



## 2. CONTROL DE CALIDAD

### 2.1 ACERO

Para garantizar la calidad del acero de refuerzo en las pilas de cimentación profunda, éste debe de contar con las siguientes características:

- a. El acero de refuerzo debe satisfacer las especificaciones de los proyectos, así como los señalamientos que a este respecto se hacen en las especificaciones generales de construcción en vigor fijadas por la Dirección General de Normas.
- b. La procedencia del acero de refuerzo debe ser de un fabricante aprobado previamente por el Instituto verificador. Generalmente los proveedores surten el acero en tramos de 9 a 12 *m*.
- c. Cada remesa de acero de refuerzo recibida en la obra debe considerarse como lote y estibarse separadamente de aquél cuya calidad haya sido ya verificada y aprobada. Del material así estibado, se toman las muestras necesarias para efectuar las pruebas correspondientes (una varilla por cada diez toneladas contenidas en un lote), siendo obligación del contratista cooperar para la realización de dichas pruebas, permitiendo al Instituto verificador el libre acceso a sus bodegas o almacén para la obtención de



muestras. En caso de que los resultados de las pruebas no satisfagan las normas de calidad establecidas, el material será rechazado.

- d. El acero deberá llegar a la obra libre de oxidación, exceso de grasa, quiebres, escamas y deformación en su sección.
- e. Debe almacenarse clasificado por diámetros y grados bajo cobertizo colocándolo sobre plataformas, polines y otros soportes que lo protegerán contra la oxidación.
- f. Se colocan separadores entre cada una de las capas sobrepuestas de acero a una distancia tal que el acero no sufra deformaciones excesivas.
- g. Cuando por haber permanecido un tiempo considerable almacenado, el acero de refuerzo se encuentra oxidado o deteriorado, se deberán hacer nuevamente las pruebas de laboratorio.
- h. Cuando se determine por laboratorio que el grado de oxidación es aceptable, la limpieza del polvo de óxido deberá hacerse por medio de procedimientos mecánicos abrasivos (chorro de arena o cepillo de alambre).
- i. El mismo procedimiento deberá seguirse para limpiar el acero de lechadas o residuos de cemento o pintura antes de reanudar los colados. Siempre debe de evitarse la contaminación del acero de refuerzo con sustancias grasas y en dado caso que esto ocurra se removerá con solventes que no dejen residuos.
- j. Siempre debe garantizarse la adherencia entre el acero y el concreto.

Para el control de calidad, el acero de refuerzo debe cumplir con características físicas y químicas de las Norma Oficial Mexicana.

Las características físicas se refieren a la tensión, diámetro, peso unitario, dimensiones y espaciamiento de las corrugaciones y doblado. Los ensayos de dichas características deben probarse con una muestra de cada diámetro por cada diez toneladas o fracción o por cada embarque o entrega, lo que sea menor.



- El diámetro nominal de una varilla corrugada es equivalente al de una varilla lisa que tenga la misma masa nominal que la varilla corrugada.
- El número de designación de las varillas corrugadas corresponde al número de octavos de pulgada de su diámetro nominal.
- El término masa en esta norma ha sustituido al término peso, usado erróneamente para representar la cantidad de materia que contienen los cuerpos (expresados en kilogramos, gramos o toneladas)

## 2.1.1 TENSIÓN

La prueba de tensión consiste en someter a una probeta de material, a un esfuerzo de tensión axial hasta su rotura; midiéndose como variable dependiente la carga necesaria para producirle una deformación (*Tabla 1*). Con los datos obtenidos se pueden obtener las gráficas de esfuerzo contra deformación unitaria o simplemente carga contra deformación.

**Tabla 1. Requisitos de tensión. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos 2001)**

GRADO	A	B	C	Alargamiento mínimo en 200mm, por designación						
	$N/mm^2$ ( $kg/mm^2$ )	$N/mm^2$ ( $kg/mm^2$ )	$N/mm^2$ ( $kg/mm^2$ )	%						
				2,2.5 y 3	4, 5 y 6	7	8	9	10	11 y 12
30	490 (50)	294 (30)	422 (43)	11	11	11	10	9	8	7
42	550 (56)	415 (42)	540 (55)	9	9	8	8	7	7	7

