

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	<b>FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS</b>	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

## CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA

### TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETO .....	2
2. EQUIPOS .....	2
3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA .....	5
4. ESPECÍMENES PARA ENSAYO.....	5
5. PENETRACIÓN DE LAS PROBETAS COMPACTAS .....	9
6. CALCULOS .....	10
7. NORMA DE REFERENCIA.....	13

#### Lista de tablas

Tabla 1. Capacidad mínima de carga .....	2
--	---

#### Lista de figuras

Figura 1. Trípode para medir la expansión .....	4
Figura 2. Elementos para determinar el CBR .....	4
Figura 3. Ensayo de penetración .....	9
Figura 4. Curvas Penetración vs esfuerzo. ....	10
Figura 5. Curva Densidad seca vs CBR.....	11
Figura 6. Determinación del CBR para un rango de humedades y densidades secas.....	12

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	<b>FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS</b>	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

## CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA

### 1. OBJETO

Esta guía describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos de subrasante, subbase y base, denominado CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm ( $\frac{3}{4}$ ").

Esta guía de laboratorio corresponde al resumen de la norma de ensayo INVIAS E148-13.

### 2. EQUIPOS

**Prensa:** Utilizada para forzar la penetración de un pistón dentro del espécimen de ensayo. Debe estar equipada con una cabeza o base móvil que se mueva a una velocidad uniforme de 1.27 mm/min (0.05"/min), con una tolerancia de  $\pm 20$  %. La capacidad de la prensa debe satisfacer las exigencias de la Tabla 1.

Máximo CBR	Capacidad de carga mínima, kN
20	11.2
50	22.3
> 50	44.5

Tabla 1. Capacidad mínima de carga

Fuente: norma INVIAS E-148-13

La máquina debe estar equipada con un dispositivo indicador de carga que tenga una aproximación de lectura adecuada para la máxima carga prevista durante la penetración. La aproximación de lectura deberá ser de 44 N (10 lbf) o menos, si la prensa tiene una capacidad de carga de 44.5 kN (10 kip) o más; deberá ser de 22 N (5 lbf) si la capacidad de carga es de 22.3 kN (5 kip), y deberá ser de 8.9 N (2 lbf) para una capacidad de carga mínima de 11.2 kN (2.5 kip).

**El dispositivo medidor de la penetración:** (dial mecánico o transductor de desplazamiento electrónico) debe dar lecturas con una aproximación a los 0.025 mm (0.001") más cercanos y estar asociado a un accesorio de montaje, el cual debe establecer una conexión entre el medidor de penetración, el pistón de penetración y el borde del molde, para brindar medidas de penetración correctas. El ensamble del medidor a algún componente del marco de carga sometido a esfuerzo produce inexactitudes en las lecturas.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	<b>FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS</b>	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

**Moldes:** Cada molde deberá ser un cilindro de un metal rígido, de 152,4 mm  $\pm$  0.66 mm (6  $\pm$  0.026") de diámetro interior y de 177,8  $\pm$  0.46 mm (7  $\pm$  0.018") de altura, provisto de un collar suplementario de no menos de 50.8 mm (2.0") de altura y una placa de base de 9.53 mm (3/8") de espesor, con perforaciones. La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde. Las perforaciones de la base deberán ser por lo menos 28, uniformemente distribuidas dentro del círculo que va a ser ocupado por el molde, de 1.59 mm (1/16") de diámetro. Al ensamblar el molde con el disco espaciador en su interior, el molde deberá tener un volumen interno (sin considerar el collar de extensión), de 2124  $\pm$  25 cm<sup>3</sup>. La Figura 2 muestra un esquema de un molde apropiado para el ensayo.

**Disco espaciador:** De forma circular, metálico, de 150.8  $\pm$  0.8 mm (5 15/16"  $\pm$  1/32") de diámetro y de 61.4  $\pm$  0.25 mm (2.416  $\pm$  0.01") de espesor (Ver Figura 2), para insertarlo dentro del molde cilíndrico como falso fondo durante la compactación.

**Martillos de compactación:** Como los descritos en las normas INV E-141 e INV E-142, excepto que si se usa un martillo mecánico, solo se permite el empleo del de cara circular.

