectúan varias pruebas.

j) Desarme del aparato en conjunto

Deberán seguirse los siguientes pasos:

1. Colóquese la cámara triaxial en un recipiente grande y aflójense las tuercas de la placa metálica superior, permitiendo que el agua fluya en el recipiente. La cámara puede vaciarse también abriendo la válvula de la placa superior, permitiendo el paso del aire y sacando el agua por la válvula de la placa inferior; empero este procedimiento es mucho más lento.
2. Quítense la placa metálica superior, las barras de armado entre las placas y el cilindro de lucita.
3. Desenróllense los hilos elásticos de la base y el cabezal de lucita; dóblense los extremos de la membrana otra vez sobre el espécimen y retírese la muestra.
4. Quítesele al espécimen la membrana impermeable rolándola a partir de un extremo y prepárese un esquema del espécimen fallado. Si hay un plano de falla claramente definido, médase su inclinación con un transportador de ángulos. Esta inclinación puede alterarse muy sensiblemente por deformación excesiva después de la falla.
5. Obténgase el peso húmedo de la muestra, séquesela en un horno y obténgase su peso seco. Calcúlese el contenido de agua al principio y al final de la prueba. La pérdida de agua entre los estados final e inicial debe compararse con el registro de la bureta; si existen discrepancias serias entre estas fuentes de información podrá deberse a flujo a través de la membrana o a alguna otra dificultad.
6. Séquese la membrana impermeable, rociándola con polvo de talco. Límpiense y ármese de nuevo el aparato.

k) Medidas de presión neutral

a) Equipo.

Las cámaras triaxiales modernas, como las del tipo aquí descrito, pueden usarse para medición de presión neutral durante la prueba, insertando, en la base de la bureta, un segmento corto de tubo capilar de lucita (Fig. 2.4.2 b) y conectando una línea de presión de aire (Fig. 2.4.2 a) al extremo superior de la bureta. Esta línea conduce a un sistema de válvulas de control y manómetros que permiten un buen ajuste de la presión neutral del agua intersticial.

b) Procedimiento para la prueba CU.

Se ceñirá a lo que sigue:

1. Con el aparato triaxial completamente armado y con la válvula que conecta la bureta con el espécimen cerrada, se somete a la bureta a una presión inicial, u_{no} , de 0.5kg/cm^2 , aproximadamente. Esta presión neutral inicial sirve para mantener la saturación completa.

2. En seguida aplíquese presión a la cámara de modo que en ella se tenga el valor deseado de σ_3 , más la presión u_{no} .
3. Abrase la válvula de comunicación entre la bureta y el espécimen y léase el extensómetro y el nivel de la bureta a intervalos convenientes. Se debe permitir que la muestra alcance el 100% de consolidación primaria y preferentemente déjese transcurrir 24hrs después de que tal punto sea alcanzado, a fin de hacer mínimos los efectos de la consolidación secundaria.
4. El nivel del agua en la bureta debe bajarse ahora hasta la sección capilar, entreabriendo la válvula D con cuidado y cerrando previamente las B y C. Una vez logrado esto, deberá cerrarse la válvula D y abrirse las B y C. A continuación, se aplican al espécimen incrementos de carga axial, con intervalos de 3 a 5min. Las válvulas del dispositivo de presión neutral deben ajustarse continuamente de modo que el menisco en la sección capilar ni ascienda, ni descienda. Deberán hacerse observaciones continuas hasta que la muestra falle. Los manómetros del dispositivo de presión neutral dan automáticamente las presiones necesarias para contrarrestar la desarrollada en el agua intersticial de la muestra, de modo que el menisco no se mueva.

Hoy en día existen métodos prácticamente más precisos para medir presiones neutrales que el aquí descrito, pero estos métodos se consideran técnicas especializadas de laboratorio, ya fuera del alcance de este trabajo.

CAPÍTULO III

CALIDAD TOTAL E IMPACTO AMBIENTAL EN ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS

III. CALIDAD TOTAL E IMPACTO AMBIENTAL EN ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS.

Los conceptos fundamentales de la llamada calidad total en los estudios de Mecánica de Suelos son: la satisfacción del cliente al obtener resultados confiables y satisfactorios y la calidad que ofrece la dependencia o laboratorio que realiza los estudios de Mecánica de Suelos (orientada a la mejora continua). Así mismo, evaluando el Impacto Ambiental que pueden generar los estudios de Mecánica de Suelos podremos predecir las consecuencias ambientales de dicha actividad y el procedimiento para mitigar impactos ambientales adversos.

En el presente capítulo mostraremos ejemplos de pruebas que se realizan en los estudios de Mecánica de Suelos y del procedimiento que se tiene que llevar a cabo para asegurar que se cumpla con la normatividad ISO-9000 e ISO-14000.

III.1 CALIDAD TOTAL.

La documentación adecuada de un sistema de calidad para un procedimiento escrito o documentado como los que se presentan más adelante a modo de ejemplo, generalmente contiene: los propósitos y alcance de una actividad; qué debe hacerse y por quién; cuándo, dónde y cómo debe ser hecha; qué materiales, equipo y documentos deben ser utilizados y cómo ésta debe ser controlada y registrada.

De acuerdo a lo anterior y refiriéndonos a estudios de Mecánica de Suelos se ven involucradas varias actividades que deben controlarse adecuadamente para ofrecer una "calidad total" en dichos estudios. Hay varias actividades en común durante la exploración, el muestreo, la realización de pruebas de campo y pruebas de laboratorio tales como: control de equipo de inspección, medición y prueba; control de registros de calidad y Capacitación del personal.

En el control de equipo de inspección, medición y prueba el Laboratorio o Dependencia debe establecer y mantener procedimientos documentados para controlar, calibrar y mantener los equipos de inspección, medición y prueba para demostrar la conformidad de los estudios que se estén realizando. El equipo de inspección, medición y prueba se debe utilizar de tal manera que se asegure que la incertidumbre de la medición es conocida y es consistente con la capacidad de medición requerida.

Cuando la disponibilidad de datos técnicos pertenecientes a los equipos de inspección, medición y prueba sea un requisito especificado tales datos deben estar disponibles cuando sean requeridos por el cliente o su representante para verificar que los equipos de inspección, medición y prueba están funcionando adecuadamente.

El procedimiento a seguir para asegurar que se tenga un adecuado control de equipo de inspección, medición y prueba es el siguiente:

- a) Determinar las mediciones que deben realizar, la exactitud requerida y seleccionar el equipo apropiado para inspección, medición y prueba que sea capaz de la exactitud y la repetibilidad necesarias.
- b) Identificar todo el equipo de inspección, medición y prueba que puedan afectar la calidad de los estudios de Mecánica de Suelos, calibrarlos y ajustarlos en prescritos, o antes de su utilización contra equipo certificado que tenga validez referida a patrones nacionales o internacionales reconocidos. Cuando no existan tales patrones se deben documentar las bases que se usaron para la calibración.
- c) Definir el proceso usado para la calibración del equipo de inspección, medición y prueba incluyendo detalles del tipo de equipo, identificación única, localización, frecuencia y método de verificación, criterios de aceptación y la acción que se debe tomar cuando los resultados no sean satisfactorios.
- d) Identificar el equipo de inspección, medición y prueba con una marca apropiada o un registro de identificación aprobado que muestre el estado de calibración.
- e) Conservar los registros de la calibración de los equipos de inspección, medición y prueba.
- f) Evaluar y documentar la validez de los resultados previos de inspección y pruebas cuando los equipos de inspección, medición y prueba se hayan encontrado fuera de calibración.
- g) Asegurar que las condiciones ambientales son adecuadas para las calibraciones, inspecciones, mediciones y pruebas que se realizan.
- h) Asegurar que el manejo, preservación y almacenamiento de los equipos de inspección, medición y prueba son adecuados para mantener su exactitud y aptitud de uso.
- i) Salvaguardar los equipos de inspección, medición y prueba contra ajustes que invaliden la calibración hecha.

En el control de registros de calidad el laboratorio o dependencia debe establecer y mantener procedimientos documentados para identificar, compilar, codificar, acceder, archivar, almacenar, conservar y disponer de los registros de calidad.

Los registros de calidad se deben conservar para demostrar la conformidad con los requisitos especificados y la operación efectiva del sistema de calidad.

Todos los registros de calidad deben ser legibles, almacenados y conservados en forma tal que puedan recuperarse fácilmente en lugares que tengan condiciones ambientales que prevengan daño o deterioro y eviten su pérdida. Debe establecerse el tiempo que deben conservarse los registros de calidad. Dichos registros pueden estar en la forma de copia en medios electrónicos o cualquier otro medio.

En cuanto a la capacitación el laboratorio o dependencia debe establecer y mantener procedimientos documentados para identificar las necesidades de capacitación y capacitar a todo el personal que ejecuta actividades que afectan a la calidad. El personal que ejecuta tareas asignadas de manera específica, debe estar calificado en base a educación, capacitación y/o experiencia adecuadas según se requiera. Deben mantenerse registros apropiados relativos a la capacitación.

III.1.1 DURANTE EXPLORACIÓN.

Anteriormente se había indicado que un procedimiento escrito o documentado como el que se presenta más adelante a modo de ejemplo, generalmente contiene: los propósitos y alcance de una actividad; qué debe hacerse y por quién; cuándo, dónde y cómo debe ser hecho; qué materiales, equipo y documentos deben ser utilizados y cómo éste debe ser controlado y registrado.

El procedimiento que se muestra a modo de ejemplo es la instalación de piezómetros abiertos y tiene como objetivo mostrar el protocolo que tiene que seguirse para cumplir con la normatividad ISO-9000 para con ello obtener parámetros de diseño representativos del comportamiento del suelo.

III.1.1 a) Instalación de Piezómetros Abiertos.**a) Objetivo**

Este procedimiento se realiza con el propósito de determinar la presión de poro en el suelo en un punto determinado, a una cierta profundidad.

b) Alcance

Con las mediciones que se obtienen de este dispositivo se puede evaluar el estado inicial de esfuerzos del sitio en estudio, la variación de la presión con el tiempo y conocer la influencia del proceso constructivo en la presión de poro.

c) Referencias

- Procedimiento para la clasificación de suelos en campo y laboratorio
- Héctor Legorreta Cuevas, Apuntes para la asignatura de Mecánica de Suelos, México, 2001, Fac. Ingeniería, UNAM
- Eulalio Juárez B. y Alfonso Rico R., Mecánica de Suelos, México, 1995, Tomo I, Editorial Limusa

d) Definiciones

- Presión de poro (U):

Ésta es la presión inducida en el fluido (ya sea agua o vapor y agua) que llena los poros. El fluido en los poros es capaz de transmitir esfuerzos normales pero no esfuerzos cortantes, por lo que es inefectivo para proporcionar resistencia al corte. Por esta razón, a la presión de poro se le llama presión neutra.

- Esfuerzos efectivos (σ'):

Éste es el esfuerzo transmitido a través de la estructura sólida del suelo por medio de los contactos intergranulares. Se trata del componente del esfuerzo que es efectivo para controlar tanto la deformación debida a los cambios de volumen como la resistencia al corte del suelo, puesto que el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante se transmiten a través de los contactos grano a grano.

- Esfuerzos totales (σ):

El esfuerzo total puede definirse en forma cuantitativa como la suma entre el esfuerzo efectivo y la presión de poro:

$$\sigma = \sigma' + U$$

e) Responsabilidades

El jefe del Departamento de Mecánica de Suelos es el responsable de la implantación de este procedimiento.

El personal de campo como ejecutor es el responsable de su aplicación y el encargado en campo es el responsable de la verificación de su aplicación.

f) Descripción del procedimiento**1. Equipo.**

-Equipo de hincado

-Piezómetro

2. Instalación.

Los piezómetros abiertos se introducen en perforaciones verticales, cuidando que la celda permeable se mantenga libre de lodo y quede rodeada de un filtro de arena limpia. Consta de las siguientes etapas:

Se perfora el suelo con un diámetro de 7.5cm (3in) hasta 60cm (2ft) por debajo de la profundidad de instalación del piezómetro; el fluido de perforación debe ser agua.

1. Se instala ademe metálico de diámetro N y se hace circular agua limpia hasta que retorne con un mínimo de material en suspensión.
2. Simultáneamente a lo anterior se ensambla el piezómetro con la longitud total del tubo vertical (por ejemplo 30m, 98.4ft) para permitir que el cemento de los coples tenga tiempo suficiente para endurecer; si se emplea tubería metálica en las cuerdas se debe colocar cinta de teflón.
3. Se extrae el ademe 30cm (1ft) y se vacía arena bien graduada en el pozo, controlando su volumen.
4. Se coloca el piezómetro dentro del pozo, comprobando que quede bien asentado en la arena. Esta maniobra se hace aprovechando la flexibilidad de la tubería de PVC de 1.25 ó 2.54cm (0.5 ó 1in) de diámetro, que fácilmente admite radios de curvatura de 3m (10ft), aproximadamente; cuando se utiliza tubería metálica se enrosca a medida que se introduce en el pozo. En cualquier caso se coloca un tapón superior roscado o débilmente cementado, con una pequeña perforación para que el aire entrampado tenga salida.
5. Se extrae el ademe en tramos de 10cm (4in), vaciando gradualmente la arena dentro del pozo hasta 30cm (1ft) por arriba del bulbo.
6. Se agrega bentonita en bolas para sellar un tramo de un metro del pozo, controlando su volumen.
7. Se extrae el ademe y se rellena el pozo con lodo arcilloso.

3. Profundidad de instalación de las celdas.

Deben colocarse coincidiendo con los estratos permeables que aseguren su buen funcionamiento; Por lo tanto, una estación piezométrica siempre está constituida por varias celdas de medición, usualmente dos o cuatro, en igual número de perforaciones. En la parte inferior de la tapa del registro deberá indicarse la información que identifique la profundidad de cada celda, así como un nivel de referencia de las elevaciones.

4. Medición.

La celda permeable permite determinar la altura piezométrica del agua del estrato en que fue instalado; siempre que el sello impida la intercomunicación con los otros lentes que queden por arriba. El tiempo de respuesta de este piezómetro es lento, probablemente de varios días, porque tiene que acumularse el agua dentro del tubo vertical, hasta alcanzar la altura de equilibrio.