A. Resistencia mínima a la tensión

B. Límite de fluencia mínimo

C. Límite de fluencia máximo



## 2.1.2 PESO UNITARIO, DIMENSIONES, ESPACIAMIENTO DE LA CORRUGACIÓN

**Tabla 2. Número de designación, masas, dimensiones nominales y requisitos de corrugación para refuerzo de concreto. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos 2001)**

Número de designación	Masa nominal	Dimensione nominales			Requisitos de corrugación		
		A	B	C	D	E	F
		mm	mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm
2	0.248	6.4	32	20.0	4.5	0.2	2.4
2.5	0.384	7.9	49	24.8	5.6	0.3	3.0
3	0.560	9.5	71	29.8	6.7	0.4	3.6
4	0.994	12.7	127	39.9	8.9	0.5	4.9
5	1.552	15.9	198	50.0	11.1	0.7	6.1
6	2.235	19.0	285	60.0	13.3	1.0	7.3
7	3.042	22.2	388	69.7	15.5	1.1	8.5
8	3.973	25.4	507	79.8	17.8	1.3	9.7
9	5.033	28.6	642	89.8	20.0	1.4	10.9
10	6.225	31.8	794	99.9	22.3	1.6	12.2
11	7.503	34.9	957	109.8	24.4	1.7	13.4
12	8.938	38.1	1140	119.7	26.7	1.9	14.6

A. Diámetro

D. Espaciamento máximo promedio

B. Área de la sección transversal

E. Altura mínima promedio

C. Perímetro

F. Distancia máxima entre extremos de corrugaciones transversales (cuerda)

## 2.1.3 DOBLADO

**Tabla 3. Requisitos de doblado. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos 2001)**

Número de designación	Diámetro del mandril	
	Grado 30	Grado 40
2, 2.5, 3, 4 y 5	3.5d	3.5d
6, 7 y 8	5d	5d
9 y 10	5d	7d
11 y 12	5d	8d



d: Diámetro nominal de la probeta

Nota: Las probetas deben doblarse alrededor de un mandril, sin agrietarse en la parte exterior de la zona doblada. La prueba debe realizarse a temperatura ambiente y en ningún caso a menos de 16 grados Celsius.

## 2.2 CONCRETO

Es un material compuesto esencialmente por un medio cementante en el cual están embebidas partículas o fragmentos de agregados y aditivos, si es el caso. En concretos hidráulicos, el cementante está formado por una mezcla de cemento y agua.

El control de calidad del concreto se realiza mediante el muestreo y ensaye de especímenes cilíndricos estándar de 15.0 *cm* de diámetro por 30.48 *cm* de altura, salvo que se especifique otro tamaño; mediante el revenimiento y requisitos de uniformidad de mezclado.

### 2.2.1 AGREGADOS

Los agregados son materiales pétreos naturales seleccionados; materiales sujetos a tratamientos de disgregación, cribado, trituración o lavado; o materiales producidos por expansión, calcinación o fusión excipiente, que se mezclan con cemento Portland y agua para formar concreto hidráulico.

Las principales propiedades físicas de los agregados que se requieren conocer son las siguientes:

- Granulometría. Es la distribución de partículas de un material granular en tamaños definidos expresada en por ciento (%).



- **Módulo de finura.** Es la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados a partir de la criba No.4 hasta la criba No.100, divididos entre cien, aplicable al agregado fino. Este módulo debe estar comprendido entre 2.30 y 3.10.
- **Densidad.** Es la relación entre la masa de un material y el volumen que ocupa dicha masa.
- **Absorción.** Es el incremento en por ciento, respecto a la masa seca inicial de un material sólido como resultado de la penetración de agua en sus poros permeables hasta llenarlos.
- **Masa volumétrica seca.** Es la masa por unidad de volumen que ocupa el agregado seco bajo una cierta condición de acomodo de sus partículas.
- **Sanidad.** Es el efecto de la acción del medio ambiente sobre los agregados en su estado natural. Se evalúa mediante la prueba del intemperismo acelerado en por ciento.
- **Resistencia.** Resistencia a la compresión, es la capacidad del agregado de resistir una carga axial, expresada como la fuerza entre el área de aplicación.
- **Materia orgánica.** Los agregados finos deben estar libres de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas, se les deberá hacer la prueba de coloración, sin ser mayor del No.3.

