

DE LOS ANDES MERIDA-VENEZUELA

PARTE I RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)



PARTE I MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL VALOR SOPORTE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

MÉTODO DE ENSAYO					
ASTM	AASHO				
D 1883	T 193				

1.1. INTRODUCCIÓN

El método CBR (por sus siglas en inglés: California Bearing Ratio, en español: Relación de Soporte California) se ha generalizado y es, hoy en día, uno de los más empleados para la caracterización de la "Resistencia" de los suelos, sub-bases y bases granulares, valores que posteriormente serán empleados en el cálculo de espesores de pavimentos flexibles.

Se establece en él una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo, y su capacidad de soporte como base de sustentación para pavimentos flexibles. Si bien este método es empírico, se basa en un sinnúmero de trabajos de investigación llevados a cabo tanto en los laboratorios de ensayo de materiales, como en el terreno, lo que permite considerarlo como uno de los mejores procedimientos prácticos sugeridos hasta hoy.

1.2. DEFINICIÓN

El CBR es una medida comparativa de la resistencia al corte de un suelo, material granular o estabilizado, y se define como la relación porcentual entre la carga unitaria requerida para penetrar un pistón normalizado una profundidad determinada dentro de una muestra del material bajo ensayo, y la carga unitaria requerida para penetrar el mismo pistón, y a la misma profundidad, en una mezcla patrón de piedra picada; es decir:

$$CBR_i = 100 \times \frac{Carga\ Unitaria\ del\ material\ bajo\ ensayo}{Carga\ unitaria\ de\ la\ piedra\ picada}$$

Nota 1: Ambas cargas a la misma profundidad.

Donde:

CBR_i= CBR del material bajo ensayo a la profundidad de penetración "i".

El CBR de un material es función de su densidad, textura, humedad de compactación, humedad después de la saturación, su "grado de alteración", y su granulometría.

El valor de CBR normalmente se determina a dos profundidades de penetración del pistón normalizado de 3 pulgadas cuadradas de área (a 0.1 pulgadas y a 0.2 pulgadas), seleccionando el mayor de los dos valores. Las cargas unitarias que resiste la piedra picada a estas profundidades son de 1000 psi (70 kg/cm²) y 1500 psi (105 kg/cm²), respectivamente.

1.3. DURACIÓN DEL ENSAYO

Aproximadamente siete (7) días.

1.4. OBJETIVO

Determinar la resistencia a la penetración de un suelo compactado bajo condiciones controladas de humedad y densidad y que se expresa como una relación de soporte porcentual entre la carga unitaria del suelo y la carga unitaria patrón de la piedra picada, establecida por la penetración a una misma profundidad de un pistón de penetración.

1.5. EQUIPOS E IMPLEMENTOS

- ✓ Prensa de carga con una capacidad mayor o igual a 44.5 KN capaz de aplicar una fuerza uniformemente a una rata de 0.05 in/min (1.27 mm/min) para hacer penetrar el pistón dentro del espécimen.
- ✓ Moldes cilíndricos de metal con diámetro interno de 6 in (152 ± 0.66 mm) y una altura de 7 in (177.8 ± 0.46 mm) acoplados con collar (collar de extensión) metálico no menor de 2 in (50.8 mm) de altura y con base cilíndrica metálica perforada con vástago graduado, que puede acoplarse en ambos extremos del molde.
- ✓ Disco espaciador metálico de diámetro no menor de 5 15/16 in (150.8 \pm 0.8 mm) y 2.416 \pm 0.005 in (61.37 \pm 0.127 mm) de altura.

- ✓ Martillos de compactación de acuerdo a los ensayos Proctor Standard (ASTM D698) ó Proctor Modificado (ASTM D1557).
- ✓ Aparatos medidores de expansión, un plato perforado de diámetro 5 % a 5 15/16 in (149.23 a 150.81 mm) y huecos uniformemente espaciados sobre el plato con una barra metálica ajustable colocada perpendicular al plato.
- ✓ Un trípode de metal para colocar el reloj comparador, para medir la cantidad de expansión durante la inmersión.
- ✓ Horno controlado termostáticamente capaz de mantener la temperatura de 110 ± 5 C.
- ✓ Una o dos pesas (para cada espécimen) teniendo una masa total de 4.54 ± 0.02 kg. La pesa anular debe estar entre 5 % a 5 15/16 in (149.23 a 150.81 mm) de diámetro y el agujero central aproximadamente 2 1/8 in (53.98 mm) de diámetro.
- ✓ **Pistón de penetración**. Un pistón de metal de 1.954 ± 0.005 in (49.63 ± 0.13 mm) de diámetro y mayor a 4 in (101.6 mm) de largo.
- ✓ **Reloj** comparador de 0.001 in (0.015 mm) con una apreciación de 0.2 mínimo.
- ✓ Utensilios y herramientas de uso general: bandeja o poncheras, cucharas, regla de borde recto, papel de filtro, balanzas, etc.
- ✓ Tanque para inmersión de los moldes que permita mantener el nivel de agua a 25 mm (1 in) por encima del tope de los especímenes.



