

ICS 93.020

Junio 1995

### TÍTULO

**Método de ensayo para determinar en laboratorio el índice C.B.R. de un suelo**

*Test laboratory method for determining in a soil the C.B.R. index.*

*Méthode d'essais pour la détermination en Laboratoire l'index C.B.R. d'un sol.*

### CORRESPONDENCIA

### OBSERVACIONES

### ANTECEDENTES

Esta Norma Española ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 103 *Geotecnia* cuya Secretaría desempeña MOPTMA

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 20666:1995

© AENOR 1995  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR**

Fernández de la Hoz, 52  
28010 MADRID-España

Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Teléfono (91) 310 48 51  
Telefax (91) 310 36 95

15 Páginas

**Grupo 8**



## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma tiene por objeto describir el procedimiento para determinar un índice de resistencia de los suelos denominado C.B.R. (California Bearing Ratio). Este índice no es un valor intrínseco del suelo, sino que depende de sus condiciones de estado, densidad y humedad, así como de la sobrecarga que se le aplique. El ensayo se realiza normalmente sobre una muestra compactada en el laboratorio con unas condiciones de humedad y densidad determinadas, aunque también puede operarse en forma similar sobre muestras inalteradas tomadas en el terreno.

Se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de suelos empleados en rellenos compactados.

## 2 NORMAS PARA CONSULTA

UNE 7 050 – *Tamices de ensayo.*

UNE 7 371 – *Toma de muestras superficiales de suelo de tipo inalterado.*

UNE 103 300 – *Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.*

UNE 103 400 – *Ensayo de rotura a compresión simple en probetas de suelo.*

UNE 103 500 – *Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor Normal.*

UNE 103 501 – *Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor Modificado.*

## 3 APARATOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Una prensa similar a la descrita en la Norma UNE 103 400, que se utiliza para producir la penetración de un pistón en la probeta. El pistón se aloja en el cabezal de la prensa. El desplazamiento relativo entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de  $1,2 \text{ mm/min} \pm 0,1 \text{ mm/min}$ . La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de la carga debe ser de 50 kN o más y la precisión mínima en la medida de 50 N.
- Un pistón cilíndrico de penetración, metálico, de 49,6 mm de diámetro, de la longitud necesaria para realizar la penetración y nunca inferior a 100 mm.
- Tres moldes cilíndricos de metal, resistentes a la corrosión, de  $152,5 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$  de diámetro interior y  $177,8 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  de altura, con la base perforada. El diámetro de las perforaciones de la base no ha de sobrepasar 1,6 mm. El molde debe disponer de un collar supletorio de igual diámetro y de una altura aproximada de 60 mm (véase figura 1).
- Tres discos espaciadores de metal, de  $151 \text{ mm} \pm 0,3$  de diámetro y de  $50,8 \text{ mm} \pm 0,1$  de espesor (véase figura 1).
- Mazas de compactación con dimensiones y masas iguales a las descritas en las normas de ensayo UNE 103 500 y UNE 103 501.
- Tres placas metálicas perforadas resistentes a la corrosión, de 149 mm de diámetro, cuyas perforaciones no sobrepasen 1,6 mm de diámetro. Deben estar provistas de un vástago central, con un sistema de tornillo que permita variar y fijar la altura del vástago a voluntad (véase figura 1).
- Un trípode cuyas patas se puedan apoyar en el borde del molde. Debe llevar montado y bien sujeto en el centro un medidor de deformaciones, cuyo vástago debe coincidir con el de la placa perforada; esto permite medir el hinchamiento que pueda ocurrir durante la inmersión<sup>1)</sup>.

---

1) Es conveniente disponer de un trípode por molde, lo que permite no tener que moverlo durante la inmersión.

- Tres sobrecargas anulares metálicas, y al menos quince ranuradas de  $2,25 \text{ kg} \pm 0,1 \text{ kg}$  cada una, 149 mm de diámetro exterior y 54 mm de diámetro en el orificio central (véase figura 1).
- Un medidor de deformaciones, que puede ser de tipo mecánico o transductor, con un recorrido de 25 mm y precisión de 0,01 mm, provisto de una pinza o cualquier otro dispositivo para acoplarlo a la prensa y medir la penetración del pistón en la probeta.
- Un recipiente de capacidad suficiente para la inmersión de los tres moldes en agua.
- Una estufa de desecación cuya temperatura sea regulable hasta 115 °C.
- Una balanza de 20 kg de capacidad y precisión 1 g y otra de 1 000 g de capacidad y precisión 0,1 g.
- Tamices 50 mm, 20 mm y 5 mm Norma UNE 7 050.
- Material diverso de uso general como cuarteadores, mezclador, cápsulas, probetas graduadas, espátulas, enrasador, mazo de goma, discos de papel de filtro con el diámetro del molde, etc.