### **Agregado fino**

Es el material conocido como arena, seleccionada u obtenida mediante trituración y cribado, con partículas de tamaño comprendido entre 0.075 *mm* y 4.75 *mm*, es decir, que pasa por la criba No.4 y se retiene en la criba No.200, pudiendo contener finos de menor tamaño, dentro de las proporciones establecidas en la normatividad.

### **Agregado grueso**

Material conocido como grava, que es retenido en la criba 4.76 *mm* (No.4) constituido por cantos rodados, triturados o procesados, rocas trituradas, escoria



de alto horno, escorias volcánicas, concreto reciclado o una combinación de ellos u otros, y cuya composición granulométrica varía dentro de los límites de la normatividad.

## 2.2.2 AGUA

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga sabor y olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. La importancia de estudiar el agua en el cemento radica en que pueda presentar impurezas, como azúcar, ácidos, material vegetal y aceites o grasas que impidan o retarden la hidratación del cemento. La norma mexicana NMX-C-122 establece las cantidades de impurezas máximas que son tolerables para el agua de mezclado en la elaboración del concreto.

## 2.2.3 CEMENTO

El cemento es el conglomerante hidráulico que resulta de la pulverización del clinker<sup>8</sup> a un grado de finura determinado y usualmente sulfato de calcio.

La clasificación del cemento es la siguiente:

**Tabla 4. Tipos de cemento. (Universidad Nacional Autónoma de México 2008)**

Tipo	Denominación
CPO	Cemento Portland Ordinario
CPP	Cemento Portland Puzolánico
CPEG	Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno
CPC	Cemento Portland Compuesto

<sup>8</sup> Clinker. Material granular constituido por silicatos y aluminatos de calcio, resultante de la cocción a una temperatura del orden de 1673<sup>a</sup>K y enfriamiento posterior de materias primas de naturaleza calcárea y arcilla ferruginosa.



CPS	Cemento Portland con Humo de Sílice
CEG	Cemento con Escoria de Alto Horno

Los diferentes tipos de cemento pueden presentar distintas características adicionales:

**Tabla 5. Características adicionales del cemento. (Universidad Nacional Autónoma de México 2008)**

Nomenclatura	Característica Especial
RS	Resistente a los sulfatos
BRA	Baja reactividad álcali agregado
BCH	Bajo calor de hidratación
B	Blanco

## 2.2.4 REVENIMIENTO

La prueba de revenimiento es una medida de la consistencia del concreto, es decir, de su trabajabilidad, en términos de una disminución de altura en *cm*. La muestra medida debe estar dentro del rango establecido para garantizar su trabajabilidad (*Fig. 77*).

La prueba consiste en llenar de concreto un cono truncado, de 30 cm de altura, como el que se muestra en la Figura 77, el llenado se hace en 3 capas, varillando cada capa con 25 golpes de la varilla mostrada en la figura, una vez que se enrasa el cono con la misma varilla, se levanta verticalmente el molde, y se mide la diferencia de altura entre el cono de concreto abatido y la altura del molde, esta diferencia en *cm* se llama revenimiento del concreto.





**Fig. 77. Prueba de revenimiento**

## 2.2.5 CILINDROS DE COMPRESIÓN

La prueba de compresión muestra la mejor resistencia posible que puede alcanzar el concreto en condiciones ideales. Esta prueba mide la resistencia del concreto en su estado endurecido. Las pruebas se hacen en un laboratorio fuera del lugar de la obra; la única actividad de esta prueba que se realiza en el lugar de obra es la obtención del cilindro de concreto.

La resistencia del concreto se mide en  $kg/cm^2$  (MPa) y comúnmente se especifica como la resistencia característica del concreto a los 28 días después del mezclado.

La resistencia a la compresión es una medida de la capacidad del concreto para resistir cargas que tienden a aplastarlo (*Fig. 78*).



*Fig. 78. Cilindro probado a compresión*

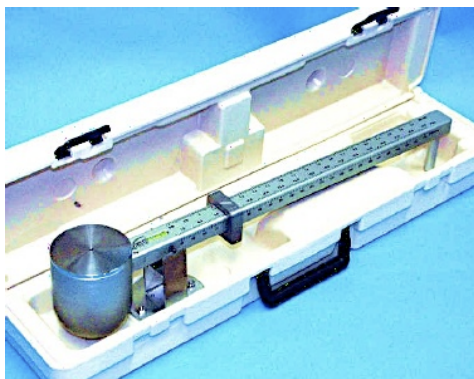
## 2.3 LODO BENTONÍTICO

Como se describió en el punto 1.3, en perforación con fluidos estabilizadores, el lodo bentonítico se utiliza para darle un soporte temporal a las paredes de la perforación, para lubricar y enfriar la herramienta de perforación y arrastrar los cortes a la superficie. Generalmente se forma con agua dulce y arcilla bentonítica.