**Aparato medidor de expansión:** ver componentes en la Figura 1 cuya.

**Placa de metal perforada:** Una para cada molde, de 149.23 + 1.6 mm (5 7/8  $\pm$  1/16") de diámetro, con no menos de 42 perforaciones de 1,6 mm (1/16") de diámetro, distribuidas uniformemente sobre el área de la placa. Estará provista de un vástago en el centro, con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Ver Figura 2).

**Un trípode:** Para medir la expansión durante la inmersión de las probetas en agua. Sus patas deben estar conformadas de manera que se puedan apoyar en el borde del molde; el aparato lleva montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago debe coincidir con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de ésta y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001"), en un rango mínimo de 5 mm (0.200") (Figura 1).

**Sobrecargas metálicas:** Unas diez por cada molde, una o dos anulares y las restantes ranuradas (similares a herraduras), con una masa de 2.27  $\pm$  0.02 kg cada una y 149.23  $\pm$  1.6 mm de diámetro exterior. La anular debe tener un orificio central de, aproximadamente, 53.98 mm de diámetro (Ver Figura 2).



 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	<b>FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS</b>	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

**Tanque:** Con capacidad suficiente para la inmersión total de los moldes en agua. Deberá tener una reja en su fondo, que permita el acceso del agua a través de las perforaciones de la placa de base del molde.

**Horno:** Termostáticamente controlado, preferiblemente de tiro forzado, regulable a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

**Balanzas:** Una de 20 kg de capacidad, y otra de 1000 g, con posibilidades de lectura de 1 g y 0.1 g, respectivamente.

**Pistón de penetración:** Cilíndrico, metálico, de  $49.63 \pm 0.13$  mm de diámetro ( $1.954 \pm 0.005$ " ), área de  $1935 \text{ mm}^2$  (3 pulg<sup>2</sup>) y con la longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con el número requerido de sobrecargas., pero nunca menor de 101.6 mm (4").

**Regla metálica:** De acero endurecido, de borde recto, al menos de 250 mm (10") de largo. El borde de corte y enrasado deberá ser biselado, si tiene más de 3 mm (1/8") de espesor.

**Material misceláneo:** Cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, palas, cucharones, discos de papel de filtro aproximadamente del mismo diámetro interno del molde, etc.

### 3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Las muestras para compactación se deben preparar de acuerdo con el Método C, descrito en las normas INV E-141 o INV E-142, con la siguiente excepción:

Si todo el material pasa el tamiz de 19 mm ( $\frac{3}{4}$ " ), se deberá usar la gradación entera, sin modificación, para preparar las muestras para fabricar los especímenes para ensayo. Si hay partículas retenidas en dicho tamiz, ellas se deberán remover y reemplazar por una cantidad igual, en masa, de material que pase el tamiz de 19 mm ( $\frac{3}{4}$ " ) y quede retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4).

### 4. ESPECÍMENES PARA ENSAYO

Para determinar la relación de soporte únicamente con el contenido óptimo, se adelanta una prueba de control de compactación, con el número suficiente de especímenes para determinar la humedad óptima del suelo, empleando las normas INV E-141 o INV E-142.

Cuando se desee obtener el CBR al 100 % de compactación y a la humedad óptima, se compacta un espécimen usando el procedimiento de compactación especificado (INV E-141 o INV E-142), con una porción de suelo que contenga el contenido óptimo de agua  $\pm 0.5$  %, determinado de acuerdo con la norma INV E-122.

Si se desea obtener el CBR con el contenido óptimo de humedad y a un determinado porcentaje del peso unitario seco máximo, se preparan tres especímenes con el contenido óptimo de agua

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	<b>FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS</b>	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

± 0.5 % y empleando el método de compactación especificado, pero aplicando un número diferente de golpes por capa a cada espécimen. Dicho número de golpes por capa deberá variar lo necesario para que los pesos unitarios secos resultantes presenten valores por encima y por debajo del valor deseado. Típicamente, si se desea obtener el CBR de un suelo al 95 % de compactación, resulta satisfactorio compactar especímenes con 56, 25 y 10 golpes por capa. La penetración se deberá realizar sobre todos ellos.