## 4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

### 4.1 Preparación de la probeta en el caso de muestras compactadas<sup>1)</sup>

- Si la muestra recibida está excesivamente húmeda, se extiende y se deja secar al aire o bien se procede a su secado en estufa, por aire caliente u otro procedimiento, tomando la precaución de que la temperatura de la muestra no exceda de 60 °C. Una vez conseguido esto, se desmenuza, deshaciendo los terrones por medio del mazo de goma.
- Se separa la muestra en dos porciones aproximadamente iguales, mediante los cuarteadores adecuados.
- Se determina la masa total de una de las porciones<sup>2)</sup> y se pasa por el tamiz 20 mm Norma UNE 7 050, determinando el porcentaje que representa la masa retenida sobre el total. Si más del 90% en masa pasa por dicho tamiz, se utiliza para el ensayo todo ese material. Cuando la fracción retenida en el tamiz de 20 mm Norma UNE 7 050 sea superior a un 10% e inferior al 30% en masa del total, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material que pase por el tamiz de 20 mm Norma UNE 7 050 y quede retenido en el tamiz de 5 mm Norma UNE 7 050, obtenido de la otra porción. Si la fracción retenida en el tamiz de 20 mm Norma UNE 7 050 es superior al 30% de la masa total o contiene partículas de tamaño superior a 50 mm, este ensayo no es adecuado para el suelo en cuestión<sup>3)</sup>.
- Se determina la humedad,  $w$ , que presenta la fracción que pasa por tamiz 20 mm Norma UNE 7 050, siguiendo el procedimiento descrito en la norma UNE 103 300.
- La fracción así preparada, se cuarte para obtener tres porciones de unos 6 kg cada una.
- Se referencia y se determina la masa de los tres moldes C.B.R., con sus bases y sin el collar superior. (Véase impreso 2/Parte A del anexo).

---

1) El término probeta se aplica a una muestra de suelo compactada y enrasada en un molde de dimensiones y formas especificadas, con unas condiciones de densidad y humedad determinadas.

2) La otra porción se utiliza si hay que hacer sustitución de material.

3) En cada caso se debe hacer mención expresa en los resultados del ensayo, de la proporción de material retenido en el tamiz de 20 mm Norma UNE 7 050 y si hay sustitución de material.

- Se toma uno de los moldes C.B.R., se coloca el collar en su parte superior y se introduce el disco espaciador en su fondo. Sobre éste se sitúa un disco de papel de filtro grueso de igual diámetro. Se dispone el conjunto sobre una base rígida para su compactación.
- Conocida la humedad del suelo,  $w$ , se toma una de las porciones de unos 6 kg y se añade la cantidad de agua necesaria para alcanzar la humedad óptima,  $w_{op}$ , determinada previamente en el ensayo de compactación elegido. A continuación se mezclan el suelo y el agua íntimamente. Se debe evitar en estos momentos cualquier pérdida de humedad por evaporación, procediendo a la compactación con la mayor rapidez posible. En los suelos en los que se prevean dificultades en la homogeneización de la humedad de la mezcla, es conveniente efectuar esta operación con unas 24 h de antelación, añadiendo además una cantidad de agua tal que la humedad que se consiga quede unos dos puntos por debajo de la prevista para el ensayo.
- Se introduce el suelo en el primer molde y se compacta mediante tres capas aproximadamente del mismo espesor, de forma que cada capa, después de compactada, quede con una altura ligeramente superior a un tercio de la altura del molde. La compactación de cada una de estas capas se realiza mediante 15 golpes con la maza de 2,5 kg de masa que cae libremente desde una altura de 305 mm.
- Si el molde con el suelo compactado se va a sumergir, se toma una porción de material antes de la compactación, y se determina su humedad mediante secado en estufa, según la Norma UNE 103 300. Al final de la compactación se repite este proceso con otra porción obtenida del material sobrante. Se calcula la media aritmética de ambas humedades. Si esta humedad media difiere en  $\pm 0,5\%$  por encima o por debajo de la óptima Proctor, se debe repetir el ensayo.
- Si no se sumerge, la porción de material para determinar la humedad se toma, después de la penetración, del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde. Para ello la probeta se saca del molde y se rompe por la mitad.
- Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el suelo compactado por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier hueco superficial producido al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se debe rellenar con material sobrante, comprimiendo con espátula y enrasando después.
- A continuación, se desmonta el molde, se retira el disco espaciador con el papel de filtro y se vuelve a montar invertido, colocando un nuevo disco de papel de filtro entre la probeta y la base del molde. Se determina la masa del conjunto molde y probeta. (Véase impreso 2/Parte A del anexo).
- Se procede de la misma forma con los otros dos moldes, pero compactando cada uno de ellos con 30 y 60 golpes sobre cada capa.
- Si los moldes con las probetas no se sumergen, se debe proceder inmediatamente a la penetración, siguiendo el procedimiento indicado en el apartado 4.3.