El nivel del agua dentro del tubo vertical se determina con una sonda eléctrica integrada por un cable eléctrico dúplex flexible y un medidor de resistencia (óhmetro); la punta del cable lleva una boquilla de plástico que impide que los dos alambres conductores puedan hacer contacto con la pared interior del tubo; tiene también un lastre metálico para tensar el cable y asegurar la precisión de la medición. Una vez que los conductores tocan la superficie del agua cierran el circuito, y el óhmetro lo registra; la precisión de la medición es de más o menos 1.0cm (0.4in) de columna de agua. La medición de la altura piezométrica debe estar relacionada con un nivel de referencia instalado junto al piezómetro.

5. Interpretación.

Una vez estabilizados los niveles del agua en el interior de los tubos que componen la estación piezométrica, y conociendo el valor de los esfuerzos totales, se puede determinar la variación de los esfuerzos efectivos.

g) Anexos

III.1.1/A1 Registro para el procedimiento de Instalación de Piezómetros abiertos.

h) Registros de calidad

III.1.1/A1 Registro para el procedimiento de Instalación de Piezómetros abiertos.

III.1.2 DURANTE MUESTREO.

Anteriormente se había indicado que un procedimiento escrito o documentado como el que se presenta más adelante a modo de ejemplo, generalmente contiene: los propósitos y alcance de una actividad; qué debe hacerse y por quién; cuándo, dónde y cómo debe ser hecho; qué materiales, equipo y documentos deben ser utilizados y cómo éste debe ser controlado y registrado.

El procedimiento que se muestra a modo de ejemplo es la excavación de Pozos a Cielo Abierto y tiene como objetivo mostrar el protocolo que tiene que seguirse para cumplir con la normatividad ISO-9000 para con ello obtener parámetros de diseño representativos del comportamiento del suelo.

III.1.2 a) Excavación de Pozos a Cielo Abierto (PCA's).**a) Objetivo**

Este método se realiza con el propósito de conocer las condiciones del subsuelo y examinar los diferentes estratos en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo.

b) Alcance

Este procedimiento incluye la extracción de muestras alteradas e inalteradas.

c) Referencias

- Procedimiento para la clasificación de suelos en campo y laboratorio
- Eulalio Juárez B. y Alfonso Rico R., Mecánica de Suelos, México, 1995, Tomo I, Editorial Limusa
- Mecánica de suelos, Instructivo para ensaye de suelos, Comisión Nacional del Agua, México 1990.

d) Definiciones

- Suelo:

Es el producto de la disgregación de la roca, por medio de granos o partículas minerales de tamaño y forma definidos. Este material, además de tener litología variable y contener en ocasiones materia orgánica, agua o vacíos que afectan su comportamiento físico, presenta una estructura altamente deformable, no consolidada, sólida y porosa, la cual es separable empleando medios mecánicos de baja intensidad.

- Muestra alterada:

Las muestras alteradas son simplemente porciones de suelo que se protegerán contra pérdidas de humedad introduciéndolas en frascos o bolsas emparafinadas.

- Muestra inalterada:

Las muestras inalteradas son porciones de suelo que deberán tomarse con precauciones, generalmente labrando la muestra en una oquedad que se practique al efecto en la pared del pozo. La muestra debe protegerse contra pérdidas de humedad envolviéndola en una o más capas de manta debidamente impermeabilizada con brea y parafina.

e) Responsabilidades

El jefe del Departamento de Mecánica de Suelos es el responsable de la implantación de este procedimiento.

El personal de campo como ejecutor es el responsable de su aplicación y el encargado en campo es el responsable de la verificación de su aplicación.

f) Descripción del procedimiento**Equipo de prueba****1. Para pozos a cielo abierto.**

Pico y pala
Hachuela (piolet)

Bote de lámina de 18lt.
 Cable de manila
 Costales o cajones
 Hoja de lámina o lona de 1.50 x 1.50m. (aproximadamente)
 Etiquetas

2. Para muestras inalteradas en suelos blandos.

Tubo muestreador de lámina negra de 1.59mm. (1/16in) de espesor, 12.8cm. (5in) de diámetro y 25cm. de longitud, con filo en su boca.
 Vendas de manta
 Espátulas de abanico y de cuchillo
 Hachuela
 Barreta

3. Para empacar muestras inalteradas.

Cajón con tapa
 Aserrín, viruta o paja
 Estufa de gasolina
 Brochas
 Vendas de manta
 Charola con parafina y brea (una parte de brea y cuatro de parafina)

Métodos

a) Muestras alteradas.

El muestreo debe realizarse por capas si la explotación se piensa hacer con escrepas; y en caso de utilizarse palas mecánicas o dragas, el muestreo debe ser integral, o sea, abarcando todo el espesor del material utilizable. Se abren pozos de 1m por 1.50 o 2m hasta una profundidad de unos 5m o bien, hasta encontrar material no excavable con pico y pala, como tepetate, roca, etc., o agua freática. Cuando el pozo ha sido abierto con anterioridad y las paredes del mismo se han intemperizado, es necesario limpiar la costra del material alterado, antes de proceder al muestreo. En una de las paredes del pozo, se va abriendo una ranura vertical de sección uniforme, de 20cm. de ancho por 15cm. de profundidad. El material excavado se recibe totalmente, si el muestreo es integral, en un bote de lámina; en caso contrario, debe escogerse por separado el producto de cada una de las capas en que el material cambia.

Muestreo por capas: La muestra de cada capa se vacía en un cajón que esté protegido en su interior con un forro de papel, o un costal de malla cerrada para evitar pérdidas de material fino; al envase deberán sujetarse dos etiquetas, una dentro y otra fuera, en las que se anota su identificación (banco, pozo y profundidades).

Muestreo integral: El producto de varias capas debe colocarse en un solo envase, que tenga sus tarjetas de identificación. Cuando la cantidad del material extraído sea grande, puede cuartearse y envasarse únicamente una parte.

b) Muestras inalteradas.

Las muestras inalteradas deben conservar las condiciones del suelo en su estado natural, por lo que su obtención, empaque y transporte, requieren cuidados especiales a fin de no alterarlas.

Suelos cohesivos duros.

-Se limpia y nivela el terreno y se traza un cuadro de unos 30cm. de lado.

- Se excava cuidadosamente alrededor del perímetro marcado, hasta una profundidad un poco mayor que la altura que se quiera dar a la muestra, labrando al mismo tiempo las cinco caras descubiertas.
- Para obtener la muestra de una pared, se excava alrededor en forma semejante a la anterior, conservando la cara inferior.
- Con todo cuidado, se recorta el terreno por la base de la muestra, para poder desprenderla. Debe marcarse con la letra "S" la cara superior, a fin de darle, cuando se ensaye, similar posición a la que tenía en el terreno. Además debe indicarse en caso necesario la dirección en que fluye el agua.
- Una vez extraída la muestra, debe ser inmediata y cuidadosamente protegida con vendas de manta impregnadas de parafina y brea, de ser posible, esa protección deberá iniciarse "in situ" al ir descubriendo cada cara, para lo cual: se calienta la mezcla de parafina y brea hasta que se derrita completamente, y en caliente, con una brocha se extiende la mezcla sobre el vendaje de manta impregnándolo de manera que cubra perfectamente la muestra. Una vez frío este vendaje, se aplica otro en forma semejante, o bien se extiende sobre el primero una capa gruesa de parafina y brea.
- Se coloca la muestra en un cajón de mayores dimensiones a fin de poderla empacar con aserrín, papel o paja, de manera que la muestra quede protegida contra golpes o choques durante su transporte.
- Una de las tarjetas de identificación se adhiere a la muestra, pegándola con la misma mezcla de parafina y brea, y se coloca la otra en la parte exterior del cajón utilizado como envase.

Suelos suaves.

En suelos suaves, en general cohesivos y sin grava, las muestras inalteradas se obtienen utilizando un tubo muestreador de lámina, con filo en una de sus bocas, efectuando los siguientes pasos:

- Después de limpiar y nivelar el terreno, se introduce el tubo muestreador hasta donde la resistencia del terreno lo permita.
- Si con la simple presión no se logra introducir todo el tubo muestreador, se excava a su alrededor para eliminar la fricción en la cara exterior del mismo.
- Después de introducir todo el tubo muestreador, se recorta la muestra por su base y se enrasa al tamaño del tubo.
- Se protegen las bases de la muestra con vendas de manta impregnadas con parafina y brea y se la empaca en un cajón con aserrín, papel o paja, para evitar que se rompa durante el transporte.

Arenas.

La extracción de muestras inalteradas en arenas es sumamente difícil; se puede seguir el procedimiento indicado para el caso anterior, cuando el material es coherente. En estado incoherente, es fácil provocar alteraciones de la estructura y entonces se recurre al siguiente método: Se fija la posición de los granos con una inyección de asfalto o congelando el agua, si está saturado el material.

Suelos alterables.

La obtención de muestras inalterables de suelos que presenten planos de exfoliación y se alteren con el ambiente, para ser ensayadas en pruebas de compresión triaxial, se pueden lograr con un muestreador que envase al espécimen por simple labrado del material "in situ". En el laboratorio se puede extraer el envase mediante un aparato que permite colocar la membrana de hule simultáneamente con la extracción, con lo que se evita todo riesgo de alteración del suelo.

g) Anexos

III.1.2/A2 Registro para el procedimiento de excavación de Pozos a Cielo Abierto.

h) Registros de calidad

III.1.2/A2 Registro para el procedimiento de excavación de Pozos a Cielo Abierto.

III.1.3 DURANTE PRUEBAS DE CAMPO.

Ya se había mencionado que un procedimiento escrito o documentado como la prueba que se presenta más adelante a modo de ejemplo, generalmente contiene: los propósitos y alcance de una actividad; qué debe hacerse y por quién; cuándo, dónde y cómo debe ser hecha; qué materiales, equipo y documentos deben ser utilizados y cómo ésta debe ser controlada y registrada.

La prueba que se presenta a modo de ejemplo es: la prueba de penetración de suelos con tubos de pared delgada y tiene como objetivo mostrar el procedimiento que se tiene que llevar a cabo para cumplir con la normatividad ISO-9000 para con ello obtener parámetros de diseño representativos del comportamiento del suelo.

III.1.3 a) Prueba de Penetración de Suelos con Tubos de Pared Delgada.**a) Objetivo**

En este procedimiento se establecen las metodologías generales para el uso de tubos metálicos de pared delgada para recuperar muestras de suelo in situ, relativamente inalteradas.

b) Alcance

Este procedimiento se utiliza cuando se necesita obtener muestras de suelo in situ, relativamente inalteradas, adecuadas para utilizarse en pruebas de laboratorio para determinar propiedades mecánicas o de otras pruebas en las cuales influya la alteración del suelo.

Los tubos de pared delgada usados en muestreadores tipo pistón, tapón o rotatorio, tales como Denison o Pitcher deben cumplir con lo mencionado en este procedimiento que describe los tubos de pared delgada (ver en definiciones). Este procedimiento no se aplica a los separadores usados dentro de los muestreadores mencionados antes.

c) Referencias

- Procedimiento para la clasificación de suelos en campo y laboratorio
- (1999), Volume 04.08 Soil and Rock (I), "Preserving and Transporting Soil Samples"
- (1999), Volume 04.08 Soil and Rock (I), "Thin – Walled Tube Geotechnical Sampling of Soil"

d) Definiciones

- Tubo de Pared Delgada:

Dispositivo cilíndrico metálico que se utiliza para recuperar muestras de suelo relativamente inalteradas. Los tubos de pared delgada deben fabricarse como se muestra en el anexo III.1.3/A3. Estos pueden tener un diámetro exterior de 50 a 127mm y estar hechos de metal con una resistencia adecuada para el suelo que se pretenda muestrear, (III.1.3/A3, tabla 1). Los tubos deben estar limpios y libres de toda irregularidad incluyendo cordones de soldadura requeridos para su construcción.

- Longitud de los tubos:

Ver ejecución y anexo III.1.3/A3, tabla 1.

- Tolerancias:

Estarán dentro de los límites mostrados en el anexo III.1.3/A3, tabla 2.

- Relación de diámetros:

Debe ser 1% o la que especifique el ingeniero o geólogo encargado del proyecto y dependiendo del suelo por muestrear, anexo III.1.3/A3.

e) Responsabilidades

Es responsabilidad del perforista asignado, ejecutar al pie de la letra los lineamientos establecidos en este procedimiento.

Cada Jefe de Proyecto es responsable de supervisar y revisar la correcta aplicación de este procedimiento, así como de autorizar la utilización de los datos de salida de cada una de las muestras recuperadas.

f) Descripción del procedimiento

Equipo de prueba

1. Equipo de perforación

Se puede utilizar cualquier equipo que proporcione una perforación razonablemente limpia, que no altere al suelo al ser muestreado, y que no impida la penetración del muestreador de pared delgada. El diámetro de la perforación o el diámetro interior del ademe hincado o broca helicoidal hueca no debe exceder 3.5 veces el diámetro exterior del tubo de pared delgada.

2. Equipo de hincado muestreador

Debe ser el adecuado para que proporcione una fuerza de penetración relativamente rápida y continua. En formaciones duras puede ser necesario aunque no recomendado, el uso de este tipo de muestreadores.

3. Protección contra la corrosión

La corrosión cualquiera que sea su origen (reacción galvánica o química) puede destruir tanto el tubo como la muestra. La severidad del daño es función del tiempo así como de la interacción entre el tubo y la muestra. Los tubos de pared delgada deben tener algún tipo de protección anticorrosiva. Los tubos que contengan muestras por más de 72hrs deben estar protegidos. El tipo de protección puede variar dependiendo del suelo por muestrear. La protección puede ser una capa ligera de aceite lubricante, barniz epóxico, teflón y otros. El tipo de protección debe ser especificado por el ingeniero o geólogo si la muestra se almacena más de 72hrs. El ingeniero puede especificar el revestimiento metálico de los tubos (encamisado).

4. Cabeza del muestreador

Sirve para acoplar el tubo al equipo de hincado. La cabeza debe contar con una válvula check adecuada y una ventilación a la atmósfera igual o mayor que el área a través de la válvula check. La unión de la cabeza con el tubo debe ser concéntrica y coaxial para asegurar una aplicación uniforme de la fuerza al tubo.

5. Barras de muestreo

Se deben utilizar barras de acero machiembradas ras a ras para conectar el equipo de hincado con el tubo, acoplados con la cabeza del muestreador. La barra de muestreo deberá tener una rigidez (momento de inercia) igual o mayor que una barra "A" (una barra de acero, la cual tiene un diámetro exterior de 41.2mm y un diámetro interior de 28.5mm).