Relación de soporte para un rango de contenidos de agua: todos los especímenes usados para desarrollar la curva de compactación deberán ser penetrados. Además, se deberán desarrollar relaciones completas entre el contenido de agua y el peso unitario seco para 25 golpes y 10 golpes por capa y cada espécimen de prueba compactado deberá ser penetrado. Todas las compactaciones se deben realizar en moldes de CBR. En casos en los cuales el peso unitario especificado está en o cerca del 100 % del peso unitario seco máximo, puede ser necesario incluir un esfuerzo de compactación mayor de 56 golpes por capa.

Si el espécimen va a ser sometido a inmersión, se toma una muestra representativa del material para la determinación de humedad, de acuerdo con la norma INV E-122. Si el proceso de compactación se conduce bajo unas condiciones de temperatura razonablemente controladas (18 a 24° C) (65 a 75° F) y el suelo procesado se mantiene en recipientes cerrados antes de su colocación dentro del molde, solamente se requiere una determinación de humedad. Si, por el contrario, el proceso de compactación se adelanta bajo unas condiciones ambientales fuera de control, se tomará una muestra representativa del material para la determinación de humedad al comienzo de la compactación de cada espécimen y otra muestra del material que sobre después de la compactación. Las determinaciones se deberán realizar de acuerdo con la norma INV E-122 y se tomará como contenido de agua representativo el promedio de los dos valores. La humedad de las dos muestras no deberá diferir en más de 1.5 % para poder asumir que el contenido de agua del espécimen es razonablemente uniforme.

Si el espécimen no va a ser sometido a inmersión, se toma una muestra para el contenido de humedad, de acuerdo con las normas INV E-141 o INV E-142, si se desea el contenido promedio de humedad.

Se ajusta el molde a la placa de base y se une el collar de extensión. A continuación, se inserta el disco espaciador dentro del molde y se coloca un papel filtro grueso sobre el disco. Se elaboran mezclas de suelo con agua y se compactan en moldes de CBR.

Terminada la compactación, se quita el collar de extensión y se enrasa el espécimen con la regla metálica dispuesta para ello. Cualquier hueco superficial producido al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula. Se desmonta el molde de la placa de base y se determina la masa del molde con el espécimen compactado. Se vuelve a montar el molde sobre la placa de base, pero ahora en posición invertida, sin incluir el disco espaciador y colocando previamente un papel de filtro sobre la placa de base.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	<b>FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS</b>	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

Sobre la superficie de la muestra invertida se coloca la placa perforada con vástago ajustable y, sobre ésta, las pesas de sobrecarga necesarias para producir una presión equivalente a la originada por todas las capas de pavimento que se hayan de construir sobre el suelo que se ensaya, con una aproximación de 2.27 kg (5.0 lb), correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4.54 kg (10 lb). A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación, o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde, aproximadamente, a 4.54 kg (10 lb) de sobrecarga. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con las pesas de sobrecarga colocadas, dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se toma la primera lectura para medir la expansión, colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del deformímetro con el de la placa perforada. Se anota su lectura [con aproximación a 0.0025 mm (0.0001")], así como el día y la hora de la lectura. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) con el nivel de agua constante, aproximadamente 25 mm (1") por encima de la superficie del espécimen. Se admite un periodo de inmersión más corto, nunca menor de 24 horas, si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados. Para algunos suelos arcillosos puede ser necesario un período de inmersión superior a 4 días. Al final del período de inmersión, se vuelve a colocar el trípode exactamente en la misma posición que cuando se tomó la primera lectura y se lee el deformímetro para medir el hinchamiento y calcular posteriormente la expansión, como un porcentaje de la altura inicial del espécimen.

Después del período de inmersión, se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y las pesas de sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos. Se debe tener cuidado para no alterar la superficie de la muestra durante el lapso de remoción de agua. A continuación, se retiran las pesas de sobrecarga, la placa perforada y el papel de filtro. Inmediatamente, se pesa y se procede al ensayo de penetración.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	<b>FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS</b>	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	



Medida de expansión axial

Fuente: norma INVIAS E-148-13

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	<b>FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS</b>	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

## 5. PENETRACIÓN DE LAS PROBETAS COMPACTAS

Se colocan sobre el espécimen las mismas pesas de sobrecarga que tuvo durante el período de inmersión. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente colocar inicialmente una pesa anular sobre la muestra. Para ello, se lleva el molde a la prensa y se coloca la pesa anular y luego el pistón de penetración a través del orificio de la pesa. En seguida, se coloca el resto de las pesas alrededor del pistón.