NOTA - En este procedimiento se ha descrito como se compactan tres moldes con un 25%, 50% y 100% de la energía correspondiente al ensayo de compactación Proctor Normal.

Si se toma como referencia la energía correspondiente al ensayo de compactación Proctor Modificado los moldes se deben compactar mediante cinco capas, con la maza de 4,535 kg que caiga libremente desde una altura de 457 mm, dando 15, 30 y 60 golpes en cada capa, lo que representa un 25%, 50% y 100% respectivamente de la energía del Proctor Modificado.

#### **4.2 Preparación de la muestra en el caso de muestras inalteradas**

En el caso de utilizar muestras inalteradas se procede como sigue:

- Se introduce el molde en el suelo poco a poco, con la ayuda de herramientas apropiadas, hasta que se llena, haciendo uso de la técnica descrita en la Norma UNE 7 371.

- Una vez lleno el molde, se enrasa, se parafrinan sus caras y con cuidado se traslada al laboratorio. Cuando se vaya a efectuar el ensayo se quita la parafina de ambas caras y, con la ayuda de la prensa y el disco espaciador, o con un extractor de muestras, se deja un espacio vacío en el molde, equivalente al del disco espaciador, enrasando el molde por el otro extremo.

Si el molde con la probeta se va a sumergir, se toma una cantidad de suelo representativo para determinar su humedad, procedente del material sobrante en la operación anterior. Si el molde con la probeta no se va a sumergir, la humedad se determina al final del ensayo de penetración.

La operación de dejar ese espacio vacío no es necesaria si se utiliza un molde de 127 mm de altura en lugar del de 177,8 mm, y se monta el collar antes de proceder a la penetración. En este caso, si el molde se va a sumergir, el suelo utilizado para la determinación de la humedad inicial, se debe tomar cuando se llena el molde en obra.

NOTA - En estos procedimientos se ha descrito como se obtienen los índices C.B.R. de tres moldes compactados a una humedad y densidad determinadas. Sin embargo, al encargar el ensayo se puede solicitar un número de moldes, humedades y densidades distintas a las indicadas en el procedimiento operatorio normal.

Lo más usual es especificar la humedad y densidad que se espera alcanzar en obra. Tratándose de varios moldes, se fijan sus humedades y densidades distribuyéndolas en un intervalo que incluya las condiciones previstas para el suelo después de colocado en obra.

Sin embargo, en determinados suelos, como los fuertemente arcillosos, hinchables, etc., puede ser interesante obtener una representación más completa de la variación del índice C.B.R. con las condiciones de humedad y densidad. Para ello se preparan una serie de moldes C.B.R. variando el contenido de agua además de la energía de compactación. Con todos los resultados obtenidos de esta forma, se representan las curvas Densidad seca-índice C.B.R. a humedad constante, Humedad- índice C.B.R. a densidad seca constante, y otras que se puedan desear para prever el comportamiento del suelo.

### 4.3 Inmersión

- En cada molde y sobre la superficie de la probeta invertida, se coloca la placa perforada con vástago y, sobre ésta, las sobrecargas necesarias para que produzca una carga equivalente a la originada por todas las capas de materiales que se coloquen encima del suelo en su ubicación en obra y siempre en múltiplos de 2,25 kg, correspondientes a una sobrecarga. La sobrecarga total debe ser como mínimo de 4,50 kg; éste es el valor a utilizar en caso de no fijarse otro diferente. Hay que incluir la masa de la placa perforada con vástago, como parte de la masa de la sobrecarga en el apartado 5.2 Expresión de los resultados<sup>1)</sup>.
- Se colocan a continuación los moldes con las probetas dentro del recipiente. Se sitúan los trípodes de medida con sus patas sobre los bordes de los moldes, haciendo coincidir el vástago del medidor de deformaciones con el de la placa perforada. Si es posible, se dejan los trípodes en su posición sin moverlos durante el período de inmersión; no obstante, si fuera preciso retirarlos tras cada lectura, se ha de marcar la posición de las patas del trípode en el borde de cada molde.
- Se anotan las lecturas iniciales de los medidores de deformaciones, el día y la hora. A continuación se llena el recipiente con agua, hasta un nivel de aproximadamente 1 cm sobre el borde superior de los moldes. Se mantienen los moldes en estas condiciones durante 96 h (4 días) con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible, un período de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan rápidamente de agua.
- Se toman lecturas de los medidores de deformaciones cada 24 h, hasta llegar a la lectura final a las 96 h (4 días), para medir los hinchamientos.
- Después del período de inmersión se saca un molde del recipiente y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y la sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 min en su posición normal, y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada, se determina la masa del molde y probeta, y se procede a la penetración según las especificaciones del siguiente apartado. Es