Figura N° 1. Equipo utilizado para el ensayo.



Figura N° 2. Cilindro metálico con la base y collarín metálico.

1.6. PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN

Los especímenes (Figura N°3) se preparan conforme a lo especificado en los métodos de ensayos para compactación ASTM D-698 o D-1557, con molde de Fi= 6 in (152.4 mm), excepto cuando:

- a) La gradación del material pasa completamente por el tamiz ¾ in (19 mm), entonces se prepara el espécimen para la compactación utilizando todo el material sin modificación.
- b) Hay material retenido en el tamiz de ¾ in (19 mm), entonces se remueve el material retenido y se reemplaza por una cantidad igual del material que pasa por el tamiz ¾ in (19 mm) y retenido en el tamiz № 4 (4.75 mm), obtenido por separación de las porciones del material que no se ha utilizado en otros ensayos.



Figura N° 3. Muestras a ensayar.

1.7. HUMEDAD DE MEZCLADO

Para un solo contenido de humedad

- a) Al material preparado, añadir la cantidad de agua necesaria para obtener la humedad óptima de mezclado que fue calculada previamente en el ensayo de compactación (D698 o D1557).
 - NOTA 2: La Densidad Seca Máxima (DMS) obtenida en el ensayo de compactación, empleando un molde de Fi= 4 in (101.6 mm) puede ser ligeramente superior a la DMS que se obtiene compactando el material en un molde de Fi= 6 in para CBR.
- b) Para casos donde el CBR se desea al 100 % de la DMS y a humedad óptima (W_{op}), compactar el suelo de acuerdo al ensayo de compactación realizado previamente (D 698 o D1557) y a un contenido de humedad entre 0.5 % de la W_{op}.
 - NOTA 3: Donde la DMS fue determinada en un molde de compactación de Fi= 4 in (101.6mm), puede ser necesario compactar el espécimen usando 75 golpes por capa o más, para obtener una densidad igual o mayor a la deseada.
- c) Cuando se desea el CBR a la humedad óptima y algún porcentaje de la DMS, compactar tres especímenes de suelo preparados entre 0.5 % de la Wop y utilizando el método de compactación realizado previamente (D 698 o D1557) compactar a diferentes números de golpes cada espécimen. El número de golpes por capa varía lo suficiente para preparar especímenes que tengan densidades por encima y por debajo de la deseada. Típicamente, si se requiere el valor de CBR al 95 % de la DMS, se preparan especímenes compactados con 56, 25 y 10 golpes por capa, que son satisfactorios.
- d) Se realiza luego el ensayo de penetración a cada espécimen.

Para un rango de humedades

a) Preparar los especímenes de manera similar para un solo contenido de humedad, excepto que cada espécimen utilizado para determinar la curva de compactación se debe penetrar.

b) Adicionalmente se debe hacer la curva de compactación para las otras energías de compactación (Nº de golpes) y los especímenes también deben ser penetrados. Las compactaciones antes indicadas se realizarán en el molde de CBR. En las imágenes N° 4 y 5 se puede apreciar la preparación de las muestras.

Nota 4: Una gráfica semilogarítmica de Densidad Seca vs Energía de Compactación (ft-lb/ft³) generalmente es una línea recta cuando se coloca en la escala log la energía de compactación. Este tipo de gráfico es muy útil para establecer la energía de compactación y el N° de golpes por capa que se necesitan para relacionar una Densidad Seca requerida y un rango de contenido de agua (% w).





Figura N° 4 y 5. Preparación de las muestras, colocación de agua de acuerdo al contenido de humedad para cada muestra y mezclado.