Se aplica una carga de 44 N (10 lbf) para que el pistón asiente. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y, seguidamente, se sitúan en cero el datalogger que conecta a la celda de carga y el sensor de penetración LVDT.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, de manera de producir una velocidad de penetración uniforme, de 1.27 mm (0.05") por minuto (Figura 2). Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones del pistón dentro del suelo: 0.64 mm (0.025"), 1.27 mm (0.050"), 1.91 mm (0.075"), 2.54 mm (0.100"), 3.18 mm (0.125"), 3.81 mm (0.150"), 4.45 mm (0.175"), 5.08 mm (0.200"), 7.62 mm (0.300"), 10.16 mm (0.400") y 12.70 mm (0.500"). Si la carga máxima ocurre a una penetración menor de 12.70 mm (0.500"), se hará la anotación correspondiente.



Figura 3. Ensayo de penetración

Fuente: norma INVIAS E-148-13

Se desmonta el molde de la prensa y si el espécimen fue sometido previamente a inmersión, se toma una muestra para determinar su humedad, de los 25 mm (1") superiores, en la zona próxima a donde se hizo la penetración. Su masa deberá ser al menos de 100 g si el suelo ensayado es de grano fino y de 500 g si es granular.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	<b>FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS</b>	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

## 6. CALCULOS

Se calcula la presión aplicada por el pistón para cada penetración y se dibuja una curva para obtener los esfuerzos de penetración a partir de los datos de prueba. Ocasionalmente, la curva resulta cóncava hacia arriba en su parte inicial, debido a irregularidades en la superficie del espécimen o a otras causas y, en tal eventualidad, el punto cero de la curva se debe ajustar como se muestra en la Figura 4. La corrección consiste en trazar una tangente a la curva en el punto de inflexión, cuya prolongación hasta el eje de abscisas definirá el nuevo origen de esa curva (penetración cero) para la determinación de las presiones correspondientes a 2.54 y 5.08 mm, como se indica más adelante.

Se debe dibujar una curva por cada espécimen penetrado.

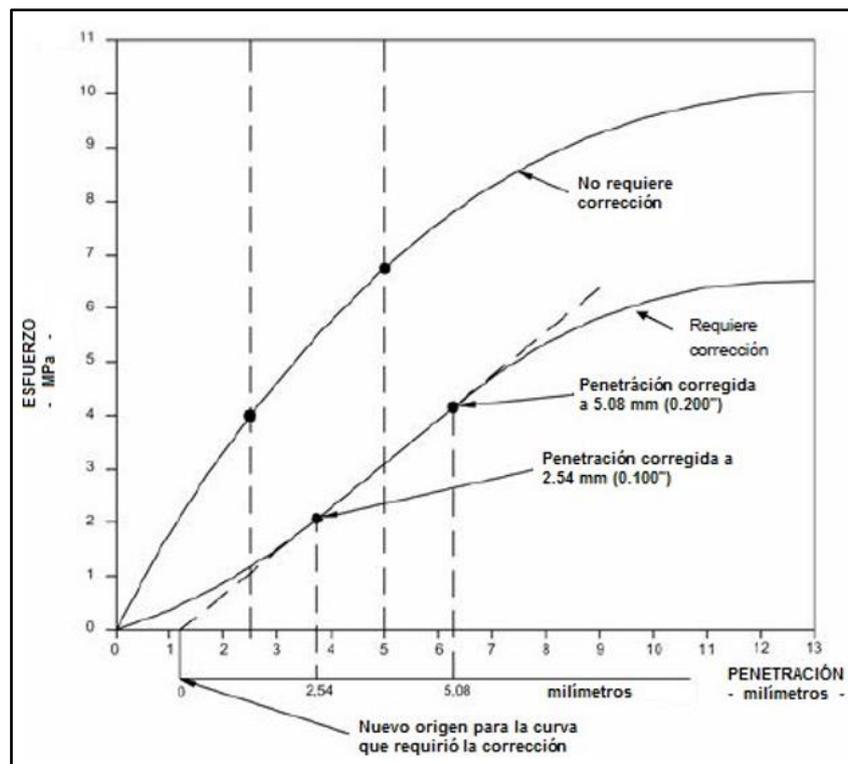


Figura 4. Curvas Penetración vs esfuerzo.