---

1) Cada 7 cm de espesor de las capas situadas sobre el suelo objeto del ensayo, equivale aproximadamente a poner una sobrecarga de 2 kg sobre la probeta.

importante, que no transcurra más tiempo que el indispensable desde que se retira la sobrecarga hasta que se vuelve a colocar para la penetración. Una vez terminada la penetración de esta probeta, se procede de igual forma con los demás moldes.

NOTA – La operación de sumergir los moldes en agua nos da una indicación de la pérdida de resistencia debida a la saturación. Adicionalmente da información sobre el posible hinchamiento del suelo bajo la carga durante su ubicación en obra, cuando el suelo se satura.

#### 4.4 Penetración

- Se coloca sobre la probeta una sobrecarga anular de 2,25 kg y se lleva el conjunto a la prensa.
- Se introduce el pistón de penetración en el orificio central de la sobrecarga anular y, sobre éste, se sitúa el anillo dinamométrico o célula de carga apropiada a la resistencia estimada de la probeta.
- Se añade el resto de la sobrecarga, hasta completar la que se utilizó en la inmersión si la hubo, y si no, una sobrecarga que produzca una carga sobre la probeta equivalente a la esperada en su ubicación en obra.
- Se monta el medidor de deformaciones de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50 N para el ajuste de éste. Seguidamente se ponen a cero los medidores de carga y deformaciones.
- Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de  $1,2 \text{ mm/min} \pm 0,1 \text{ mm/min}$ . En prensas manuales, no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se ha de controlar mediante el medidor de deformaciones y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para los siguientes valores de la penetración:

Penetración (mm)
0,25
0,50
0,75
1,00
1,50
2,00
2,50
3,00
4,00
5,00
7,50
10,00
12,50

- Finalmente se retira el molde de la prensa y se desmonta el conjunto. Se toma en la zona próxima a la penetración, una cantidad representativa de suelo para hallar la humedad, o se determina la masa del molde con la probeta, si se utiliza este procedimiento para calcular la humedad final.

## 5 OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1 Cálculos

#### – *Agua de amasado*

En el caso de muestras compactadas, el tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo para que se alcance la humedad óptima Proctor, se calcula como sigue:

$$\% \text{ agua a añadir} = \frac{H_{op} - w}{100 + w} \times 100$$

donde

$H_{op}$  es la humedad óptima y  $w$  es la humedad calculada en el apartado 4.1, expresadas en %.

#### – *Densidad seca*

La densidad seca se calcula siguiendo las operaciones del Impreso 2/Parte A del anexo.

#### – *Agua absorbida*

En el caso de que los moldes se sumerjan, el cálculo del agua absorbida se puede hacer de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de la penetración; la diferencia entre ambas se toma normalmente, como tanto por ciento de agua absorbida. (Impreso 2/ Parte B del anexo).

Otra, utilizando la humedad de la probeta contenida en el molde. Se calcula a partir de la masa seca de la probeta (calculada) y la masa húmeda antes de la inmersión y después de la penetración (Impreso 2/Parte A del anexo).

Ambos resultados coincidirán o no, según que la absorción del agua en la probeta haya sido uniforme o no, como sucede a veces en los suelos plásticos. En este segundo caso se debe calcular el agua absorbida por los dos procedimientos.

#### – *Hinchamiento*

El hinchamiento se calcula por la diferencia entre las lecturas del medidor de deformaciones al principio y al final de la inmersión. Este valor se expresa como el tanto por ciento de hinchamiento respecto de la altura de la probeta en el molde. Es decir:

$$\% \text{ hinchamiento} = \frac{L_2 - L_1}{L} \times 100$$

donde

$L_2$  es la lectura final;

$L_1$  es la lectura inicial;

$L$  es la altura de la probeta, expresadas todas ellas en milímetros.