1.8. EJECUCIÓN DEL ENSAYO

Para obtener el CBR se requiere realizar los ensayos siguientes:

1.8.1. COMPACTACIÓN: preparar tres (3) especímenes, los cuales se compactarán en moldes de 6 in (152.4 mm) a la misma humedad (humedad de mezcla) y a tres (3) diferentes energías (Nº de golpes).

> PROCEDIMIENTO:

- a) Se pesa el molde de CBR con la base sin collarín en la balanza y apreciación de1 g (0.002 lb), como se aprecia en la figura N° 6, anote el valor en la hoja de registro (peso molde).
- **b)** Se inserta el disco espaciador dentro del molde y se ensambla el collarín al cuerpo del mismo.
- Se coloca encima un disco de papel de filtro grueso en sustitución del disco de malla
 Nº 200 (0.074 mm).
- d) A cada espécimen agregue un volumen de agua equivalente a la humedad de mezclado, normalmente corresponde al W_{op} del ensayo de compactación.

Nota 5: Si la muestra está húmeda se debe determinar la humedad higroscópica y determinar el agua añadir con la siguiente expresión:

$$W_{a\tilde{n}adir} = W_s (w_m - w_h)$$

Donde:

 w_m : es la humedad de mezclado en centesimal ($W_m/100$), generalmente corresponde a la humedad óptima del ensayo de compactación ($W_{op}/100$).

wh: es la humedad higroscópica, en centesimal.

W_s: es el peso seco (g).



Figura N° 6. Peso del molde con la base y sin collarín.

- e) Se mezcla el agua con el material usando cucharón y guantes de goma hasta lograr una repartición uniforme de la humedad.
- f) Se introducen cada uno de los tres (3) especímenes de suelos dentro de bolsas plásticas y se guarda por un periodo no menor de 12 horas, para lograr una redistribución uniforme de la humedad, especialmente si se trata de suelos finos.
- g) Después del período de curado se toma una porción representativa de cada espécimen, se procede a determinar su contenido de humedad y a anotarla en la planilla del ensayo como % de humedad de Compactación.

Nota 6: Los valores de la humedad, esencialmente para los suelos finos, no deben variar en \pm 0.5 % de la humedad de mezclado. Si no es así deben descartarse los especímenes y preparar otras.

Ejemplo:

Humedad de mezclado: 12 %, rango de humedades: 12.5 % - 11.5 %.

- h) Se coloca una porción del espécimen dentro del molde de CBR y se tapa la porción restante con un paño húmedo para evitar la pérdida de humedad.
- i) Se debe compactar con martillo en la periferia y centro, distribuyendo el número de golpes en cada capa (véase Figura N° 7).
- j) Cada espécimen se elaborará con igual número de golpes por capa, preparando tres
 (3) especímenes con diferentes números de golpes. Normalmente los números de golpes elegidos son 56, 25 y 12.
- k) Sin embargo, si el ensayo de compactación se realizó en un molde de 4 in (101.6 mm) es posible que sea necesario aumentar el número de golpes de 56 a 75, u otro valor para lograr la DMS requerida.
- I) El número de capas y las dimensiones del martillo de compactación corresponden al método de compactación realizado previo a este ensayo (ASTM D698 - Proctor Standard - o ASTM D1557 -Proctor Modificado).
 - **Nota 7:** Cuando se usa un molde de compactación de 101.6 mm (4 in) para el ensayo de compactación, la densidad puede ser ligeramente mayor a la obtenida usando el molde de 6 in (152.4 mm), por lo que puede ser necesario compactar la capa con valores mayores a 56 golpes, digamos 65 golpes u otros valores hasta lograr densidades mayores a la requerida. El espécimen compactado tiene 116.43 mm (4.53 in) de altura.



Figura N° 7. Compactación con el martillo por el centro y periferia del cilindro, con la cantidad de golpes correspondiente a cada muestra por cada capa.

- m) Se repite el proceso hasta lograr compactar las cinco (5) capas de iguales espesores. El proceso se repite para los otros dos (2) especímenes que se compactarán respectivamente con 25 golpes y 12 golpes del martillo. El plano superior de la última capa estará a 13 mm por encima de la unión del molde con el collarín para facilitar el enrasado del espécimen.
- n) Se retira el collarín (véase Figura N° 8) y se procede a enrasar con la regla metálica el material excedente sobre la parte superior del molde. En caso de quedar irregularidades en la superficie se rellenarán con material sobrante pasante del tamiz Nº 4.
- o) Se retira el disco espaciador y se coloca en la base un disco de papel de filtro grueso de 6 in (152.4 mm) de diámetro en sustitución de la malla Nº 200.
- **p)** Se Invierte el molde de modo que la superficie enrasada quede hacia abajo y ensamble a la base o plato perforado.
- **q)** Se procede a pesar el conjunto en una balanza de 20 kg y 1 g de apreciación y a anotar el resultado en una hoja de registro (peso molde + Suelo húmedo inicial).