Ejecución

1. Se deberá limpiar la perforación hasta la profundidad de muestreo utilizando cualquier método que asegure que el material por muestrear no está alterado. Si se encuentra nivel de agua, debe mantenerse el nivel del fluido dentro de la perforación por encima del nivel de agua circundante durante el muestreo.

2. No se permite el uso de brocas con la descarga en el fondo. Las brocas con descargas laterales se deben usar con la debida precaución para no provocar alguna alteración al fondo de la perforación. Tampoco se permite el uso de chiflón a través del muestreador para limpiar la perforación. Retirar el material suelto o de recorte del fondo de la perforación con el mayor cuidado para evitar cualquier alteración del suelo.

3. Ya que se está seguro que la perforación se encuentra limpia, se coloca el tubo con la cabeza del muestreador y este a su vez con el equipo de perforación, con las barras de muestreo necesarias para

que la parte inferior del tubo descansa en el fondo de la perforación. No se permite que el tubo caiga sobre el fondo de la perforación.

4. El tubo se deberá hincar con un movimiento continuo y relativamente rápido, y dependiendo de la resistencia del suelo encontrada se muestreará al suelo de las siguientes formas:

-En suelos cuya resistencia sea blanda a media, se hincará el tubo a presión cuando el suelo lo permita, sin forzar el equipo de perforación.

-En suelos con resistencia media a semidura se permite dentar el tubo de pared delgada con la autorización previa del supervisor encargado del proyecto.

-Cuando la formación de suelo sea muy dura para el hincado se pueden utilizar otros métodos (muestreadores Denison o Pitcher) bajo la dirección del supervisor encargado del proyecto.

-Determinar la longitud de hincado por la resistencia y condiciones de la formación, pero esta longitud jamás debe exceder de 5 a 10 diámetros del tubo en suelos arenosos y de 10 a 15 diámetros del tubo en arcillas.

Nota: El peso de la muestra, capacidad de manejo en el laboratorio, problemas de transporte y disponibilidad comercial de los tubos generalmente limitan la longitud desde el punto de vista práctico a los valores que se muestran en el anexo III.1.3/A3.

-En ningún caso la longitud de hincado será mayor que la longitud del tubo menos el espacio para la cabeza del muestreador y 7.5cm como mínimo para recortes.

Nota: El tubo puede ser rotado para cortar el fondo de la muestra después de haber sido hincado.

-Retirar el muestreador de la perforación con cuidado para evitar alteraciones de la muestra.

Preparación para el transporte

-Medir la longitud de la muestra en el tubo. Retirar el material alterado en la parte superior del tubo y volver a medir. Sellar perfectamente con manta de cielo y parafina ámbar fundida en la parte superior del tubo. Retirar por lo menos 2.5cm de material de la parte inferior del tubo. Usar este material para la descripción del suelo. Medir la longitud de la muestra restante. Sellar perfectamente la parte inferior del tubo como se realizó en la parte superior. Alternativamente, después de la medida del tubo puede ser sellado sin retirar material de los extremos si así lo dispone el supervisor encargado del proyecto.

Nota: Aunque en general los tubos se envían al laboratorio debidamente empacados (caja de madera rellena con aserrín), la extracción y empaquetado en campo de muestras obtenidas, está permitida bajo la dirección específica del supervisor encargado del proyecto.

Los tubos sellados en los extremos con manta de cielo y parafina ámbar contrariamente a los tubos sellados con empaques expandibles, debe tener rellenos los huecos en los extremos para prevenir el drenaje o el movimiento de la muestra dentro del tubo.

-Preparar y pegar inmediatamente las etiquetas de identificación en las muestras o marcarlas si es necesario. Asegurarse que las marcas o etiquetas sean las adecuadas para sobrevivir el transporte y el almacenaje.

Reporte

Se deberá anotar en el registro anexo III.1.3/A4 la información apropiada como a continuación se menciona:

- Nombre y localización del Proyecto.
- Número de sondeo y localización en el Proyecto.
- Nombre del perforista y supervisor encargado del Proyecto.
- Elevación de la superficie o referencia de nivel.
- Fecha y hora del sondeo –comienzo y terminación-, profundidad a la parte superior de la muestra y número de muestra.
- Método de hincado del tubo: hincado a presión, rotatorio (tubo dentado) o golpes. Si se utiliza otro método de hincado como el uso de un muestreador se tendrá que anotar el tipo de éste.
- Método de perforación, diámetro de la misma, ademe y fluido de perforación utilizado.
- Profundidad del nivel freático, fecha y hora de medición.
- Cualquier posible efecto sobre el nivel del agua por marea o corrientes en el subsuelo.
- Descripción general del suelo.
- Longitud de hincado.
- Recuperación: longitud de la muestra obtenida.

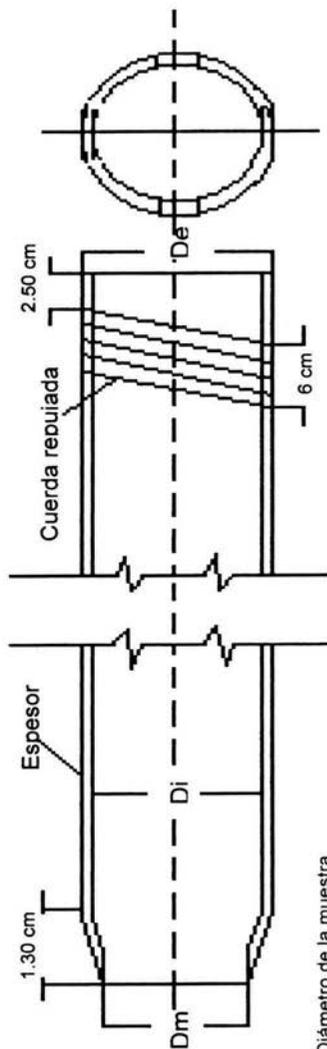
g) Anexos

- III.1.3/A3 Tubos tipo de pared delgada.
- III.1.3/A4 Registro de perforación.

h) Registros de calidad

- III.1.3/A4 Registro de perforación.

TUBOS TIPO DE PARED DELGADA



Dm= Diámetro de la muestra
 Dj= Diámetro interior
 De= Diámetro exterior

$$\text{RELACION DE DIAMETROS} = \frac{Dj - Dm}{Dm}$$

Tabla 1.- Tubos metálicos de pared delgada adecuados

Diámetro exterior	2	3	5
Pulgadas	50.8	76.2	127
Millímetros			
Espesor	0.049	0.065	0.120
Pulgadas	1.24	1.65	3.05
Millímetros			
Longitud del tubo	36	36	54
Pulgadas	0.91	0.91	1.45
Metros			
Relación de diámetros (%)	1	1	1

Los tres diámetros recomendados en la tabla 1 se indican con propósitos de estandarización, y no quiere decir que los tubos de diámetros intermedios o mayores no sean aceptables. La longitud de los tubos mostrada es ilustrativa. La longitud debe adecuarse a las condiciones de campo.

Tabla 2.- Tolerancia en las dimensiones para los tubos de pared delgada
 Tolerancia en los diámetros nominales de la tabla 1 (mm)

Diámetro exterior	2	2
Diámetro exterior (De)	+0.178 -0.000	+0.254 -0.000
Diámetro interior (Di)	+0.000 -0.178	+0.000 -0.254
Espesor	±0.178	±0.254
Ovalidad	0.380	0.508
Rectitud	0.760	0.760

Los diámetros intermedios o mayores deben ser proporcionales. Las tolerancias mostradas son básicamente para tubos metálicos sin costura, comercialmente estandarizados. Especificar sólo dos de las tres primeras tolerancias; esto es De y Di ó De y espesor, ó Di y espesor.

III.1.4 DURANTE PRUEBAS DE LABORATORIO.

Ya se había mencionado que un procedimiento escrito o documentado como las pruebas que se presentan más adelante a modo de ejemplo, generalmente contienen: los propósitos y alcance de una actividad; qué debe hacerse y por quién; cuándo, dónde y cómo debe ser hecha; qué materiales, equipo y documentos deben ser utilizados y cómo éstas deben ser controladas y registradas.

Las pruebas que se presentan a modo de ejemplo son: la prueba de compresión simple y la prueba de compresión triaxial con deformación controlada (para CU, UU y CD) y tienen como objetivo mostrar el procedimiento que se tiene que llevar a cabo para cumplir con la normatividad ISO-9000 para con ello obtener parámetros de diseño representativos del comportamiento del suelo.

III.1.4 a) Prueba de compresión no confinada (Compresión simple).**a) Objetivo**

Esta prueba se realiza con el propósito de determinar con el criterio de deformación controlada o carga controlada, las características de esfuerzo – deformación y la resistencia de suelos no confinados, sujetos a esfuerzos cortantes.

b) Alcance

Este procedimiento incluye la determinación de la resistencia a la compresión no confinada en muestras de suelos alteradas e inalteradas, mediante el criterio de carga controlada y deformación controlada. Este instructivo es aplicable para suelos que posean suficiente cohesión, de tal manera que permitan probarlos en condiciones no confinadas.

c) Referencias

- Procedimiento para la clasificación de suelos en campo y laboratorio
- Procedimiento para la determinación del contenido de agua en materiales térreos
- Procedimiento para la determinación de la densidad de sólidos
- Procedimiento de la prueba de compresión triaxial con carga controlada
- Eulalio Juárez B. y Alfonso Rico R., Mecánica de Suelos, México, 1995, Tomo I, Editorial Limusa
- Mecánica de suelos, Instructivo para ensaye de suelos, Comisión Nacional del Agua, México 1990.

d) Definiciones

- Resistencia a la compresión no confinada:

Es la carga por unidad de área a la que falla un espécimen cilíndrico o prismático no confinado de suelo en la prueba de compresión simple. En esta prueba la resistencia a la compresión no confinada es tomada como la carga máxima alcanzada por unidad de área o la carga por unidad de área al 20% de deformación axial (o la que requiera el proyecto), cualquiera que se obtenga primero durante la ejecución de la prueba.

- Resistencia al corte:

En un experimento realizado por C. A. Coulomb se pudo observar que al tener en una mano entreabierto un fragmento de arcilla, ésta no se deslizaba entre los dedos, de modo que exhibía resistencia al esfuerzo cortante, aún en condiciones en que el esfuerzo normal es nulo. A los materiales de este tipo Coulomb les asignó arbitrariamente una fuente de resistencia al corte, a la cual llamó "cohesión" y la consideró una constante de los materiales.

A partir de la prueba de compresión no confinada, la resistencia al corte no drenada o cohesión (c) de una muestra de suelo puede ser calculada mediante la siguiente fórmula:

$$c = \frac{qu}{2}$$

donde:

qu Resistencia a la compresión no confinada

- Características de esfuerzo – deformación:

Se definen como el comportamiento (deformación) que experimenta el suelo al aplicarle esfuerzos cortantes, mediante el cual se puede establecer el momento en que ocurre la falla, pudiendo utilizar para esta determinación los dos criterios siguientes:

- a) Criterio dinámico; es decir, que refiere la condición de falla a esfuerzos actuantes.
- b) Criterio cinemático; en los que la falla se define en términos de las deformaciones producidas.

e) Responsabilidades

El jefe del Departamento de Mecánica de Suelos es el responsable de la implantación de este procedimiento.

Los laboratoristas como ejecutores son los responsables de su aplicación y el encargado o jefe del laboratorio es el responsable de la verificación de su aplicación.

f) Descripción del procedimiento

Equipo de prueba

1. Labrado de probeta inalterada

Enrasador
Torno de labrado
Cortador de arco
Cuchilla
Vernier con aprox. 0.01cm
Cápsula
Báscula con aprox. De 0.01g
Registro para la prueba de compresión no confinada

2. Formación de probeta remoldeada

Se recomienda ahora colocar diversas porciones de suelo en recipientes con aproximadamente el contenido deseado de agua para la prueba, dejándolas así por lo menos una noche. Esto garantiza una buena mezcla del agua y los suelos finos y produce mejores y más seguros resultados en la prueba. Sin embargo, en suelos que absorben rápidamente el agua, con resistencias en estado seco generalmente bajas, es suficiente mezclar el agua inmediatamente antes de la prueba.

3. Ensaye

Equipo para pruebas de compresión no confinada
Máquina de deformación controlada (deformación controlada)
Marco de carga con anillos calibrados
Micrómetro (carga controlada)
Cronómetro
Registro para la prueba de compresión no confinada
Báscula
Horno de 110 °C
Franela
Tijeras

Procedimiento de ensaye

1. Preparación de la probeta

a) Muestra inalterada

- De la muestra inalterada labrar un prisma del tamaño adecuado (para obtener una probeta cilíndrica de 3.6cm de diámetro y 9cm de altura), cuyas bases sean paralelas y colocarlo en el enrasador para darle la altura indicada.
- Colocarlo en el torno procurando centrarlo y con el cortador de arco, que se desliza apoyado en las soleras del torno, efectuar los cortes necesarios para ir formando la probeta cilíndrica.
- Hacer girar el torno y seguir cortando de la misma manera, hasta lograr dar a la probeta la forma cilíndrica.
- Medir dos alturas y utilizar el valor promedio como altura inicial de la muestra (anotarlos en el registro para la prueba de compresión no confinada).
- Medir el diámetro en la parte superior, media e inferior, obtener el promedio y anotarlos en el registro para la prueba de compresión no confinada.
- Si después de efectuar la prueba, en un espécimen inalterado se encuentran partículas mayores de un décimo del diámetro, debe indicarse esto en el reporte del ensaye.

b) Muestra remoldeada

- Preparar una muestra cilíndrica de adecuada relación altura/diámetro (h/d) compactándola utilizando el aparato Harvard miniatura. Este procedimiento permite conformar probetas de diámetro nominal de 3.6cm y de adecuada relación h/d.
- Una vez concluido el proceso de conformación de la probeta se tomarán sus dimensiones (altura y diámetro) tomando nota en el registro para la prueba de compresión no confinada, tal como se tomaron de las probetas inalteradas.