#### – *Índice resistente C.B.R.*

Se llama índice resistente C.B.R., al tanto por ciento de la fuerza ejercida por el pistón sobre la probeta, para una penetración determinada, con relación a la fuerza correspondiente a la misma penetración en una probeta tipo. Las características de ésta, son las siguientes:



Penetración (mm)	Fuerza	
	kN	kp
2,50	13,2	1 346,9
5,00	20,0	2 040,8

Para calcular el índice C.B.R. se procede como sigue:

- Se dibujan las curvas que relacionan las lecturas que miden las fuerzas en ordenadas y las penetraciones en abscisas (Impreso 4/Parte A del anexo), y se observa si estas curvas presentan un punto de inflexión (véase figura 2). Si no presentan punto de inflexión, se toman los valores de la fuerza para unas penetraciones de 2,50 mm y 5,00 mm; estos valores, multiplicados por la constante del anillo (caso de utilizar un anillo dinamométrico), dan las fuerzas correspondientes corregidas (Impreso 3/Parte B del anexo). Si las curvas presentan un punto de inflexión, la tangente en ese punto debe cortar al eje de abscisas en otro punto, que se toma como nuevo origen para la determinación de las fuerzas correspondientes a 2,5 mm y 5,00 mm. (Véase figura 2).
- Llamando Q a la fuerza total expresada en kN o en kp para las penetraciones de 2,50 mm y 5,00 mm, el índice C.B.R. para estas penetraciones se calcula como sigue (Impreso 3/Parte B del anexo):

Penetración (mm)	C.B.R.	
	Q(en kN)	Q(en kp)
2,50	$7,57 \times Q$	$0,0742 \times Q$
5,00	$5 \times Q$	$0,0490 \times Q$

Se toma como índice C.B.R. de la muestra ensayada, el mayor de estos dos valores.

- Se repite el proceso con los otros dos moldes.

## 5.2 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

- Se representan las densidades secas, en ordenadas, y sus respectivos índices C.B.R. en abscisas.
- Se traza la curva de mejor ajuste (Impreso 4/Parte B del anexo).
- Se deben adjuntar los siguientes datos:
  - Identificación y tipo de la muestra.
  - Humedad y densidad Proctor.
  - Porcentaje retenido en el tamiz 20 mm UNE.
  - Si se efectúa sustitución o no de material.
  - Sobrecarga utilizada.
  - Energía de compactación.
  - Densidad seca, humedad, adsorción e hinchamiento de cada una de las probetas.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

NLT-111/78 – *Índice C.B.R. en el laboratorio.*

BS 1377:1990 – *Methods of test for soils for civil engineering purposes.*

ASTM D 1883-73, revisada en el 78 – *Test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory compacted soils.*