Fuente: norma INVIAS E-148-13

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	<b>FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS</b>	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

Usando los esfuerzos corregidos, tomados de las curvas penetración vs esfuerzo, para penetraciones de 2.54 y 5.08 mm (0.100 y 0.200"), se calculan las relaciones de soporte correspondientes, dividiendo dichos esfuerzos por los esfuerzos de referencia 6.9 MPa (1000 lb/pg<sup>2</sup>) y 10.3 MPa (1500 lb/pg<sup>2</sup>), respectivamente, y multiplicando por 100. También, se debe calcular la relación de soporte para el esfuerzo máximo, si éste se produjo a una penetración inferior a 5.08 mm (0.200"); en este último caso, el esfuerzo de referencia se deberá obtener por interpolación. La relación de soporte (CBR) reportada para el suelo es, normalmente, la de 2.54 mm (0.1") de penetración. Cuando la relación a 5.08 mm (0.2") de penetración es mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, se toma como resultado del ensayo la relación de soporte (CBR) para 5.08 mm (0.2") de penetración.

CBR de diseño para un solo contenido de humedad (humedad óptima) – Usando los datos obtenidos a partir de los tres especímenes preparados, se dibuja la curva peso unitario seco (o densidad seca) – CBR ( ver Figura 5). El CBR de diseño puede, entonces, ser determinado al porcentaje deseado del peso unitario seco máximo que, normalmente, corresponde al porcentaje mínimo especificado para el control de la compactación en obra.

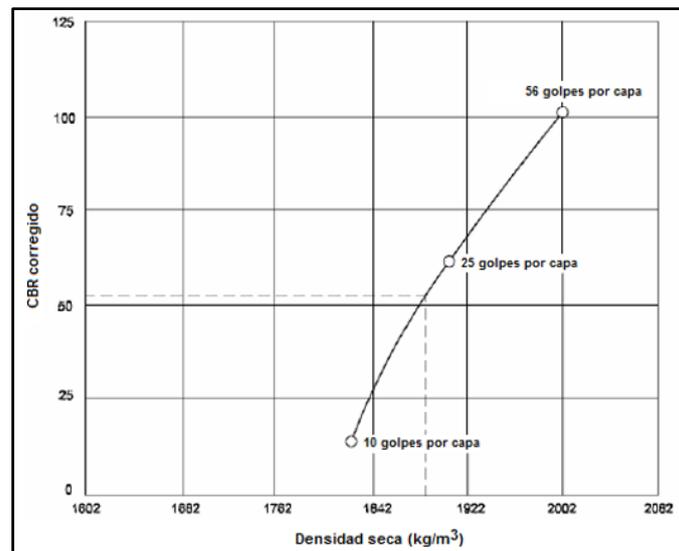


Figura 5. Curva Densidad seca vs CBR

Fuente: norma INVIAS E-148-13

CBR de diseño para un rango de contenidos de humedad: Se trazan las curvas de compactación y las de humedad de compactación versus el CBR corregido con los datos de las pruebas realizadas con las tres energías de compactación, como se muestra en la parte izquierda de la Figura 6. Igualmente, se elaboran las curvas de peso unitario seco (o densidad seca) versus CBR para diversas humedades de compactación (gráfico de la parte derecha de la Figura 6). Para el

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	<b>FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS</b>	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

propósito del informe, se acostumbra seleccionar el CBR más bajo dentro del rango en que el ingeniero haya determinado que se encontrará la humedad de equilibrio (por ejemplo, entre 13 y 16 % en el caso de la figura) y para un peso unitario seco (o densidad seca) ubicado entre el mínimo especificado y el máximo producido por compactación dentro del rango elegido de contenidos de agua, que se prevea que no dará origen a problemas por la expansión del suelo de subrasante en servicio (a manera de ejemplo, entre 1770 y 1842 kg/m<sup>3</sup> para el caso ilustrado en la figura). Los límites generados por estos dos rangos de humedad y peso unitario seco (o densidad seca) son los acotados por la zona achurada en el gráfico. Se deberá reportar, además, la expansión sufrida por el suelo durante el ensayo para la combinación de peso unitario seco (o densidad seca) y humedad correspondiente al valor de CBR que finalmente se escoja.