2. Procedimiento con deformación controlada

- a) Colocar el espécimen en el equipo de carga, bien centrado sobre el fondo del plato.
- b) Ajustar el mecanismo de carga cuidadosamente sobre la parte superior de la probeta, haciendo contacto con ella, pero sin aplicarle carga.
- c) Ajustar a cero la lectura del micrómetro.
- d) Aplicar la carga tal, que genere una velocidad de deformación de 1mm/min
- e) Anotar en el registro para la prueba de compresión no confinada el valor de la carga y la deformación a cada minuto. En materiales blandos, los cuales exhiben grandes deformaciones en la falla, deben probarse con una mayor velocidad de deformación y viceversa.
- f) Continuar cargando hasta que los valores de la carga disminuyen con el incremento de la deformación, o hasta que se alcance el 20% de deformación axial.
- g) Determinar el contenido de agua usando el espécimen ensayado o tomando un testigo representativo.
- h) Debe efectuarse un dibujo del espécimen que muestre el ángulo del talud del plano de falla (si el ángulo es medible).

3. Procedimiento con carga controlada

- a) Antes de ejecutar el ensaye, estimar la carga de falla del espécimen (esta estimación puede hacerse con base en la experiencia de materiales similares, o usando algún tipo de dispositivo de penetración sobre la muestra, como el torcómetro de bolsillo o similar).
- b) Colocar el espécimen en el equipo de carga, tal que esté centrado y bien asentado.
- c) Ajustar el mecanismo de carga cuidadosamente sobre la parte superior de la probeta, haciendo contacto con ella, pero sin aplicarle carga.

- d) Ajustar a cero la lectura del micrómetro.
- e) Colocar la carga inicial sobre el espécimen de magnitud igual a una décima o quinceava parte de la carga estimada.
- f) Después de un minuto, colocar otra carga igual a la primera, anotándola en el registro para la prueba de compresión no confinada, así como la deformación obtenida. Repetir este proceso hasta la falla o al 20% de deformación. Si durante el proceso de la prueba es obvio que más de los quince o menos de los diez incrementos de carga se requieren para fallar el espécimen, el número de estos se deberá ajustar.
- g) Determinar el contenido de agua del espécimen probado, usando el espécimen entero, o tomando un testigo representativo.
- h) Efectuar el dibujo correspondiente del espécimen que muestre el ángulo de la superficie de falla (si el ángulo es medible).

4. Método de cálculo

Calcular las deformaciones correspondientes a los diferentes esfuerzos, según los datos observados, calculando con áreas corregidas y dibujar un diagrama esfuerzo-deformación. Las áreas corregidas se calculan como sigue:

$$A_c = \frac{A_0}{(1 - \varepsilon)}$$

donde:

A_0 Área inicial

ε Deformación

Así mismo, la deformación se calcula como sigue:

$$\varepsilon = \frac{(\text{alt. final} - \text{alt. inicial})100}{\text{alt. inicial}}$$

g) Anexos

III.1.4/A5 Registro para la prueba de compresión no confinada

h) Registros de calidad

III.1.4/A5 Registro para la prueba de compresión no confinada

III.1.4 b) Prueba de compresión triaxial con deformación controlada.**a) Objetivo**

Esta prueba se realiza con el propósito de determinar con el criterio de deformación controlada las características de esfuerzo -deformación y resistencia de los suelos a esfuerzos cortantes.

b) Alcance

Este procedimiento incluye la determinación mediante el criterio de deformación controlada de la resistencia a la compresión de muestras de suelo alteradas e inalteradas. Permite obtener, además, los parámetros mecánicos de resistencia al corte y deformabilidad.

La prueba puede realizarse en condiciones drenadas o no drenadas. Para este último caso es posible medir la presión de poro para obtener los esfuerzos efectivos.

Por lo anterior, el procedimiento cubre las pruebas UU (no consolidada no drenada), CU (consolidada no drenada).

c) Referencias

- Procedimiento para la clasificación de suelos en campo y laboratorio
- Procedimiento para la determinación del contenido de agua en materiales térreos
- Procedimiento para la determinación de los límites de consistencia
- Procedimiento para la determinación de la densidad de sólidos
- Procedimiento para la compactación Harvard miniatura
- Procedimiento para la prueba de compresión triaxial con esfuerzo controlado.
- Eulalio Juárez B. y Alfonso Rico R., Mecánica de Suelos, México, 1995, Tomo I, Editorial Limusa
- Mecánica de suelos, Instructivo para ensaye de suelos, Comisión Nacional del Agua, México 1990.
- Selected papers on soil mechanics by A. W. Skempton, F.R.S. Tomas Telford Limited, London., 1984
- Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil, Joseph E. Bowles., México 1981, Editorial Mc Graw.

d) Definiciones

- Resistencia a la compresión triaxial:

La resistencia a la compresión triaxial es la carga por unidad de área, a la que falla un espécimen cilíndrico o prismático de suelo confinado. Durante la etapa de prueba, la resistencia a la compresión confinada es tomada como la carga máxima alcanzada por

unidad de área o la carga por unidad de área al 20% de deformación axial (o la que requiera el proyecto), cualquiera que se obtenga primero durante la ejecución de la prueba.

- Resistencia al esfuerzo cortante:

La resistencia de un suelo al esfuerzo cortante, que en general se expresa mediante la fórmula de Coulomb, es uno de los factores a determinar en esta prueba y se expresa con la siguiente fórmula:

$$\tau_f = c + \sigma \cdot \tan \varphi$$

donde:

- τ_f Esfuerzo cortante en el plano de falla
- σ Esfuerzo normal total sobre el plano considerado
- φ Ángulo de fricción interna
- c Cohesión

Los parámetros de resistencia al corte c y φ no son propiedades del material, sino función de sus características, de la historia de carga previa y de las condiciones de carga y drenaje.

Con base en un experimento realizado por C. A. Coulomb, pudo observar que al tener en una mano entreabierto un fragmento de arcilla, ésta no se deslizaba entre los dedos, de modo que exhibía resistencia al esfuerzo cortante aun en condiciones en que el esfuerzo normal es nulo. A los materiales de este tipo Coulomb les asignó arbitrariamente una fuente de resistencia al corte, a la cual llamó "cohesión" y la consideró una constante de los materiales.

C. A. Coulomb definió a $\tan \varphi$ como la constante de proporcionalidad entre s (esfuerzo cortante) y σ (esfuerzo normal), en una prueba confinada. De esta manera, a φ lo denominó como "ángulo de fricción interna" y lo consideró como una constante del material.

Las pruebas triaxiales usuales se realizan en dos etapas: consolidación y falla. La primera consiste, generalmente, en aplicar a un espécimen de suelo, cilíndrico y protegido con una membrana impermeable, una presión hidrostática (consolidación isotrópica), en ocasiones, simultáneamente se aplica una carga o descarga vertical (consolidación anisotrópica). Durante la segunda etapa, el espécimen se lleva a la falla por carga (prueba de compresión) o descarga vertical (prueba de extensión), manteniendo constante la presión confinante. En el presente procedimiento solo se trata la prueba de compresión.

En función de las condiciones de drenaje, las pruebas triaxiales se clasifican en tres, tipos:

- No consolidadas-no drenadas (UU). Se impide el drenaje durante las dos etapas de prueba.
- Consolidadas-no drenadas (CU). Se permite el drenaje y la disipación total de la presión de poro durante la primera etapa solamente.
- Consolidadas -drenadas (CD). Se permite el drenaje y la disipación total de la presión de poro durante toda la prueba, aplicando las cargas con una velocidad adecuada durante la segunda etapa.

La prueba de compresión triaxial, puede realizarse utilizando los criterios de deformación controlada o carga controlada. El primero es el que se tratará en este procedimiento. Consiste en aplicar una carga a una velocidad uniforme, registrándose las lecturas de la carga aplicada a cada milímetro de deformación.

e) Responsabilidades

El Jefe del Departamento de Mecánica de Suelos es el responsable de la implantación de este procedimiento.

Los laboratoristas como ejecutores son los responsables de su aplicación y el encargado o jefe del laboratorio es el responsable de la verificación de su aplicación.

f) Descripción del procedimiento para prueba triaxial CU y UU.

Equipo de prueba

1. Labrado de probeta inalterada

Enrasador
Torno de labrado
Cortador de arco
Cuchilla
Vernier con aprox. 0,01 cm
Cápsula
Báscula con aprox. de 0,01 g
Registro

2. Formación de probeta remoldeada

Se recomienda ahora colocar diversas porciones de suelo en recipientes con aproximadamente el contenido deseado de agua para la prueba, dejándolas así por lo menos una noche. Esto garantiza una buena mezcla del agua y los suelos finos y produce mejores y más seguros resultados en la prueba. Sin embargo, en suelos que absorben rápidamente el agua, con resistencias en estado seco generalmente bajas, es suficiente mezclar el agua inmediatamente antes de la prueba.

3. Ensaye

Cámara triaxial (anexo)
 Máquina de deformación controlada
 Micrómetro con soporte
 Cronómetro
 Agua desaireada
 2 membranas de latex de 0,04cm de espesor
 2 arosellos de plástico (o' rings)
 Anillo de aluminio de 5cm de diámetro
 2 piedras porosas
 Plantilla de ranurado (escantillón)
 2 círculos de papel filtro de 3.6cm de diámetro.
 Plantilla de papel filtro de 9.5cm por 11.5cm
 Registro
 Báscula
 Horno de 110 °C de temperatura.
 Franela
 Tijeras

Procedimiento de ensaye

1. Preparación de la probeta

a) Muestra inalterada

- De la muestra inalterada labrar un prisma del tamaño adecuado (para obtener probetas cilíndricas de 3.6cm de diámetro y 9.3cm de altura), cuyas bases sean paralelas y colocarlo en el enrasador para darle la altura indicada.
- Colocarlo en el torno procurando centrarlo y con el cortador de arco, que se desliza apoyado en las soleras del torno, efectuar los cortes necesarios para ir formando la probeta cilíndrica.
- Hacer girar el torno y seguir cortando de la misma manera, hasta lograr dar a la probeta la forma cilíndrica.
- Obtener dos medidas de la altura y utilizar el valor promedio como altura inicial h de la muestra.
- Tomar una lectura del diámetro en la parte superior, media e inferior, y anotarlos en el registro correspondiente.
- Este procedimiento se repite para la formación de tres probetas.
- Una vez que se han labrado las tres probetas se colocan en frascos cerrados para evitar que se alteren sus propiedades.

b) Muestra remoldeada

- Preparar tres muestras cilíndricas de adecuada relación altura/diámetro (h/d) compactándolas utilizando el aparato Harvard miniatura. Este procedimiento permite conformar probetas de diámetro nominal de 3.6cm y de adecuada relación h/d .
- Una vez concluido el proceso de conformación de las tres probetas se tomarán sus dimensiones (altura y diámetro) tomando nota en el registro correspondiente, tal como se tomaron de las probetas inalteradas y se colocarán en frascos cerrados para evitar que se alteren sus propiedades.

2. Saturación del aparato

- Desarmar y limpiar la cámara y todas las líneas.
- Cerrar todas las válvulas.
- Verificar que el depósito de la bureta contenga suficiente agua desairada para el desarrollo de la prueba.
- Llenar la bureta con la válvula V1 , en posición de llenado.
- Colocar la válvula V2 en posición de contrapresión y ajustar (sin aplicar) en el regulador R1 a 0,2 kg/cm² (19,6kPa). Para tener un mayor control en los ajustes de presión, observar el manómetro de precisión M3.
- Con ayuda de la válvula V5 saturar la línea L1 por medio de la válvula V1, en posición de muestra. Para este paso, desconectar la línea L1 de la válvula V3 y ejercer presión en el extremo de la primera para sacar las burbujas de aire. Una vez logrado esto conectarlas nuevamente, abriendo simultáneamente la válvula V3 y cerrándola posteriormente. Repetir este inciso las veces que sean necesarias hasta que ya no existan burbujas en la línea.
- De manera similar al inciso anterior, saturar la línea L2 con la válvula V4, estando la válvula V1 en la posición de muestra.
- Abrir la válvula V3 para saturar la línea que va a la base y dejar fluir el agua, permitiendo que entre por el orificio que conecta al transductor de presión de poro. Se mantendrá abierto el tornillo T1 para permitir que salga el aire y el agua. Posteriormente cerrar el tornillo T1 y la válvula V3.
- Para saturar el tubo Sarán, abrir la válvula V4 y dejar fluir el agua hasta el cabezal por un momento y cerrar la válvula V4.
- Para llenar nuevamente la bureta teniendo contrapresión, cerrar la válvula V5, abrir válvula V6 y colocar la válvula V1 en posición de llenado. Una vez que se llene la bureta, cerrar la válvulas V1 y V6 y abrir la V5.
- Repetir el paso anterior cada vez que se vacíe la bureta y dejarla llena.
- Para evitar que entre aire a las líneas durante el proceso de saturación se deberá tener precaución de no vaciar totalmente la bureta.
- Cerrar válvula V2 y retirar la contrapresión con el regulador R1 .

3. Montaje de la probeta y armado del aparato en conjunto

- Limpiar y secar la base de la cámara.
- Enrollar dos membranas y colocarlas en la base.
- Colocar los arosellos en el contorno exterior del anillo de aluminio, introducir éste en la base, colocar los arosellos sobre las membranas y acomodarlos en las dos ranuras de la base.
- Saturar las dos piedras porosas, colocándolas en agua hirviendo durante 5min.
- Humedecer los círculos y la plantilla de papel filtro.
- Colocar sobre la base del aparato una piedra porosa y posteriormente un círculo de papel filtro.
- Colocar 2 arosellos en el anillo de aluminio e insertarlo en la base (para posteriormente colocarlos en el cabezal).
- Colocar alrededor de la probeta la plantilla de papel filtro. Para arcillas el papel filtro es ranurado y para suelos granulares sin ranurar.
- Sobre la probeta colocar un círculo de papel filtro y una piedra porosa.
- Colocar la probeta sobre la base.
- Subir las membranas una por una, (cuidando que no queden arrugas en la superficie y que no se dañe la probeta) hasta que cubran la probeta y el cabezal de aluminio (previamente colocado). Subir el aro metálico, soltar los arosellos sobre el cabezal, y colocarlos en las ranuras del mismo.
- Limpiar la base de la cámara verificando que no existan residuos de ningún material bajo el arosello en el que se apoyará el cilindro de lucita.
- Colocar el cilindro de lucita, teniendo precaución de levantar el vástago para no afectar la probeta.
- Cerrar herméticamente la cámara, colocando y atornillando las barras que la componen (solo con presión de mano), procurando que coincida el vástago con el pistón de carga.
- Verificar que todas las válvulas estén cerradas.