Figura N° 8. Luego de terminar de compactar todas las capas se retira el collarín y se enrasa el molde.

1.8.2. EXPANSIÓN: mediante la inmersión y saturación de los especímenes. Si es necesario se coloca otro disco de papel de filtro grueso (diámetro 6 in) sobre la superficie libre del espécimen y se deja reposar unos 30 minutos.

PROCEDIMIENTO:

a) Se coloca el disco perforado (véase Figura N° 9) y vástago ajustado sobre el espécimen y luego las pesas para producir una sobrecarga similar a la producida por la estructura del pavimento a construirse. La sobrecarga mínima a emplear es de 4.54 kg (10 lb).



Figura N° 9. Discos perforados a ser colocados sobre el molde cilíndrico.

b) Se ensambla el collarín y se coloca el trípode sobre el molde y el extensómetro sobre el vástago graduable. Moviendo la parte graduable del vástago se coloca el reloj comparador en una lectura convenida (véase figura N° 10).



Figura N° 10. Colocación del extensómetro sobre el vástago.

Se retira el trípode y extensómetro y se sumerge a cada uno de los tres (3) moldes en el tanque de saturación apoyados sobre rejilla metálica o plástica y no directamente sobre el fondo del tanque para que circule el agua por debajo de los moldes (véase figura N° 11).

Para que los especímenes se saturen complemente se mantendrá el nivel de agua unos 25 mm por encima del nivel superior de cada espécimen (dentro y fuera del molde).



Figura N° 11. Inmersión de las muestras.

d) Se coloca el trípode con el extensómetro en la parte superior del molde y se anota la lectura inicial en la hoja de registro (Lectura Hora o minutos). Cada 24 horas y por un periodo de 96 horas (4 días) se tomarán y anotarán las lecturas del reloj comparador.

Nota 8: Algunos suelos arenosos poco plásticos pueden necesitar periodos más cortos de saturación en cambio ciertos suelos arcillosos pueden requerir periodos mayores de 4 días para estabilizar su expansión. En la figura N° 12 se puede apreciar el esquema de un corte frontal de la prensa hidráulica con el espécimen ensayado.

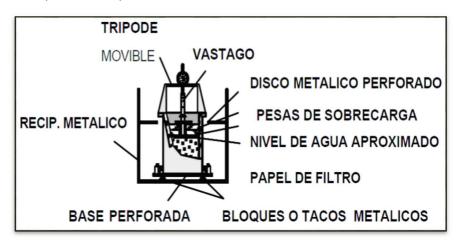


Figura N° 12. Representación de un corte frontal del conjunto.

- e) Tomada la última lectura se retira trípode y el extensómetro y se sacan cada uno de los moldes. Cuidadosamente ponerlos a drenar durante 15 minutos sin perturbar los especímenes.
- f) Se debe secar bien el molde para eliminar el agua adherida, y retirar pesas, disco perforado, papel de filtro y collarín. Se pesa el molde y el espécimen en una balanza de 20 kg y 1 g de apreciación y se anota el resultado en hoja de registro (peso Molde + Suelo Húmedo Final).
- **1.8.3. PENETRACIÓN:** debe efectuarse a cada uno de los especímenes, compactados a diferentes energías de compactación (№ de golpes).

PROCEDIMIENTO:

a) Se coloca el molde en la prensa como se muestra en la figura N° 13, con las mismas pesas de sobrecarga usadas para la inmersión. Para evitar que el desplazamiento del suelo blando obstruya el agujero de las pesas se instala primero la pesa anular de 5 lb (2.27 kg) e inmediatamente se asienta el pistón en la prensa sobre el espécimen aplicando una carga no mayor de 10 lb (4.54 kg). Se coloca el resto de las pesas alrededor del pistón. Se lleva a cero el dial del reloj comparador que mide la deformación (penetración) y el del que mide la carga aplicada después de aplicar la carga de asentamiento.



Figura N° 13. Prensa para CBR.