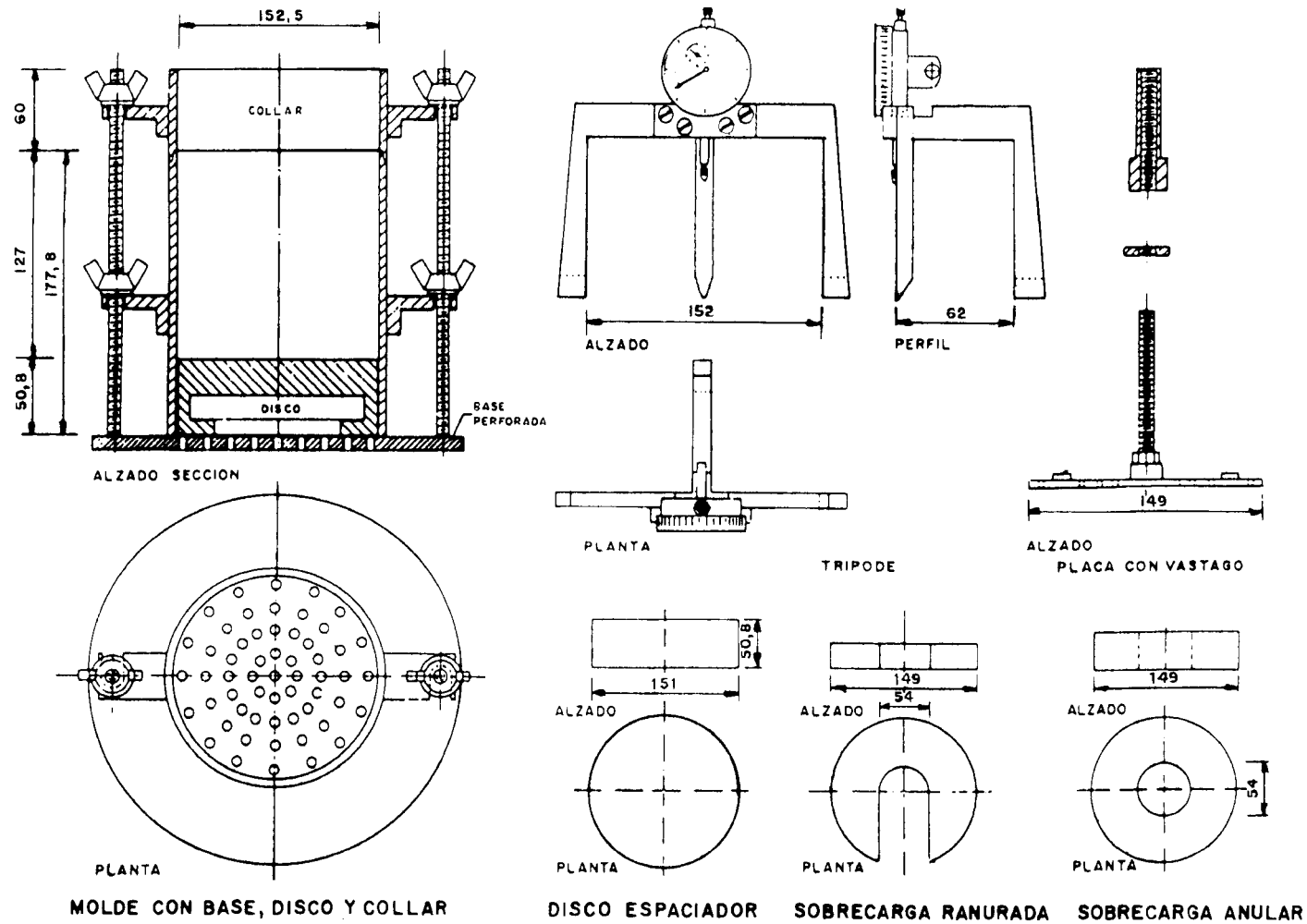


Figura 1

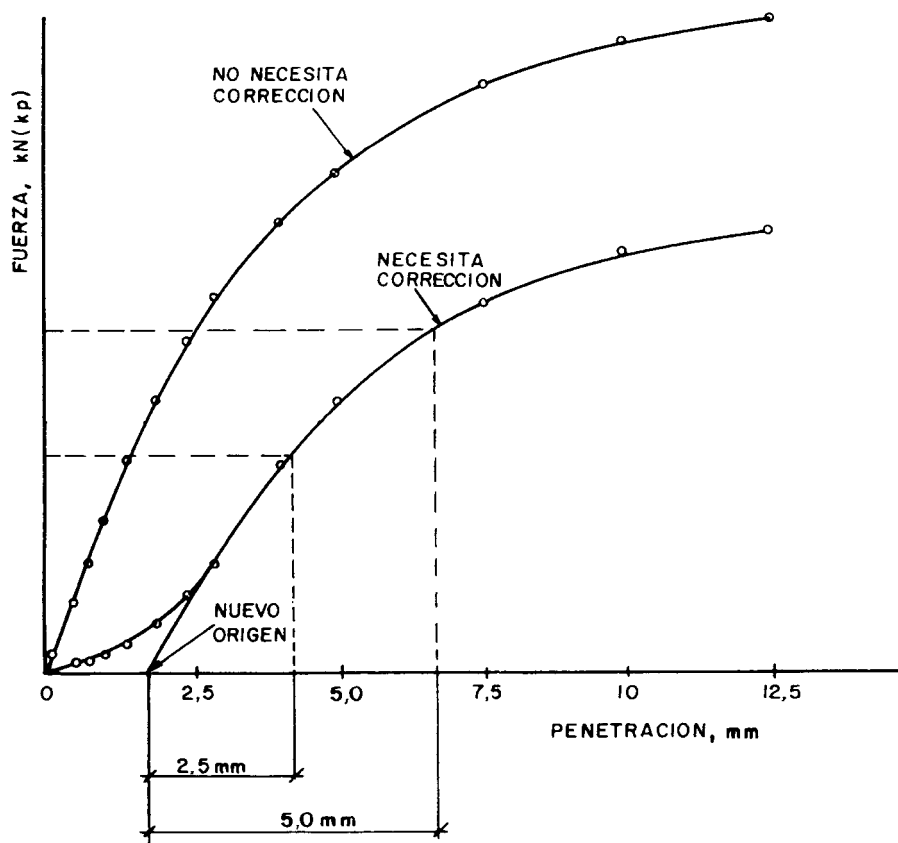


Figura 2

## ANEXO A (Normativo)

## IMPRESOS PARA EL ENSAYO C.B.R. EN EL LABORATORIO

ENSAYO N°:		MUESTRA N°:	PROFUNDIDAD: m
LOCALIZACIÓN:			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:			
TIPO DE MUESTRA.    COMPACTADA <input type="checkbox"/> ALTERADA <input type="checkbox"/>			
HUMEDAD ÓPTIMA PROCTOR:		NORMAL <input type="checkbox"/> MODIFICADO <input type="checkbox"/>	$H_{op}$ :                      %
DENSIDAD MÁXIMA PROCTOR:		NORMAL <input type="checkbox"/> MODIFICADO <input type="checkbox"/>	g/cm <sup>3</sup>
% RETENIDO TAMIZ 20 mm UNE:		SUSTITUCIÓN DE MATERIAL.    SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
SOBRECARGA UTILIZADA: kg		VOLUMEN MOLDE V: cm <sup>3</sup>	

ENERGÍA COMPACTACIÓN:			
MASA DE LA MAZA:	kg	ALTURA DE CAÍDA:	mm
NÚMERO DE CAPAS:	NÚMERO DE GOLPES:		

DENSIDAD

PARTE A

	MOLDE N°							
V	cm³	VOLUMEN MOLDE						
	N° DE CAPAS							
	N° DE GOLPES							
M + S + A	g	MOLDE+ SUELO + AGUA	Antes inmersión	Después penetración	Antes inmersión	Después penetración	Antes inmersión	Después penetración