- Abrir el tornillo de purga y la válvula V7 y cerrarlas hasta que la cámara esté totalmente llena.
- Centrar la cámara con el pistón de carga.
- Colocar la maquina de deformación controlada en posición de desengranar para poder hacer movimientos manuales.
- Con ayuda del dispositivo de ajustes grueso de la maquina de deformación controlada se aproxima el vástago al pistón y con el ajuste fino se le da el acercamiento necesario hasta que el deformímetro de carga registre el movimiento, lo cual indica que esta en contacto.
- Colocar la barra del transductor de desplazamiento en contacto con la cámara.

4. Saturación de la probeta

- Verificar que todas las válvulas estén cerradas.
- Anotar el nivel de la bureta en el registro correspondiente.
- Colocar la válvula V1 en posición de muestra y mantener las válvulas V3 y V4 cerradas.
- En el regulador R2, ajustar (sin aplicar) una presión de 0.5kg/cm^2 (49 kPa) y en el regulador R1, una contra presión a 0.4kg/cm^2 (39.2kPa), actuando así sobre la muestra una presión efectiva de 0.1kg/cm^2 (9.8kPa).
- Abrir la válvula V8.
- Abrir las válvulas V3 y V4 y cuando se establezca el nivel de la bureta anotarlo en el registro correspondiente, junto con la presión y contrapresión aplicadas. Cerrar las válvulas V3 y V4.
- Repetir el inciso anterior, aplicando incrementos simultáneos de presión y contrapresión de 0.5kg/cm^2 (49kPa) hasta que ya no exista cambio en el nivel de la bureta. En caso de que se vacíe la bureta se debe volver a llenar e indicar en el registro correspondiente.
- Cerrar la válvula V8.

5. Procedimiento para la prueba rápida (UU)

- Haga actuar cargas sobre la ménsula, colocando los incrementos con intervalos de un minuto, obteniendo las lecturas del extensómetro correspondientes a cada incremento cinco segundos antes de agregar el siguiente incremento.
- El peso de cada incremento será de un décimo de la carga de falla prevista. Según la muestra se vaya acercando a la falla, deberá ser cuidadosamente observada tomándose nota del desarrollo de las grietas, abultamientos, pérdidas de verticalidad, etc. A veces es deseable disminuir la magnitud de los incrementos de carga a la mitad, cerca de la falla; en este caso, los intervalos en que actúan los incrementos se reducirán también a medio minuto.
- Después de que el espécimen haya fallado o de que su deformabilidad axial sobre pase el 25-30 % cesa el proceso de incrementar la carga, se quita la presión de la cámara, se retiran las pesas de la ménsula y se quita el extensómetro.

6. Procedimiento para la prueba rápida-consolidada(UU)

a) Etapa de consolidación:

Las lecturas iniciales durante esta primera etapa necesitan dos operadores; uno para leer el extensómetro y registrar los datos y el otro para leer las variaciones de nivel en la bureta. Por lo que las manipulaciones deberán ajustarse a lo siguiente:

- En cierto tiempo registrado, se abre la válvula A completamente.
- se toman las lecturas simultaneas del extensómetro y la bureta en tiempos de 15seg, 30seg, 1min, 2min, 4min, 8min, 15min, 1h, 2hrs, 4hrs, etc., después de haberse iniciado el proceso de consolidación, para abrirse la válvula A.
- Trácese graficas semi-logarítmicas de lecturas del extensómetro y de la bureta contra los tiempos transcurridos (escala logarítmica), simultáneamente al proceso de consolidación.
- Al llegar al 100% de consolidación primaria, lo cual se nota por definirse tramos rectos en las curvas de consolidación, pero en ningún caso antes de 24hrs, se cierra la válvula A.

b) Etapa de carga axial y falla.

Se seguirá el mismo procedimiento descrito anteriormente para la prueba rápida.

7. Procedimiento para la carga lenta (CD)

a) Etapa de consolidación:

El procedimiento es el mismo descrito anteriormente para la prueba rápida-consolidada.

b) Etapa de carga axial y falla.

- La carga axial se aplica en incrementos, permitiendo completa drenaje de la muestra en todo momento. La velocidad de aplicación de las cargas y la magnitud de los incrementos aplicados varían a lo largo de la prueba, sin que puedan establecerse una secuela definida.
- Los incrementos de carga iniciales pueden ser grandes, posiblemente de un cuarto de la carga de falla prevista, dejando aplicado cada uno hasta obtener, por lo menos, un 75 % de consolidación primaria.
- Después los incrementos deben ser de mucha menor magnitud y debe dejarse que cada uno obre durante 24hrs por lo menos. Al principio no se requiere obtener curvas de consolidación más que para verificar el haber alcanzado la consolidación primaria deseada, a menos que exista una razón especial para trazarlas. No obstante, al final de la prueba sí es preciso disponer de frecuentes lecturas del extensómetro y la bureta, para poder calcular el área corregida de la sección transversal de la muestra.
- Deben tenerse registros frecuentes de la presión imperante en la cámara y de la temperatura del cuarto.

8. Desmontaje del aparato

- Cerrar la válvula V8.
- Retirar simultáneamente la presión y contrapresión aplicada, por medio de los reguladores.
- Vaciar la cámara abriendo el tornillo de purga y la válvula de drenaje de la cámara.
- Con ayuda de la máquina de deformación controlada (en posición de desengranar) separar el vástago del pistón.
- Retirar el cilindro de lucita que forma la cámara triaxial.
- Retirar con cuidado la probeta, quitando los arosellos, las membranas y el papel filtro.
- La probeta se coloca dentro de una cápsula numerada y previamente tarada, se pesa y anota en el registro correspondiente obteniendo así el peso húmedo más tara.
- Limpiar el equipo.
- Secar la probeta y pesarla, (obteniendo peso seco más tara).
- Anotar en el registro los pesos obtenidos.

9. Método de cálculo**- Prueba no consolidada-no drenada (UU).**

Dibujar la curva esfuerzo-deformación unitaria. El área corregida se calcula con la ecuación:

$$A = \frac{100A_0}{100 - \text{Deformación}(\%)} \quad (\text{a.1})$$

Donde A_0 es el área de la sección transversal de la muestra al inicio de la prueba. Tener en cuenta para comprender la expresión anterior que el volumen inicial de la muestra se supone igual al final; por lo tanto, si l_0 es la longitud inicial de la muestra, se tendrá:

$$A_0 l_0 = (l_0 - \text{deformación total}) A$$

Entonces:

$$A = \frac{A_0 l_0}{l_0 - def}$$

Si l_0 se toma como 100% y la deformación es la unitaria, se llega de inmediato a la expresión (a.1).

También se trazará el Círculo de Mohr correspondiente a los esfuerzos en el instante de la falla; σ_3 , igual a la presión hidrostática y σ_1 igual al σ_3 más el esfuerzo desviador aplicado por el vástago. Si se ejecutan varias pruebas rápidas, trazar la envolvente a los diversos círculos de Mohr obtenidos (uno de cada prueba).

- Prueba consolidada-no drenada (CU).

El área corregida de la muestra al fin de la primera etapa, que es inicial para la segunda etapa de carga, se calculará con la expresión:

$$A_0 = \frac{V - \Delta V}{H - \Delta H} \quad (\text{a.2})$$

Donde:

- V Volumen original del espécimen.
- ΔV Cambio de volumen, registrado en la bureta.
- H Altura original de la muestra.
- ΔH Cambio de altura de la muestra, registrado por el extensómetro.

En la segunda etapa deberá calcularse el área de la muestra correspondiente a cada incremento de carga aplicado, mediante la fórmula (a.1); con ello podrán trazarse las curvas esfuerzo-deformación. Trazar el Círculo de Mohr de falla. Si se hacen varias pruebas, trazar la envolvente a los círculos obtenidos.

- Prueba consolidada-drenada (CD).

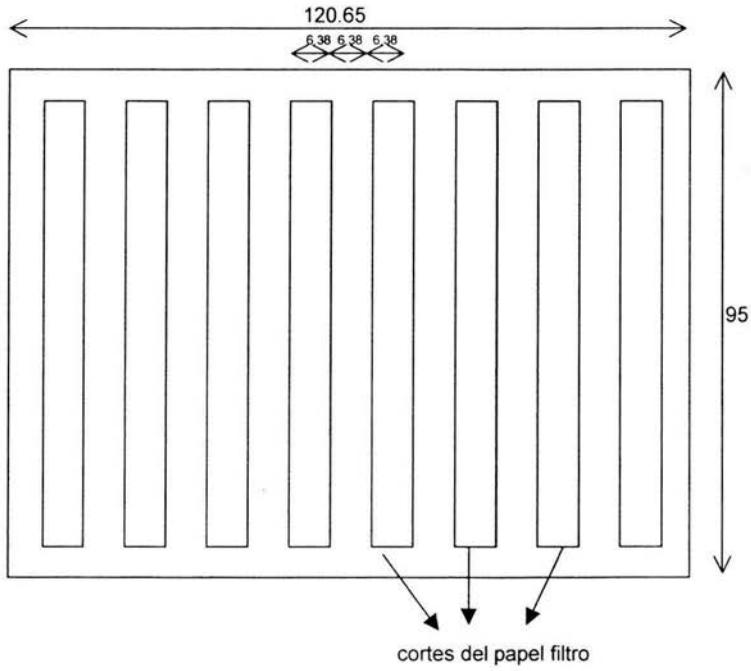
El área en el momento de la falla podrá calcularse con la expresión (a.2); así podrá calcularse el esfuerzo desviador. Trazar el Círculo de Mohr correspondiente y la envolvente de falla, si se efectúan varias pruebas.

g) Anexos

- III.1.4/A6 Detalle de la plantilla de papel filtro para drenado de la probeta.
- III.1.4/A7 Registro para la muestra triaxial UU.
- III.1.4/A8 Conjunto de dispositivo para pruebas de compresión triaxial.
- III.1.4/A9 Registro para la muestra triaxial CU.

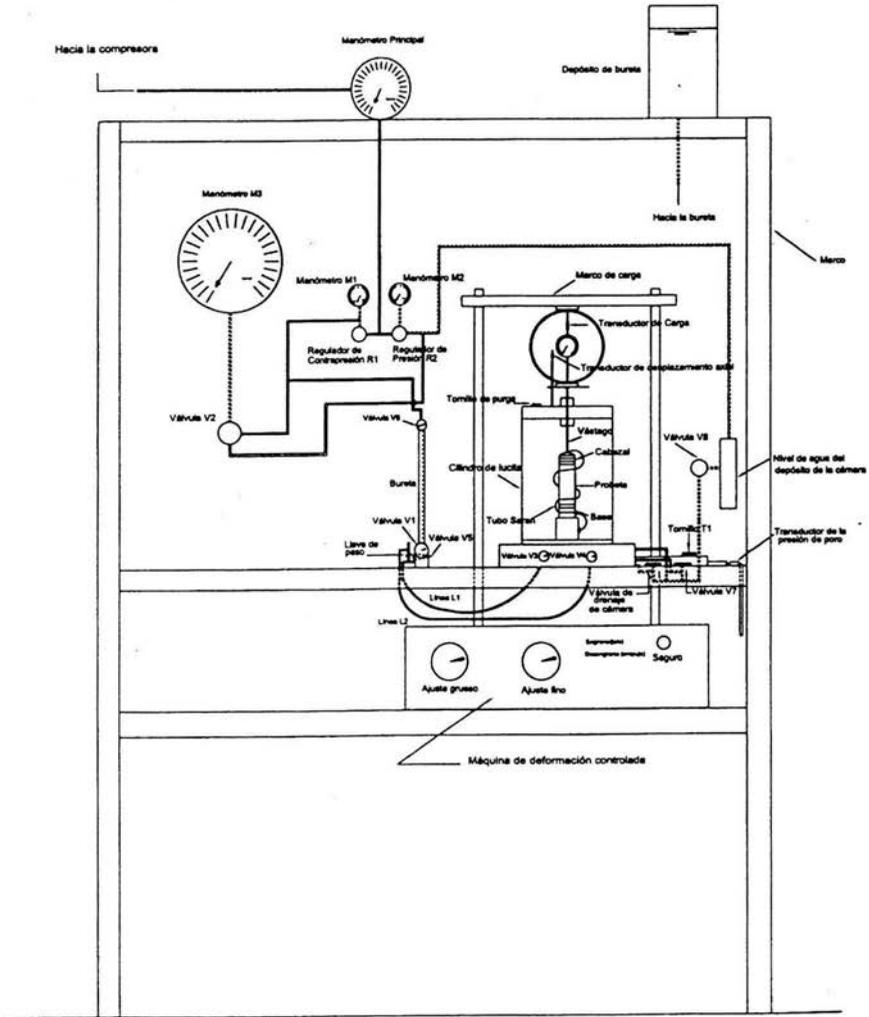
g) Registros de calidad

- III.1.4/A9 Registro para la muestra triaxial CU.



**DETALLE DE LA PLANTILLA DE PAPEL FILTRO PARA DRENADO DE LA
PROBETA**

Acotación en mm



CONJUNTO DE DISPOSITIVO PARA PRUEBAS DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CON DEFORMACIÓN CONTROLADA

PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CU Y CD

Proyecto: _____
 Área de resp: _____
 Localización: _____
 Fecha: _____

Marco de prueba No _____
 Anillo No. _____
 Cap. del anillo _____
 Constante del anillo _____

Sondeo No. _____
 Muestra No. _____
 Profundidad _____
 Descripción del suelo _____

Descripción: _____		Sondeo: _____		Wo=	g
_____		Muestra: _____		Wh+±	g
_____		Profundidad: _____		Wg+±	g
_____		Presión conf. _____		Wt=	g
di=	cm	dm=	cm	ds=	cm
		do=	cm	do=	cm
		h=	cm	h=	cm
		Ao=	cm ²	Ao=	cm ²
		Tara No.		Tara No.	
		kg/cm ²		kg/cm ²	
		Ss:		Ss:	

B. Skemton	P. Conf. inicial		P. Conf. final		P. Cam. Inicial kPa	P. Cam. final kPa	CP Inicial kPa	CP Cam. final kPa	PP Inicial kPa	PP Cam. final kPa	Bureta Inicial kPa	Bureta Final kPa	Fecha de inicio:		Hora de inicio:		Consolidación	
	P. Conf. inicial kg/cm ²	C. P. kg/cm ²	P. Conf. final kPa	C. P. final kPa									tiempo min	Bureta cm	tiempo min	Bureta cm	tiempo min	Bureta cm
H																		
Mm														0				
														7'				
														15'				
														30'				
														1'				
														2'				
														4'				
														8'				
														15'				
														30'				
														60'				
														120'				
														240'				
														480'				

Consolidación	P. Conf. Inicial		P. Conf. final		PP Inicial kPa	PP final kPa	Bureta Inicial cm	Bureta final cm
	P. Conf. inicial kPa	C. P. kPa	P. Conf. final kPa	C. P. final kPa				
H								
Mm								

ARCHIVO DE FALLA _____

ENSAYO _____

REVISÓ _____

OBSERVACIONES

III.2 IMPACTO AMBIENTAL.