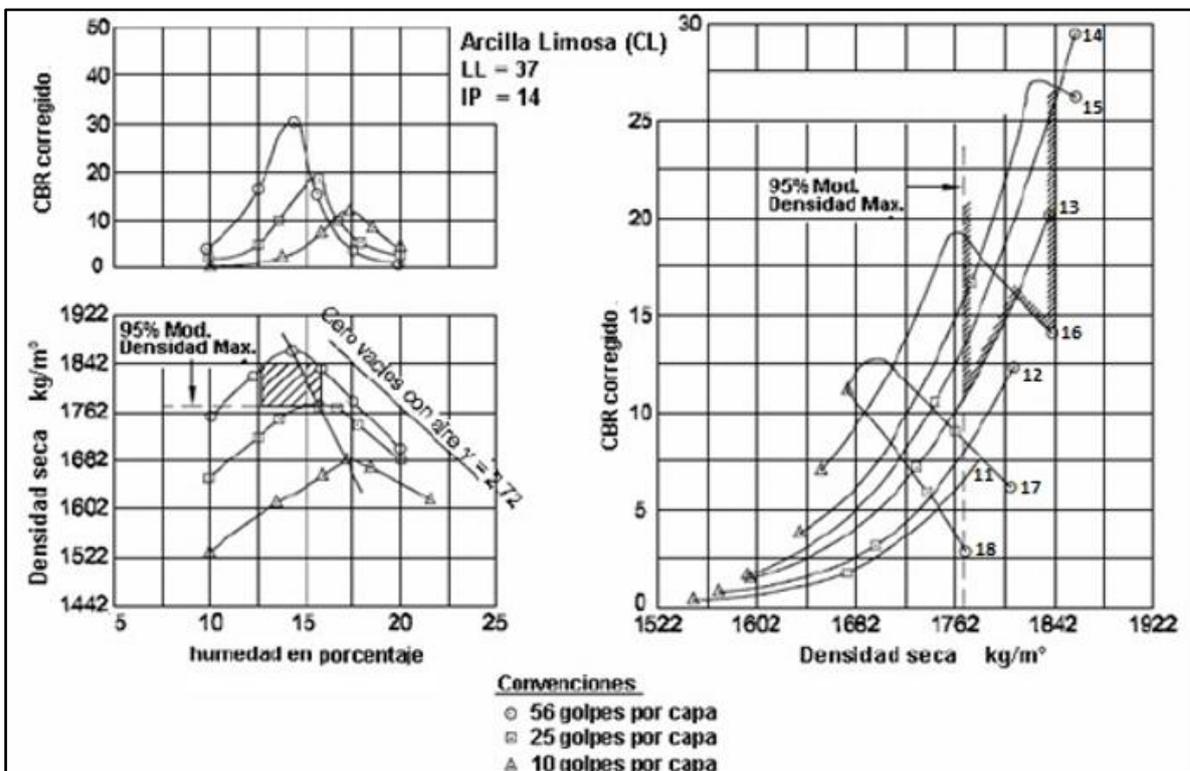


Figura 6. Determinación del CBR para un rango de humididades y densidades secas

Fuente: norma INVIAS E-148-13

Cálculo de los pesos unitarios secos de los especímenes compactados:

Los pesos unitarios secos se determinan de la siguiente manera:

$$\rho_d = \frac{M_{sac}}{V_m}$$

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	<b>FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS</b>	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

$$M_{sac} = \frac{M_{mws} - M_m}{(1 + W_{ac})}$$

Donde:

$M_{sac}$ : Masa seca del suelo al ser compactado en el molde, Mg o g;

$M_{mws}$ : Masa húmeda del suelo compactado más la masa del molde, Mg o g

$M_m$ : Masa del molde, Mg o g;

$W_{ac}$ : Contenido de agua de porciones representativas tomadas durante el proceso de compactación de cada espécimen;

$V_m$ : Volumen del espécimen compactado en el molde, m3 o cm3.

## 7. NORMA DE REFERENCIA

INVIAS E-418-13