En el esquema que se muestra en la figura N° 14, se presenta un corte transversal de la prensa hidráulica con el espécimen ensayado.

b) Se aplica la carga del pistón a una rata de 0.05 in/min (1.27 mm/min) y se registran en la planilla de ensayo las cargas para cada una de las siguientes penetraciones: 0.025 in (0.64 mm); 0.050 in (1.27 mm); 0.070 in (1.91 mm); 0.100 in (2.54 mm); 0.200 in (5.08 mm); 0.300 in (7.62 mm); 0.400 in (10.16 mm) y 0.500 in (12.70 mm).

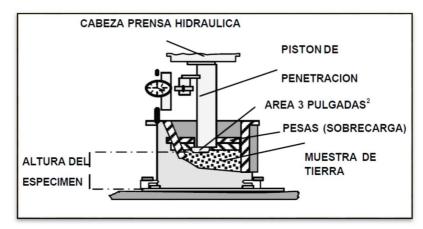


Figura N° 14. Representación de un corte transversal del conjunto.

- c) Se descarga la prensa, se baja el molde, se remueven las pesas y base, y se procede a sacar el espécimen del molde con extracción.
- d) Se toma una porción de suelo a 1 in (25 mm) por debajo del tope del núcleo y se determina el porcentaje de humedad. Se registra este valor en la hoja de ensayo (% de humedad en inmersión).
- e) Si se desea mayor precisión se debe tomar otra muestra en la base y determinar la humedad promedio.

1.9. CÁLCULOS, GRÁFICOS Y RESULTADOS

1.9.1. COMPACTACIÓN:

Volumen de agua de Mezclado (V_w)

Espécimen seco:

$$V_w = \frac{W_s \times w_h}{v_w}, \qquad (cm^3)$$

Espécimen húmedo:

$$V_{w} = \frac{W_{h}}{1 + W_{h}} \times \frac{W_{m} - W_{h}}{\gamma_{w}}, \qquad (cm^{3})$$

Donde:

 w_m : es la humedad de mezclado en centesimal ($W_m/100$), generalmente corresponde a la humedad óptima del ensayo de compactación ($W_{op}/100$).

wh: es la humedad higroscópica, en centesimal.

W_s: es el peso seco (g).

W_h: es el peso espécimen húmedo (g).

 y_w : es la densidad de agua (1 g/cm³).

Densidad Húmeda (γh)

$$\gamma_h = \frac{W_h}{V_m}$$

Donde:

W_h: es el peso húmedo (g) de la muestra.

V_m: es el volumen del molde (cm³).

Humedad (w)

De compactación (w_c):

$$w_c = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100$$

Después de la Inmersión (w_s):

$$w_s = \frac{W_h - W_s}{W_s} x \ 100$$

Densidad Seca (γ_d) de Compactación

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + w_c}$$

1.9.2. EXPANSIÓN O HINCHAMIENTO:

La expansión porcentual del espécimen (% Exp.) es la relación entre su variación de altura (L_f - L_i) durante la inmersión y su altura inicial.

$$\% Exp = \frac{L_f - L_i}{H} x 100$$

Donde:

L_f: es la Lectura final del extensómetro.

L_i: es la Lectura inicial (al empezar el periodo).

H: es la altura del espécimen compactado.

1.9.3. PENETRACIÓN:

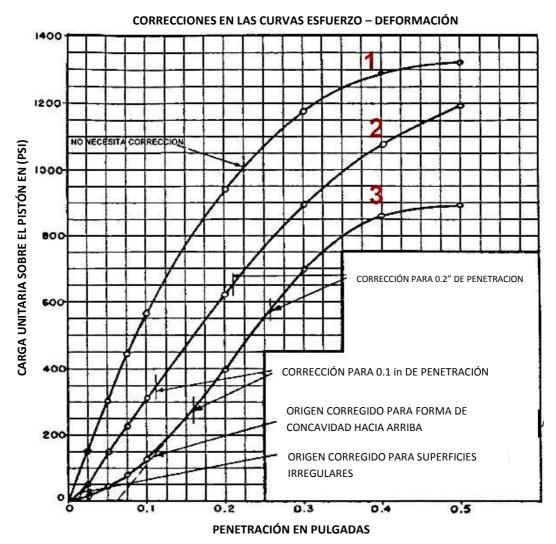
Esfuerzo de Deformación o de Penetración

Normalmente las cargas aplicadas se miden en anillos dinamométricos los cuales son calibrados (hojas de calibración) para transformar la lectura del reloj comparador (mm o in) en kilogramo fuerza o libra fuerza. Esta relación debe ser una línea recta por lo que se puede obtener un factor de conversión (Fc) expresado en kg/mm o lb/in. El área del pistón es constante (1935 mm² = 3 in²). Se puede definir una constante (K) para cada anillo (K= Fc/A) que multiplicada por cada lectura del reloj comparador permita obtener los esfuerzos de deformación (σ).