El estudio del Impacto Ambiental es una actividad diseñada para identificar y predecir la modificación de los componentes biogeofísicos y socioeconómicos del ambiente, para interpretar y comunicar información acerca de dichas modificaciones, así como la forma de atenuarlas o minimizarlas.

La Ingeniería Civil, actividad que realiza el hombre para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales en la satisfacción de las necesidades humanas y/o en la solución a un problema, adicionalmente también produce impactos ambientales, los cuales pueden ser adversos o benéficos.

A continuación se analizan los Impactos Ambientales que generan las actividades de exploración, muestreo y las pruebas de campo para realizar un Estudio de Mecánica de Suelos bien documentado.

III.2.1 DURANTE EXPLORACIÓN Y MUESTREO.

1) Impactos en el medio físico.

Hidrología.

Las excavaciones y los cortes modifican el nivel freático, sin embargo durante la exploración y muestreo, las excavaciones y cortes que se realizan no son de grandes dimensiones, así que el impacto que se genera por esta actividad es adverso no significativo. Asimismo, dado que esta actividad se realizará dentro del terreno destinado al proyecto, el impacto al uso potencial del suelo será adverso no significativo.

Geomorfología.

En cuanto a las características geomorfológicas, los efectos serán adversos no significativos, ya que las características del terreno no cambiarán de manera significativa al realizar excavaciones y cortes.

Microclima.

El desmonte puede producir daños a la vegetación ya que a partir de esta actividad comienza a fluir el aire frío próxima al suelo. La flora y fauna existentes pueden ser afectadas en su composición por la acumulación de aire frío, sin embargo el impacto adverso que genera esta actividad resulta no significativo si se cumple con la NOM-120-ECOL-1997 que se muestra en el anexo 1.

2) Impactos en el medio biológico.

Flora y fauna.

Durante la exploración y muestreo se generan los siguientes impactos:

- Pérdida de superficies por las excavaciones.
- Afectación del nivel freático (descenso y modificación de poblaciones faunísticas y vegetales).
- Influencia sobre el microclima (aire frío, ráfagas de aire, radiación solar, sombras).

A pesar del impacto adverso que genera esta actividad, éste resulta no significativo si se cumple con la NOM-120-ECOL-1997 que se muestra en el anexo 1.

3) Impactos en el medio socioeconómico.

Generación de empleos.

En el empleo y mano de obra se producirán efectos benéficos significativos durante la etapa de exploración y muestreo, ya que se empleará a los habitantes de las poblaciones cercanas al lugar del proyecto.

Expropiación de terrenos.

Se producirán efectos tanto benéficos como adversos de acuerdo a la actividad que se realice en dichos terrenos.

III.2.2 DURANTE PRUEBAS DE CAMPO.

Al igual que en la etapa de exploración y muestreo durante la realización de las pruebas de campo se generan los mismos impactos ambientales, es decir:

- 1) Impactos en el medio físico.
- 2) Impactos en el medio biológico.
- 3) Impactos en el medio socioeconómico.

Sin embargo, se pueden mitigar si se apega en lo posible a las NOM que se presentan en el anexo 1 del presente trabajo.

ANEXO 1

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-120-ECOL-1997, QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES DE PROTECCION AMBIENTAL PARA LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACION MINERA DIRECTA, EN ZONAS CON CLIMAS SECOS Y TEMPLADOS EN DONDE SE DESARROLLE VEGETACION DE MATORRAL XEROFILO, BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO, BOSQUES DE CONIFERAS O ENCINOS.

(Publicada en el D.O.F. de fecha 19 de noviembre de 1998).

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-120-ECOL-1997, QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES DE PROTECCION AMBIENTAL PARA LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACION MINERA DIRECTA, EN ZONAS CON CLIMAS SECOS Y TEMPLADOS EN DONDE SE DESARROLLE VEGETACION DE MATORRAL XEROFILO, BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO, BOSQUES DE CONIFERAS O ENCINOS.

JULIA CARABIAS LILLO, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con fundamento en los artículos 32 Bis fracciones I, IV y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracciones V, y X, 6o., 28 fracción II, 29, 31, 36, 37, 37 Bis, 160 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 38 fracción II, 40 fracción X, 46 y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y

CONSIDERANDO

Que en conformidad a lo dispuesto por el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con fecha 23 de diciembre de 1997 se publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, con carácter de proyecto la presente Norma, con el fin de que los interesados en un plazo de 60 días naturales, posteriores a la fecha de su publicación presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en avenida Revolución número 1425, mezzanine planta alta, colonia Tlacopac, Delegación Alvaro Obregón, código postal 01040, de esta Ciudad.

Que durante el mencionado plazo, la manifestación de impacto regulatorio del citado proyecto de Norma, estuvo a disposición del público para su consulta en el Centro Documental del Instituto Nacional de Ecología, sito en la planta baja del domicilio antes señalado.

Que de acuerdo con lo establecido en el artículo 47 fracciones II y III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de Norma en cuestión, los cuales fueron analizados por el citado comité realizándose las modificaciones procedentes al proyecto; las respuestas a los comentarios y modificaciones antes citados fueron publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el 20 de octubre de 1998.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental en sesión de fecha 22 de abril de 1998, aprobó la presente Norma Oficial Mexicana NOM-120-ECOL-1997, que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos, por lo que he tenido a bien expedir la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-120-ECOL-1997, QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES DE PROTECCION AMBIENTAL PARA LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACION MINERA DIRECTA, EN ZONAS DE CLIMAS SECOS Y TEMPLADOS EN DONDE SE DESARROLLE VEGETACION DE MATORRAL XEROFILO, BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO, BOSQUES DE CONIFERAS O ENCINOS.

INDICE

0. INTRODUCCION
 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION
 2. REFERENCIAS
 3. DEFINICIONES
 4. ESPECIFICACIONES
 5. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y LINEAMIENTOS INTERNACIONALES Y CON LAS NORMAS MEXICANAS TOMADAS COMO BASE PARA SU ELABORACION
 6. BIBLIOGRAFIA
 7. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA
0. **INTRODUCCION.**

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece que la realización de obras o actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, requieren previamente la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca en materia de impacto ambiental.

El Instituto Nacional de Ecología, por conducto de su Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental como resultado de la aplicación del proceso de evaluación de impacto ambiental, ha determinado que algunas actividades de competencia federal en la materia pueden regularse mediante una Norma Oficial Mexicana, tal es el caso de las actividades de exploración minera directa, que se realicen en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos, que además de tener características similares, ocasionan impactos poco significativos para el ambiente y el entorno social, de realizarse en estricto apego a diversos requisitos, especificaciones y procedimientos de protección ambiental, que se establecen en la presente Norma Oficial Mexicana.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones de protección ambiental para realizar actividades de exploración minera directa, exceptuando las radiactivas y las que pretendan ubicarse en áreas naturales protegidas y es de observancia obligatoria para los responsables del proyecto a desarrollar en este tipo de actividades.

Las disposiciones de esta Norma Oficial Mexicana, serán aplicables a aquellos proyectos de exploración minera directa que se lleven a cabo en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.

2. REFERENCIAS

Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 16 de mayo de 1994.

3. DEFINICIONES

3.1 Acuífero

Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su exploración, uso o aprovechamiento.

3.2 Barrenación

Perforación cilíndrica de diámetro pequeño y considerable profundidad efectuada sobre roca o suelo mediante instrumentos especiales de perforación.

3.3 Barrenación a diamante

Barrenación en la que el instrumento cortante es una broca con diamantes montados o impregnados.

3.4 Barrenación de circulación inversa

Barrenación con tubo concéntrico doble, en la que se inyecta un fluido a presión a través del tubo exterior y se recupera junto con la muestra por el tubo interior.

3.5 Capa superficial de suelo

El material que se encuentra incluido entre los 0 cm (cero centímetros) y 30 cm (treinta centímetros) de profundidad a partir de la superficie en donde se realizan actividades de exploración. Las características de este material a diferencia del más profundo o somero superficial, serán su mayor cantidad de materia orgánica y mínimo contenido de roca. La profundidad del material que se extraiga dependerá de la disponibilidad del mismo y de las acciones contempladas en la restauración.

3.6 Cárcamo

Recipiente utilizado para contener los fluidos de barrenación.

3.7 Climas secos

También denominados como áridos; corresponden al grupo de climas B, en los que la evaporación excede a la precipitación, por lo que ésta no es suficiente para alimentar corrientes permanentes. Consta de dos divisiones principales: los climas BW áridos o desérticos y los BS o semiáridos.

3.8 Climas templados

Incluye a los húmedos y subhúmedos, con temperatura media del mes más frío inferior a 18°C, pero superior a -3°C. Corresponde al grupo de climas C con tres tipos principales: C(fm), C(m) y C(w)

(templado húmedo sin estación seca bien definida, con lluvias uniformemente repartidas; templado subhúmedo con lluvias en verano; y clima mediterráneo, o con lluvia en invierno).

3.9 Construcción de caminos de acceso

Consiste en la creación de tramos nuevos de caminos.

3.10 Exploración minera

Las obras y trabajos realizados en el terreno con el objeto de identificar depósitos minerales, al igual que de cuantificar y evaluar las reservas económicamente aprovechables que contengan.

3.11 Exploración minera directa

Exploración minera a base de barrenación, zanjas, socavones y pozos.

3.12 Lodos de perforación

Es una mezcla de agua con arcillas naturales, cuyas funciones son lubricar y enfriar la columna de barrenación, así como dar mayor estabilidad a las paredes del barreno.

3.13 Muestra

Parte pequeña y representativa de un material, que sirve para conocer su composición química y arreglo.

3.14 Patio de maniobras

Área exterior ubicada en la entrada de un pozo, en la que se instala la maquinaria y equipo necesario para la ejecución de la obra.

3.15 Planilla de barrenación

Superficie para la instalación de equipo y materiales accesorios, en donde se llevarán a cabo actividades de exploración por cualquier método de barrenación.

3.16 Plantilla de barrenación

La disposición o distribución espacial de los barrenos dentro de una plantilla o área.

3.17 Pozo

Excavación vertical o inclinada labrada en el terreno.

3.18 Rehabilitación de caminos

Se refiere sólo a la restitución de los caminos existentes, de forma que sean transitables. No incluye ampliación ni apertura.

3.19 Responsable del proyecto

La persona física o moral, que realice o pretenda realizar actividades de exploración y sobre la que se fincará responsabilidad jurídica por cualquier daño y obra o actividad que rebase lo estipulado en la presente.

3.20 Superficie del sitio del proyecto

La superficie obtenida de la suma de aquellos cuadros – marcados en una cuadrícula de dimensiones de 50 m (cincuenta metros) por lado, en donde se contemple realizar al menos alguna actividad.

Los cuadros en donde no se considere la ejecución de alguna actividad, no deberán ser incluidos para el cálculo de la superficie del sitio del proyecto.

3.21 Socavón

Obra subterránea de dimensiones variables y sección rectangular, a partir de la superficie del terreno.

3.22 Tipos de vegetación:

3.22.1 Bosque tropical caducifolio: tipo de vegetación cuya altura de los árboles alcanza los 15 m (quince metros) de altura o menos, según las condiciones climáticas; predominantemente árboles de 2 a 8 m (dos a ocho metros). Entre el 25 y el 50% (veinticinco y el cincuenta por ciento) de los árboles pierden las hojas en la época de secas. En las zonas más secas es común la presencia de cactáceas columnares y candelabrifórmes, así como de rosetófilos.

3.22.2 Bosque de coníferas o encinos: comunidades constituidas por diferentes especies de los géneros *Abies*, *Quercus*, *Pinus*, *Juniperus*, encontrándose entre los 300 y 4,200 msnm (trescientos y cuatro mil doscientos metros sobre el nivel del mar).

3.22.3 Matorral xerófilo: abarca comunidades de fisonomías muy diversas, características de las zonas áridas y semiáridas. Incluye comunidades, en las que predominan arbustos o árboles de 3 a 5 m (tres a cinco metros), de altura, caducifolios (generalmente por un periodo breve durante la época de secas), con hojas o folíolos de tamaño pequeño. Los matorrales crasicauales son comunidades arbustivas denominadas por plantas de tallo suculento (cactáceas grandes); la altura depende de la especie que lo conforma y puede ser hasta de 10 m (diez metros). En los matorrales rosetófilos predominan especies arbustivas o subarbustivas de hojas alargadas y angostas agrupadas en forma de roseta; el estrato subarbustivo espinoso y perennifolio a menudo es muy denso. Los bosques de *Yucca* (izotales) llegan a medir de 2 a 4 m (dos a cuatro metros) de alto. En el matorral micrófilo predominan elementos arbustivos de hoja o folíolo pequeño; de altura variable de 1 a 3 m (uno a tres metros), con eminencias aisladas de hasta 6 m (seis metros) de acuerdo a su composición florística y las condiciones ambientales.

3.23 Zanja

Excavación horizontal superficial labrada en el terreno en forma de canal.

4. ESPECIFICACIONES

4.1 Especificaciones generales

4.1.1 Los proyectos de exploración y actividades relacionadas con ellos, que no se ajusten a lo descrito en las disposiciones de esta Norma Oficial Mexicana, o que comprendan actividades no normadas en la presente, deberán sujetarse al procedimiento de evaluación en materia de Impacto Ambiental, de acuerdo con la legislación vigente en la materia.

4.1.2 Los responsables del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana, deberán notificar a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca en el formato contenido en el Anexo 1 de esta Norma, la ejecución de los proyectos para las actividades de exploración minera directa.

La notificación antes referida deberá presentarse con un mínimo de cinco días hábiles de anticipación al inicio de dichas actividades. Al término de las mismas se deberá notificar dentro de los veinte días hábiles siguientes a su conclusión, en el formato contenido en el Anexo 2 de esta Norma.

4.1.3 El responsable del proyecto deberá contar con copia del Aviso de Inicio de Actividades con el sello de recepción correspondiente en el área del proyecto. Este documento podrá ser requerido durante las actividades de inspección y verificación.