El lodo debe dosificarse para el estrato de suelo más crítico que se encontrará en la perforación. Es importante que la elaboración del lodo se realice por un método que garantice la mayor dispersión posible de partículas de bentonita, con la finalidad de evitar grumos y la hidratación.

## 2.3.1 DENSIDAD

Para la determinación de la densidad del lodo bentonítico se emplea una balanza de lodos (Fig. 79).



**Fig. 79. Balanza de lodos**

La densidad o peso específico común varía entre  $1.02$  y  $1.07 \text{ g/cm}^3$ . Cuando es necesario incrementar la densidad se acostumbra incorporar barita<sup>9</sup> a la mezcla, aunque dicho aumento es sólo momentáneo. La densidad debe ser suficiente para detener la presión del agua subterránea, y mantener la estabilidad de las paredes de la excavación. La densidad máxima de lodo antes de vaciar el concreto no debe exceder los rangos mostrados en la tabla. Al exceder esta densidad, es posible que el lodo quede atrapado dentro del concreto.

**Tabla 6. Densidad del lodo antes del colado, a 30 cm del fondo de la perforación, ( $\text{kg/m}^3$ ).**  
(Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos 2001)

Propiedades	Rango de Resultados a 20C ( $\text{kg/m}^3$ )	Método de ensaye
<b>Lodos bentoníticos</b>		Balanza de lodos
Diseño por fricción	$1.36 \times 10^3$	
Diseño por punta	$1.12 \times 10^3$	
<b>Lodos con polímeros</b>		
Diseño por fricción	$1.02 \times 10^3$	
Diseño por punta	$1.02 \times 10^3$	

<sup>9</sup> Barita. Sulfato de bario; la densidad de la barita es alrededor de  $4.2 \text{ g/cm}^3$



### 2.3.2 VISCOCIDAD

La viscosidad es un indicativo de un buen lodo de perforación, capaz de mantener la estabilidad de las paredes durante el proceso de excavación. Se obtienen mediante la determinación de la viscosidad de Marsh, tomando el flujo de  $\frac{1}{4}$  de galón de lodo a través de un orificio calibrado ubicado en el extremo inferior del cono de Marsh (*Fig. 80*).



**Fig. 80. Cono de Marsh**

Las propiedades de viscosidad requeridas par el lodo de perforación son mostradas en la *Tabla 7*.

**Tabla 7. Viscocidad de Marsh (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos 2001)**

Propiedades	Rango de Resultados a 20C (seg/dm <sup>3</sup> )	Método de ensaye
Lodo bentonítico	27 a 53	Cono de Marsh
Lodos con polímeros	42 a 95	



### 2.3.3 CONTENIDO DE ARENA

Es la cantidad de partículas que son retenidas en una malla No.200. Influye drásticamente en las operaciones de perforación y colado, provocando daños en los equipos, herramientas tuberías y la contaminación del concreto. A mayor contenido de arena se incrementa el agua de filtrado y el espesor de la costra.

**Tabla 8. Contenido de arena en volumen, % antes del colado, a 30 cm del fondo de la perforación. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos 2001)**

Propiedades	Rango de Resultados a 20C (%)
<b>Lodos bentoníticos</b>	
Diseño por fricción	20 máx.
Diseño por punta	4 máx.
<b>Lodos con polímeros</b>	
Diseño por fricción	1 máx.
Diseño por punta	1 máx.

### 2.3.4 PH

El ph es una herramienta muy útil para diagnosticar los problemas del lodo ya que la contaminación del suelo excavado puede cambiar las propiedades del lodo bentonítico. Por ejemplo las sales pueden convertir el lodo en casi un pudín y la contaminación con calcio causa la separación del agua de la bentonita, en cuyo caso el ph será superior a 11. Para determinar el ph de una mezcla, se utilizará cualquier implemento destinado a tal fin, siendo muy frecuente el uso de papel tornasol. El PH durante la excavación deberá estar entre 7 y 12.