M	g	MOLDE						
S + A = (M + S + A ) - M	g	SUELO + AGUA						
S = S+ A / 100 + h¹) x 100	g	SUELO						
A = (S + A ) - S	g	AGUA						
H = A/S x 100	%	HUMEDAD						
AGUA ABSORBIDA	%							
ρ <sub>d</sub> = S/V	g/cm³	DENSIDAD SECA						

1) h = Humedad media de la muestra en el molde, antes de la inmersión si la muestra se va a sumergir, o humedad después de la penetración si el molde no se sumerge.

HUMEDAD-ABSORCIÓN

PARTE B

	MOLDE N°			MOLDE N°			MOLDE N°		
	Antes de la inmersión		Después penetración	Antes de la inmersión		Después penetración	Antes de la inmersión		Después penetración
REFERENCIA TARA									
a = (t + s + a) - (t + s)	g								
t + s + a	g								
t + s	g								
t	g								
s = (t + s) - t	g								
h = a/s x 100	%								
h	%	2)							
AGUA ABSORBIDA	%								

2) En caso de sumergir los moldes, ésta es la humedad h, utilizada en el cálculo de la densidad. (PARTE A).

IMPRESO 2

## HINCHAMIENTO

## PARTE A

FECHA	HORA	DÍAS	MOLDE N°			MOLDE N°			MOLDE N°		
			Lectura	mm	%	Lectura	mm	%	Lectura	mm	%