4.1.4. Los tipos climáticos serán determinados con base en las cartas temáticas de clima del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, escala 1:1'00,000 (uno a un millón) (Sistema de clasificación climática de Koeppen, modificado por García, E. 1983).

4.1.5 Los tipos de vegetación serán determinados de acuerdo con la clasificación de la vegetación de México de Rzedoswki (1988), que estará a disposición de los interesados en las oficinas del Instituto Nacional de Ecología y en las delegaciones federales de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca en los Estados.

4.1.6 En caso de que una vez presentado el aviso de inicio el responsable del proyecto determine necesario realizar actividades adicionales a las manifestadas, podrá realizarlas, siempre y cuando las sumas de lo original y lo adicional no rebasen los límites de afectación establecidos para cada actividad, así como tampoco el 25% (veinticinco por ciento) de afectación total. En el aviso de conclusión se deberán señalar las actividades adicionales realizadas.

4.1.7 El responsable del proyecto deberá llevar a cabo un Programa de Supervisión en el cual se designe un responsable técnico en el sitio del proyecto, para detectar aspectos críticos desde el punto de vista ambiental y que pueda tomar decisiones, definir estrategias o modificar actividades nocivas.

4.1.8 Antes de realizar cualquier actividad de exploración minera directa se deberá verificar en la Comisión Nacional del Agua, la posible existencia de mantos acuíferos en la zona en que se pretende desarrollar dicha actividad. Cuando sea cortado un acuífero por las actividades del proyecto o cuando se detecte la presencia de minerales radiactivos en algún horizonte rocoso, se notificará a la Comisión Nacional del Agua y a la Secretaría de Energía, respectivamente.

4.1.9 Las obras serán suspendidas, si al realizar las actividades se encontraran vestigios arqueológicos, y se dará aviso a la autoridad civil más cercana, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 29 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas. Las obras podrán reiniciarse al obtener la aprobación del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

4.1.10 Cuando el proyecto se ubique dentro del área de tránsito de los pobladores locales, se colocará una adecuada señalización preventiva, restrictiva, informativa o prohibitiva; en la que se haga referencia a los trabajos que se realicen en la zona, con el objeto de evitar accidentes en el sitio del proyecto.

4.1.11 No se realizarán actividades de quema de maleza, uso de herbicidas o productos químicos durante las actividades de desmonte o deshierbe del sitio del proyecto.

4.1.12 El material removido por las actividades deberá ser depositado en sitios seleccionados para tal fin por el responsable del proyecto, en donde se garantice que éste no será arrastrado por el drenaje pluvial o por crecimiento de cuerpos de agua, que no obstruirá cauces naturales o similares y que no afectará innecesariamente a la vegetación. De ser posible deberá utilizarse un solo sitio de depósito.

4.1.13 Se trozará y esparcirá, en sitios previamente seleccionados por el responsable del proyecto, los residuos vegetales producto de la limpieza de los terrenos, a fin de facilitar su integración al suelo, en caso de no ser utilizados como esquejes o material para la reforestación.

La selección del sitio deberá considerar preferentemente sitios que hayan sido perturbados por las actividades realizadas.

4.1.14 Queda prohibida la cacería y la extracción de especies de flora y fauna por el personal contratado para las actividades de exploración.

4.1.15 En caso de que existan en la zona del proyecto individuos de flora y fauna silvestres catalogadas en la normatividad vigente con alguna categoría de protección, se deberá evitar su daño.

De ser inevitable la afectación, se deberá realizar el traslado de fauna de difícil desplazamiento y trasplante de flora, con apoyo de especialistas en la materia.

4.1.16 La capa superficial del suelo vegetal será recuperada junto con el material removido sin mezclarse, con el fin de utilizarla para las actividades de restauración de la zona. Para lo anterior, se deberá designar un área de almacenamiento temporal dentro de las de depósito, con el fin de evitar pérdidas de erosión.

4.1.17 No se realizará la excavación, nivelación, compactación o relleno de terrenos fuera de los límites establecidos en esta Norma.

4.1.18 Se realizará la revisión y mantenimiento periódico de los vehículos y maquinaria que sean utilizados, con la finalidad de no rebasar los límites máximos permisibles para la emisión de contaminantes a la atmósfera y ruido que establecen las normas oficiales mexicanas aplicables. En caso de realizar actividades de mantenimiento y reparación en el sitio del proyecto, deberán adoptarse las medidas necesarias para evitar la contaminación del suelo por aceites, grasas, combustibles o similares.

4.1.19 Los combustibles serán almacenados dentro del área del proyecto, en recipientes cerrados que estén en perfectas condiciones, garantizándose que no existirán fugas. Deberán considerarse las medidas necesarias de seguridad para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles en base a la normatividad aplicable.

4.1.20 Para prevenir impactos ambientales por el uso, manejo y almacenamiento de explosivos, el responsable del proyecto deberá sujetarse a las disposiciones aplicables en la materia.

4.1.21 Se deberá ejercer un control sobre la basura generada, para su disposición en el lugar que destine la autoridad local competente. Asimismo, será indispensable el uso de sanitarios portátiles, o el uso de letrinas construidas y operadas higiénicamente. En el caso de utilizar letrinas que requieran agua se deberá construir una fosa séptica de capacidad adecuada. En todos los casos el diseño deberá garantizar que se evite la contaminación del subsuelo por infiltración. Asimismo, al término de las actividades deberán ser cubiertas e inactivadas, de conformidad con las normas oficiales mexicanas aplicables.

4.1.22 En lo que se refiere a materiales de consumo, aditivos, aceites, grasas y combustibles, éstos y sus residuos, no deberán dispersarse o derramarse en el área de trabajo o fuera de ella; por lo que será necesaria su recolección rutinaria. La disposición de los residuos se hará en recipientes cerrados y resguardados en lugares aislados y seguros, dentro de alguna de las superficies ocupadas por las obras que se llevarán a cabo y su manejo deberá sujetarse a las disposiciones de la normatividad aplicable.

4.1.23 Cuando a la terminación de un proyecto de exploración minera directa se vaya a abandonar el área en que se desarrollaron los trabajos, el responsable del proyecto deberá llevar a cabo el programa de restauración que contemple acciones tales como la estabilización de taludes, el relleno de pozos de exploración, el relleno de zanjas, la escarificación de suelos, la inhabilitación de caminos y la reforestación. El programa deberá contener el calendario de actividades, incluyendo las correspondientes al mantenimiento. Los sitios a restaurar serán aquellos afectados por las actividades realizadas, excepto aquellos ocupados por obras que tendrán uso futuro, debidamente justificado, en cuyo caso como medida de compensación se deberá restaurar alguna área vecinas.

4.1.24 Cuando se produzca tala de árboles y arbustos se deberá cuantificar, para programar la reforestación que compense el daño.

4.1.25 Cuando se prevea que el proyecto pasará a la etapa de explotación, como medida de compensación a los impactos generados por las actividades de exploración minera directa, se realizará la

restauración en alguna área vecina, en donde se realicen labores que perjudiquen sus resultados, para lo cual deberá presentar ante el Instituto Nacional de Ecología o la Delegación de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca que corresponda el programa de restauración.

4.1.26 En las actividades de restauración, se utilizarán únicamente individuos de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas locales. El material recuperado durante las actividades de desmonte (esquejes, semillas o material trasplantado) y conservados para tal fin, será empleado en estas actividades.

4.1.27 Una vez realizada la restauración se presentará a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca o a su delegación federal correspondiente un reporte en el que se manifiesten las condiciones finales del sitio, la ubicación en un plano topográfico de las zonas reforestadas, superficies, listado de especies empleadas, actividades de seguimiento de las plantaciones. De haber realizado actividades de traslado de fauna o rescate de individuos de vegetales se deberán indicar las acciones realizadas tendientes a garantizar su supervivencia y los resultados obtenidos. Dicho reporte se deberá acompañar por un anexo fotográfico.

4.2 Especificaciones particulares

4.2.1 Barrenos

4.2.1.1 Al término de cada barreno deberá realizarse la cementación de una marca en la boca del mismo, quedando señalada su posición en el terreno.

4.2.1.2 En la exploración por carbón deberá cementarse este horizonte al menos dos metros arriba y debajo de la cima y base, respectivamente.

4.2.1.3 Por lo que se refiere a los cárcamos, éstos deberán ser de material impermeable, con arcillas locales o en su defecto material plástico para evitar filtraciones al suelo de los lodos que se utilizan para la perforación. El material plástico que se utilice deberá ser retirado al término de la actividad.

4.2.1.4 Sólo se deberán utilizar lodos de perforación de arcillas naturales, grasa lubricantes y aditivos, todos biodegradables.

4.2.1.5 El agua utilizada en la barrenación será decantada y reciclada.

4.2.1.6 Los residuos de material, roca y sobrantes de muestras producidas por la barrenación podrán disponerse dentro de alguna de las áreas de depósito de material removido y en el caso de barrenación inversa podrán colocarse dentro de los barrenos realizados.

4.2.2 Caminos de acceso

DIMENSIONES:

- No mayor a 5.0 m (cinco punto cero metros) de ancho y longitud no mayor a 150 m (ciento cincuenta metros por hectárea).

PARAMETROS

- Número total de metros de camino: No mayor a 150 m/ha (ciento cincuenta metros por hectárea)
- Superficie por afectar: 750 m²/ha (setecientos cincuenta metros cuadrados por hectárea) en zonas planas
- Porcentaje máximo a afectar por hectárea: 7.5% (siete punto cinco por ciento).
- Superficie por afectar: 1,050 m²/ha (mil cincuenta metros cuadrados por hectárea) en zonas con otro relieve.

- Se consideran 300 m² (trescientos metros cuadrados) para el depósito del material removido.
- Porcentaje máximo por afectar por hectárea: 10.5% (diez punto cinco por ciento).

4.2.2.1 En el trazo de caminos de acceso deberá evitarse la afectación a los individuos de las especies de flora de difícil regeneración, que por sus características no puedan ser reubicados, tales como cactáceas columnares o similares.

4.2.2.2 En el caso de ampliación o rehabilitación de caminos existentes, no se deberá rebasar el límite de 5.0 m (cinco punto cero metros) de ancho. La superficie que será empleada de manera adicional a la ocupada por los caminos existentes, será considerada para el cálculo de la superficie por afectar por caminos de acceso.

4.2.2.3 Se realizará la rehabilitación o la construcción de caminos de acceso al área del proyecto considerando los siguientes aspectos:

- a) Que se cuente con las obras de drenaje necesarias para conducir el agua de lluvia hacia un dren natural durante la vida útil del proyecto.
- b) El material obtenido durante la apertura, remodelación o ampliación de caminos, de acuerdo con sus características, deberá ser empleado en las mismas obras.
- c) En caso de existir material excedente deberá ser depositado en sitios previamente seleccionados, en donde se garantice que éste no será arrastrado por el drenaje pluvial o por crecimiento de cuerpos de agua, preferentemente deberán seleccionarse sitios desprovistos de vegetación o perturbados.
- d) Al depositar el material excedente, se deberá garantizar que no se obstruyan cauces naturales o similares.

4.2.3 Campamentos

DIMENSIONES:

- Dimensiones variables.

PARAMETROS:

- Número total de metros cuadrados para campamentos: 500 m²/ha (quinientos metros cuadrados por hectárea).
- Superficie a afectar: 500 m²/ha (quinientos metros cuadrados por hectárea).
- Porcentaje máximo a afectar por hectárea: 5.0% (cinco punto cero por ciento).

4.2.3.1 Los campamentos deberán ubicarse en áreas no aledañas a cuerpos de agua y que, de preferencia, no presenten densa vegetación, en el caso contrario, deberá incorporarse el campamento a los espacios disponibles entre la vegetación arbórea y arbustiva sin causarle afectaciones.

4.2.4 Patios de maniobras

DIMENSIONES:

- Dimensiones variables.

PARAMETROS:

- Número total de metros cuadrados de patio: no mayor de 300 m²/ha (trescientos metros cuadrados por hectárea).
- Superficie a afectar: 300 m²/ha (trescientos metros cuadrados por hectárea) en terrenos planos.
- Porcentaje máximo a afectar por hectárea: 3.0% (tres punto cero por ciento).
- Se consideran 200 m²/ha (doscientos metros cuadrados por hectárea) adicionales, para el depósito de material removido, en el caso de que se requiera.
- Porcentaje máximo adicional a afectar por hectárea: 2.0% (dos punto cero por ciento).

4.2.5 Planillas de barrenación

DIMENSIONES:

No se consideran dimensiones, sólo se ajusta a la superficie de afectación por el tipo de barreno o ajusta de la plantilla de barrenación de acuerdo con los siguientes:

PARAMETROS

- Superficie a afectar:
 - a) Barrenación a diamante: con un total de 720 m²/ha (setecientos veinte metros cuadrados por hectárea).
 - b) Barrenación de circulación inversa: con un total de 768 m²/ha (setecientos sesenta y ocho metros cuadrados por hectárea).
- Porcentaje máximo a afectar por hectárea: 7.68% (siete punto sesenta y ocho por ciento).
- La superficie a afectar del 7.68% (siete punto sesenta y ocho por ciento), incluye los sitios para el depósito de material removido en sitios planos y se considera como superficie a afectar en sitios que requieran de cortes y nivelaciones un 11.52% (once punto cincuenta y dos por ciento).

4.2.5.1 Las plantillas de barrenación serán abiertas sin interferir con los cauces naturales de la zona.

4.2.6 Pozos

DIMENSIONES:

- Su sección podrá ser de 1.5 m (uno punto cinco metros) por lado y profundidad de 10 m (diez metros)

PARAMETROS

- El número de metros cúbicos de material removido por pozo será de 22.5 m³ (veintidós punto cinco metros cúbicos).
- Superficie a afectar por el depósito del material extraído: 11 m² (once metros cuadrados).
- Superficie a afectar por apertura del pozo: 2.25 m² (dos punto veinticinco metros cuadrados).
- Superficie máxima a afectar será de 150 m²/ha (ciento cincuenta metros cuadrados por hectárea).

- Porcentaje máximo a afectar por hectárea: 1.5% (uno punto cinco por ciento), que incluye la superficie para el depósito del material removido.

4.2.7 Socavón

DIMENSIONES:

Su sección podrá ser de 2 m (dos metros) de alto, por 1.5 m (uno punto cinco metros) de ancho, por 40 m (cuarenta metros) de longitud.