Para cada uno de los tres ensayos de penetración se representa en un gráfico una relación entre la resistencia a la penetración (psi o MPA) en el eje de las ordenadas contra la penetración (in o mm) en el eje de las abscisas resultando en vez de una recta que es el comportamiento de dicha representación, una curva a causa de asentamientos y ajustes del material u otras causas al comienzo del ensayo, con una apreciable inflexión o curvatura en la parte inicial. Si esta inflexión es hacia arriba (curvas 2 y 3) se requieren corregir los esfuerzos de penetración tanto para 0.1 in (2.54 mm) como para 0.2 in (5.08 mm).

Para corregir la curva se trazará una tangente al punto de inflexión (punto de máxima pendiente) que se prolonga hasta interceptar el eje de las abscisas, que representará el nuevo origen. Los nuevos valores corregidos se efectuarán sobre la curva original desplazando las deformaciones de Fi, 1 in y 2 in, tal como se indica en la gráfica N° 1.

Gráfica N°1 Curva Esfuerzo vs Deformación (Resistencia a la Penetración – Profundidad de Penetración)



El CBR se define como una relación porcentual entre la carga unitaria del suelo (a esfuerzo de penetración) y la carga unitaria de una piedra triturada y bien gradada (carga unitaria patrón).

Por norma el valor del CBR se establece para penetraciones o deformaciones de 0.1 in (2.54 mm) y 0.2 in (5.08 mm).

Para estos valores el esfuerzo unitario patrón es, respectivamente, de 1000 psi (70.49 kg/cm²) y 1500 psi (105.68 kg/cm²).

Ejemplo:

%
$$CBR_{0.1"} = \frac{\sigma_{0.1"}}{1000 \ psi} \times 100$$

%
$$CBR_{0.2"} = \frac{\sigma_{0.2"}}{1000 \ psi} \times 100$$

Con σ expresado en psi.

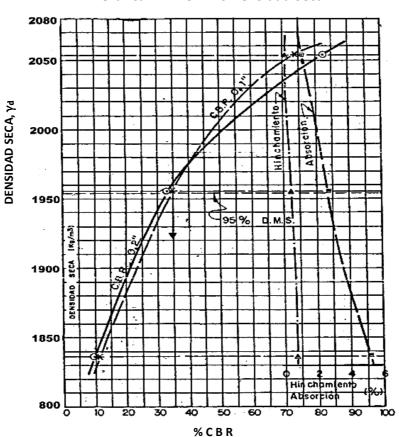
Se calculan estos valores para cada uno de los tres especímenes a distintas energías de compactación y se anotan en la hoja de registro (Valores de CBR).

1.10. CAPACIDAD SOPORTE CBR

1.10.1. CBR para un contenido de humedad

Con los datos obtenidos de los tres especímenes, graficar el CBR vs Densidad Seca, relacionándolos como se observa en la gráfica N° 2.

Determinar el valor del CBR para el porcentaje de densidad seca que se requiera.

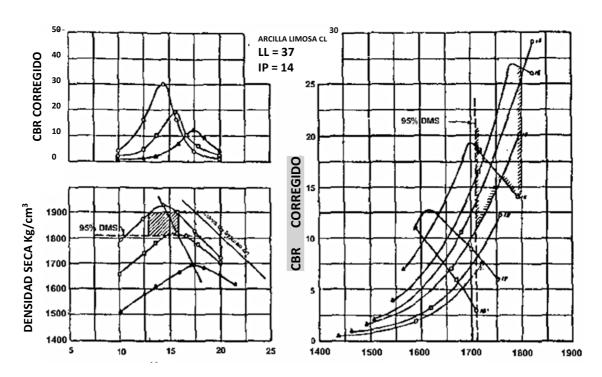


Gráfica N° 2. CBR vs Densidad Seca

1.10.2. CBR para un rango de humedades

Graficar los datos de las tres energías de compactación (Nº de golpes) como se muestra en la gráfica N° 3. Los datos así graficados representan la respuesta del suelo en el rango de humedad (% w) deseada. Seleccionar el CBR como valor más bajo entre el contenido de agua (% w) deseado y que tenga una Densidad Seca mínima requerida y Densidad seca alcanzada por la compactación en el rango de humedades.