## FUERZA - PENETRACIÓN - C.B.R.

## PARTE B

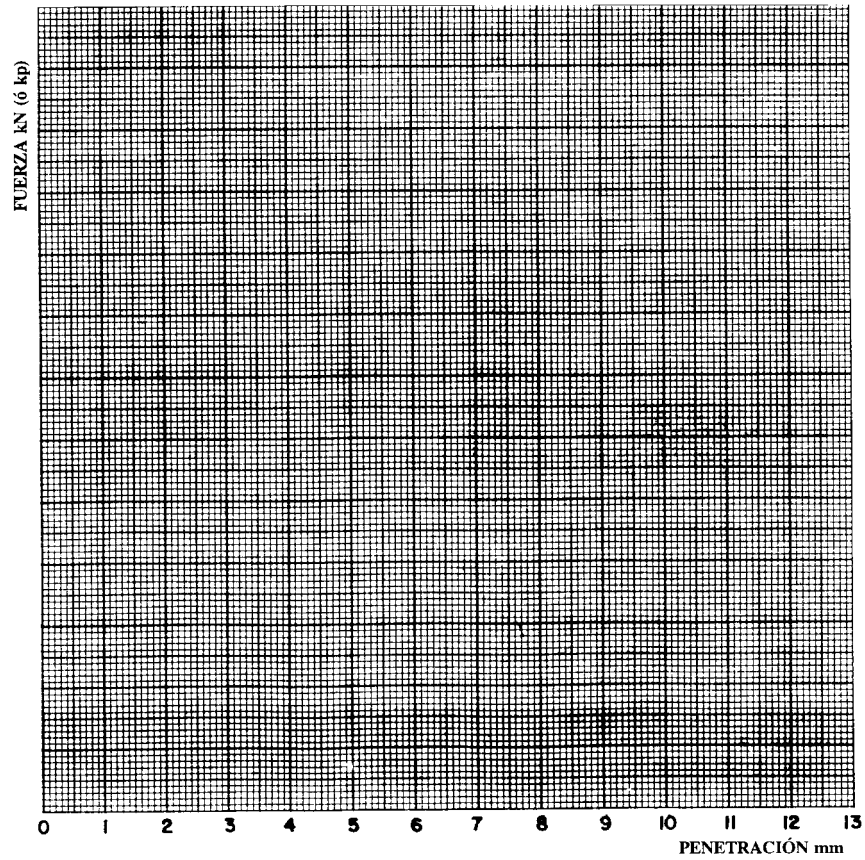
Penetración mm	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
	Lectura fuerza	Lectura fuerza corregida	kp o Q kN	C.B.R.	Lectura fuerza	Lectura fuerza corregida	kp o Q kN	C.B.R.	Lectura fuerza	Lectura fuerza corregida	kp o Q kN	C.B.R.
0,25												
0,50												
0,75												
1,00												
1,50												
2,00												
2,50				3)				3)				3)
3,00												
4,00												
5,00				4)				4)				4)
7,50												
10,00												
12,50												

$$3) \quad \begin{aligned} &7,57 \times Q \quad (\text{en kN}) \\ \text{C.B.R.} &= \\ &0,0742 \times Q \quad (\text{en kp}) \end{aligned}$$

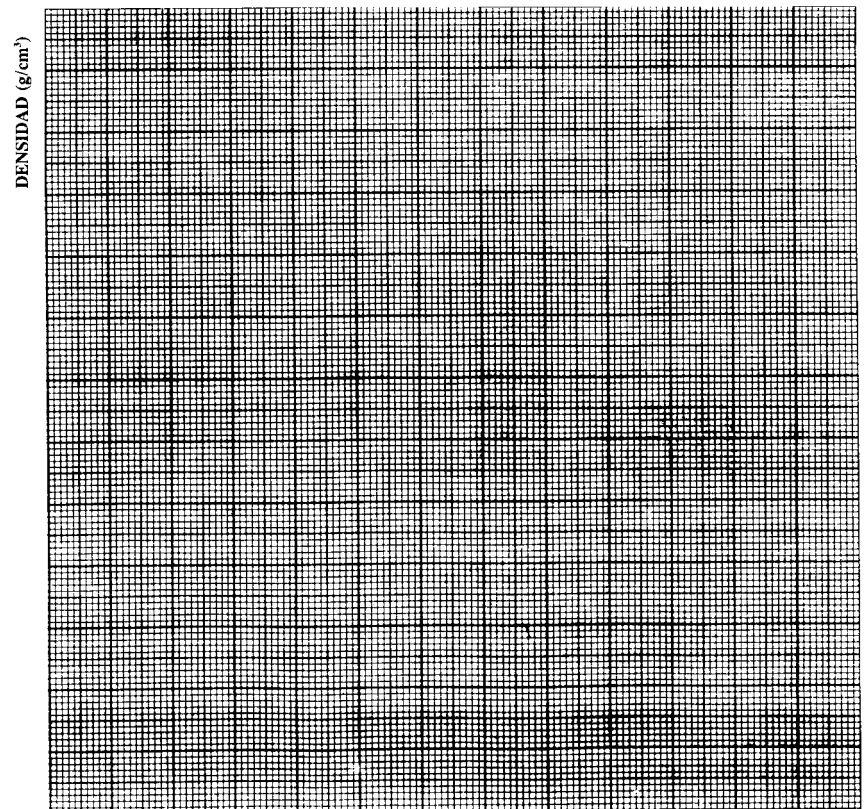
$$4) \quad \begin{aligned} &5 \times Q \quad (\text{en kN}) \\ \text{C.B.R.} &= \\ &0,0490 \times Q \quad (\text{en kp}) \end{aligned}$$

IMPRESO 3

PARTE A



PARTE B



ÍNDICE C.B.R.

IMPRESO 4

---

---

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Dirección Fernández de la Hoz, 52  
28010 Madrid-España

Teléfono (91) 432 60 00

Telefax (91) 310 36 95

Telegrama AENOR

**AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD POLITECNICA MADRID**