PARAMETROS:

- El número de metros cúbicos de material removido por socavón será de 120 m³ (ciento veinte metros cúbicos).
- Superficie a afectar por el depósito de material extraído por socavón: 60 m² (sesenta metros cuadrados).
- Superficie a afectar por apertura del socavón 3 m² (tres metros cuadrados).
- La superficie máxima a afectar será de 150 m²/ha (ciento cincuenta metros cuadrados por hectárea).
- Porcentaje máximo a afectar por hectárea: 1.5% (uno punto cinco por ciento), que incluye la superficie para el depósito del material removido.

4.2.8 Zanja

DIMENSIONES:

Su sección podrá ser 5.0 m (cinco punto cero metros) de ancho, por 2.0 m (dos punto cero metros) de profundidad, por 20 m (veinte metros) de largo.

PARAMETROS:

- El número de metros cúbicos de material removido por zanja será de 200 m³ (doscientos metros cúbicos).
- El número total de metros de zanja: no mayor de 90 m/ha (noventa metros por hectárea).
- La superficie por afectar: 900 m²/ha (novecientos metros cuadrados por hectárea), de los cuales 450 m² corresponden a la zanja y 450 m² al depósito temporal de material removido.
- Porcentaje máximo de afectación por hectárea: 9% (nueve por ciento), que incluye la superficie a afectar por el depósito del material removido.

4.3 Límite máximo de afectación por hectárea

Las especificaciones de los trabajos de campo mencionados anteriormente, se determinan con base en las condiciones geológicas y fisiográficas del proyecto, no siendo siempre necesaria la ejecución de toda la gama de trabajos descritos, por lo que el porcentaje de afectación máximo permisible por hectárea de la superficie del sitio del proyecto definida en esta Norma, no deberá rebasar el 25% (veinticinco por ciento), sin considerar la superficie que ocupen actividades que se lleven a cabo en áreas afectadas por trabajos ajenos a la minería.

En el caso de exploración por etapas en referencia a un mismo sitio, sí deberá considerarse la afectación generada en el sitio en etapas anteriores.

5. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y LINEAMIENTOS INTERNACIONALES Y CON LAS NORMAS MEXICANAS TOMADAS COMO BASE PARA SU ELABORACION.

5.1 No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente; tampoco existen normas mexicanas que hayan servido de base para su elaboración.

6. BIBLIOGRAFIA

- 6.1 Ley Minera, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 26 de junio de 1992.
- 6.2 American Geological Institute. 1996 y 1974. Glossary of Geology (*Glosario Geológico*).
- 6.3 Forrester, James D. 1975. Field and mining geology. Edit. John Wiley and Sons. (*Geología de Campo y Minera*).
- 6.4 García, E. 1983. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koeppen. Instituto de Geografía. UNAM.
- 6.5 Goldschmidt, V.H. 1970. Geochemistry (*Geoquímica*). Ed. Alex Muir Oxford University.
- 6.6 Hawkes, H.E. and Webb J.S. 1962. Geochemistry in Mineral Exploration (*Geoquímica en la Exploración Minera*). Ed. Harper and Row.
- 6.7 Kuzvart, Miles y M. Bohmer. 1978. Prospecting and Exploration of Mineral Deposits (*Prospección y Exploración de Depósitos Minerales*). Ed. Elsevier Scientific Publishing Company.
- 6.8 Low, Julian W. 1957. Geologic Field Methods (*Métodos Geológicos de Campo*). Ed. Harper and Brothers.
- 6.9 Peters, William C. 1978. Exploration and Mining Geology (*Exploración y Geología Minera*). Ed. Wiley.
- 6.10 Rankana, Kalervo and Sahama Th. G. 1968. Geochemistry (*Geoquímica*). University of Chicago.
- 6.11 Rzedewoski, J. 1988. Vegetación de México. Ed. Limusa.

7. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA

7.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en materia de Impacto Ambiental y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

7.2 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

México, Distrito Federal, a los veintiún días del mes de octubre de mil novecientos noventa y ocho.- La Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesa.- **Julia Carabias Lillo**.- Rúbrica.

ANEXO 1

AVISO DE INICIO DE ACTIVIDADES DE PROYECTOS DE EXPLORACION MINERA DIRECTA A QUE REFIERE LA NORMA OFICIAL NOM-120-ECOL-1998, QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES DE PROTECCION AMBIENTAL PARA LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACION MINERA DIRECTA, EN ZONAS CON CLIMAS SECOS Y TEMPLADOS EN DONDE SE DESARROLLE VEGETACION DE MATORRAL XEROFILO, BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO, BOSQUES DE CONIFERAS O ENCINOS.

- 1.- Datos de la empresa y persona responsable del proyecto.
 - 1.1 Nombre.
 - 1.2 Domicilio
 - 1.3 Teléfono (s)
- 2.- Nombre del proyecto,
- 3.- Fecha estimada de inicio del proyecto.
- 4.- Fecha estimada para terminar el proyecto.
- 5.- Ubicación del proyecto:
 - 5.1 Estado.
 - 5.2 Municipio.
 - 5.3 Localidad.
 - 5.4 Coordenadas geográficas.
- 6.- Características del sitio del proyecto.
 - 6.1 Clima.
 - 6.2 Tipo de vegetación.
 - 6.3 Especies presentes, con categoría de protección de acuerdo con la normatividad vigente
- 7.- Características del proyecto.
 - 7.1 Superficie
 - 7.1.1 Superficie del proyecto calculada conforme a la NOM.
 - 7.1.2 Superficie del proyecto afectada por actividades previas ajenas a la minería.
 - 7.1.3 Superficie del proyecto afectada por trabajos previos de exploración.

7.1.4 Superficie a afectar por las actividades del proyecto.

7.2 Tipo y dimensiones de las obras por realizar.

7.3. Almacenamiento de combustible.

7.3.1 Características del sitio de almacenaje.

7.3.2 Tipo de combustible y cantidad por almacenar.

7.3.3 Características de los tanques de almacenamiento.

7.3.4 Equipo y planes de emergencia.

8. En el caso de existir etapas previas de exploración informar la fecha del aviso de inicio y conclusión correspondientes.

Anexar al presente:

- a) Plano topográfico escala no menor a 1:10,000 (uno a diez mil), con cuadrículado cada 50 m (cincuenta metros) y coordenadas geográficas, donde se ubiquen:
- Obras por realizar (incluyendo las de drenajes señaladas en el numero 4.2.2.3).
 - Obras existentes ajenas a la minería.
 - Obras realizadas dentro de la superficie del proyecto en etapas previas.

ANEXO 2

AVISO DE CONCLUSION DE ACTIVIDADES DE PROYECTOS DE EXPLORACION MINERA DIRECTA A QUE SE REFIERE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-120-ECOL-1997, QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES DE PROTECCION AMBIENTAL PARA LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACION MINERA DIRECTA, EN ZONAS CON CLIMAS SECOS Y TEMPLADOS EN DONDE SE DESARROLLE VEGETACION DE MATORRAL XEROFILO, BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO, BOSQUES DE CONIFERAS O ENCINOS.

- 1.- Datos de la empresa y persona responsable del proyecto.
 - 1.1 Nombre.
 - 1.2 Domicilio
 - 1.3 Teléfono (s)
- 2.- Nombre del proyecto,
- 3.- Fecha de inicio del proyecto.
- 4.- Fecha en que se presentó el aviso de inicio (anexar acuse).
- 5.- Fecha de finalización del proyecto.

6.- Características del proyecto.

6.1 Superficie afectada por actividades realizadas.

6.2 Actividades adicionales al aviso de inicio.

Anexar al presente:

- a) Plano topográfico escala no menor a 1:10,000 (uno a diez mil), con cuadrículado cada 50 m (cincuenta metros) en donde se detalle la situación actual en el sitio del proyecto.
- b) Programa de restauración, señalando las fechas de inicio, terminación y presentación del reporte establecido en el inciso 4.1.27.

CONCLUSIONES

IV. CONCLUSIONES.

Después de haber aplicado las normas ISO-9000 e ISO-14000 a los Estudios de Mecánica de Suelos, se presentan las conclusiones más relevantes que se obtuvieron al realizar este trabajo.

- Al aplicar un sistema de gestión estructurado como son las normas ISO-9000 e ISO-14000 al Estudio de Mecánica de Suelos, se estandariza un procedimiento el cual deberá ser capaz de ejecutarse por todo el personal involucrado, siguiendo el contenido del procedimiento documentado que ha decidido implementar el Laboratorio o Dependencia encargado de realizar dicho estudio.
- Para implementar dicha normatividad, el laboratorio o dependencia debe dotarse de la organización adecuada, para ello el personal involucrado debe tener una capacitación continua referente al procedimiento escrito o documentado que implementarán dichas organizaciones. Asimismo facilita la participación del personal de la organización en un proceso dinámico y cíclico de mejora continua.
- Al aplicar un sistema de gestión estructurado como son las normas ISO-9000 e ISO-14000 al Estudio de Mecánica de Suelos, el laboratorio o dependencia que lo aplica incrementa su competitividad, ya que los resultados garantizan tanto calidad como en lo posible, que los impactos ambientales adversos se han minimizado o en su caso que los impactos ambientales benéficos se han incrementado.
- Al aplicar la normatividad ISO, el laboratorio o dependencia encargada de realizar los Estudios de Mecánica de Suelos, estará en disposición de ofertar en concursos restringidos a organizaciones con la certificación ISO, los cuales pueden ser a nivel mundial.
- Al aplicar esta normatividad a los estudios de Mecánica de Suelos, notamos que es sencillo llevar un control de calidad desde la exploración hasta la realización de las pruebas de laboratorio, siempre y cuando se lleve a cabo el procedimiento considerando el llenado correcto de registros así como la metodología que se plantea en dicha descripción, así mismo para mitigar los impactos ambientales adversos se tiene que apegar a la norma correspondiente de protección ambiental.
- Sería conveniente que esta normatividad se estandarizara, ya que algunos proyectos no solo los realiza un laboratorio o dependencia, sino que trabajan en conjunto con otras instituciones externas y con ello se facilitaría el manejo de información.
- A lo largo de este trabajo se ha hecho énfasis en la importancia de la calidad y del impacto ambiental; sin embargo, la aplicación adecuada depende del personal involucrado para su cumplimiento, por lo que es importante concientizar a dicho personal de la toma correcta de los datos, mismos que van a ser utilizados durante el muestreo como para pruebas de campo y laboratorio.

- Los avances con respecto al desempeño ambiental son en cierta forma frenados, debido al hecho de que México se enfrenta por lo general a la carencia de los recursos más básicos, así como de una conciencia ambiental y esto hace difícil que puede lograrse una implementación efectiva de la normatividad ISO-14000.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

ASTM, Designation: D 1586 – 67 (1977), "Standard method for penetration test and split-barrel sampling of soils".

Avery, T. E. (1968), "Interpretation of aerial photographs", Burgess Publishing Co.

Baron, Valérie (1999), "Práctica de la Gestión Medioambiental ISO 14001", Ed. AENOR, Madrid.

Begeman, H.K.S. (1957), "Improved method of determining resistance to adhesion by sounding through a loose sleeve placed between the cone", Proc. Third Int. Conf. On Soil Mech. and Found Eng., Vol. 1.

Begeman, H.K.S. (1963), "The use of static soil penetrometer in Holland", New Zealand Engineering, Vol. 18, No. 2.

Bejrrum, L. (1973), "Geotechnical problems involved in foundation of structures in the North Sea", Géotechnique, 23, No. 3.

Block, Marilyn R., (2000), "Identificación de Aspectos e Impactos Medioambientales", Ed. AENOR, Madrid.

Bowles, E. Joseph (1981), Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil, Ed. Mc. Graw Hill, México.

C. F. E. (1979), Manual de Diseño de Obras Civiles, Sección B.1, Geología. México.

C. F. E. (1980), Manual de Diseño de Obras Civiles, Fascículo B.2.1., Exploración y muestreo de Suelos, México.

C. F. E. (GIEC), (1995), "Apuntes del Curso de Metrología Básica", México.

C. F. E. (GIEC), (1993), "Sistema General de Unidades de Medida", México.

De Ruiter, J. T. (1972), "Electric penetrometer for site investigation", Jour. of the Soil Mech. and Found. Div., ASCE, Vol. 97 SM2.

Donald W. Taylor, (1968), "Fundamentos de la Mecánica de Suelos", Compañía Editorial Continental, S.A., Buenos Aires, Argentina.

Ehlers, C.J. Young, A.G. and Focht, J.A. (1980), "Advantages of using in situ vane tests for marine soil investigations". Simposio Internacional de Mecánica de Suelos Marinos, SMMS.

Hvorslev, M. J. (1949), "Subsurface exploration and sampling of soil for civil engineering purposes". U.S. Army-ASCE.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (1990), "Mecánica de Suelos: Instructivo para ensayo de suelos", México.

Juárez, B. y Rico R. (1995), "Mecánica de Suelos", Tomo 1, México, Ed. Limusa.

Legorreta, C. Héctor A., (2001), "Apuntes para la asignatura de Mecánica de Suelos", Facultad de Ingeniería, UNAM.

Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-1993, Sistema General de Unidades de Medida", expedida por la Dirección General de Normas (DGN) de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de octubre de 1993.

NRACC (1975), Canadian manual on foundation engineering, Associate Committee on National Building Codes National Research Council of Canada, Ottawa.

PEMEX (1975), Exploración y muestreo de suelos para proyectos de cimentaciones (Primera parte), Norma 2.241.05, Petróleos Mexicanos.

Roberts Hewitt y Robinson Gary, (1999), ISO 14001 EMS, Manual de Sistema de Gestión Medioambiental, Ed. Paraninfo, Madrid.

Sanglerat, G. (1972), The penetrometer and soil exploration. Elsevier Publishing Co.

Skempton, A. W. (1994), Selected papers on soil mechanics. Tomas Telford limited, London.

Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, (2000), Manual de Cimentaciones Profundas. México.

Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1968), Soil mechanics in engineering practice, John Wiley & Sons.

Terzaghi, K., (1973), "Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica", Ed. EL ATENEO, S.A., Buenos Aires, Argentina.

Vázquez, G. Alba B. (1994), "Impacto Ambiental", Facultad de Ingeniería, UNAM.

Zeevaert, Leonardo (1971), "Apuntes de Mecánica de Suelos", Vol. 2, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Páginas consultadas vía internet:

www.iso.ch

www.tc176.ch

www.secofi-snci.gob.mx

www.economia-normas.gob.mx

www.semarnap.gob.mx

www.epa.gob