Gráfica N°3. Determinación del CBR para un rango de Humedades y una densidad seca Mínima.



LEYENDA

o56 Golpes por capa

• 25 Golpes por capa

Δ 12 Golpes por capa

PLANILLAS DE ENSAYO



COTAS:

NOMBRE DE LA OBRA:

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: ___

COORDENADAS:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE LOS SUELOS Y PAVIMENTOS



FECHA:

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

DENSIDAD SECA

		GOLPE	S/CAPA		12	25	56			
		W molde+DE+su								
		W molde + DE (g	1)							
	 -	W muestra húme	eda (g)							
	<u>_</u>	V muestra (cm³)								
		γ h (g/cm³)								
		γ d (g/cm ³)								
		CONTEN	IDOS DE	HUME	DAD [DE C	ОМР	PACTACIÓ	N	
	GOLPES / CAPA	INICIAL	FINAL		CIAL		IAL	INICIAL	FINAL	
	GOLFLS / CAFA	1	2	2		5			56	
	Cápsula Nº									
	W total húmedo (g)									
	W total seco (g)									
	W capsula (g)									
	W agua (g)									
	W seco (g)									
	W (%)									
		IMR	IBICIÓN -	SATI	IRACIO	ÓΝ C	OME	DI FTA		
			IBIOIOI4 -	OAIC	TI ACI			RAS EN EXTEN	SÓMETRO	
	FECHA	T (h)		Hora	-	12 g				
						12 9	j/C	25 g/c	56 g/c	
									+	
	Altura da la munatra	(70.70)								
	Altura de la muestra	-			-					
	Hinchamiento lineal Hinchamiento lineal									
	minchamiento linear	relativo (%)								
			ı	RESU	LTADO	os				
GOLPES				/ d	W final		Hinchamiento lineal relativo		CBR (%)	
OR CAP	A	IMBIBICIÓ	ON (Kg	/m³)	(%))		(%)	a 2.54 mm	a 5.08 mm
OR CAP										
12										



ENSAYADO POR:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE LOS SUELOS Y PAVIMENTOS



FECHA:

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

NOMBRE D	E LA OBF	RA:							
			COORDEN				FECHA:		
FECHA PU	INZONA	MIENTO:			ÁREA DEL F	PISTÓN:			
VELOCIDA	D DE PE	ENETRAC	CIÓN:						
HUNDIMIENTO		MIENTO	12 GOLPES / CAPAS		25 GOLP	PES / CAPAS	56 GOLPES / CAPAS		
TIEMPO	IN	mm	CARGA (Kg)	PRESIÓN (Kg/cm²)	CARGA (Kg)	PRESIÓN (Kg/cm²)	CARGA(Kg)	PRESIÓN (Kg/cm²)	
0′30"	0.025	0.64	or interreting)	· ···Eoren (ng/sii /	Crintort (rig)	· ···Loron (ng/om/)	on ton (rig)	· rezoron (region)	
1′00"	0.050	1.27							
1′30"	0.075	1.91							
2′00"	0.100	2.54							
4′00"	0.200	5.08						+	
6′00" 8"00"	0.300 0.400	7.62							
10′00"	0.400	10.16 12.70							
Presión (Kg/cm²)					ción (mm)				
				─ 25 golpes	▲ 56 golpes	→ 12 golpes			

REVISADO POR: _



ENSAYADO POR: _

LABORATORIO DE MECÁNICA DE LOS SUELOS Y PAVIMENTOS



FECHA:__

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

	IA DE LA MUE		ADAS:		FECHA:			
DENSIDADES SECAS(Agrills)								
= 5								
<u>د</u> م								
ξ S								
0								
3								
2								
2								
֝֟֝֟֝֝֟֝֝֟֝֓֓֓֓֓֓֓֓֓֓֓֓֓֓								
			VALORE	S DE C.B.F	R (%)			
		noro 0.54				do nonatra si f s		
		para 2,54 mn	n de penetración		para 5,08 mm	de penetración		

REVISADO POR: _