AAM0120

TESIS
IC996
S38
V.1

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

"SEGUNDA FASE DE UN ESTUDIO DE CORRELACIÓN ENTRE LA PENETRACIÓN MEDIDA CON EL CONO DINÁMICO PORTÁTIL Y EL C.B.R. DE LOS SUELOS FINOS". TOMO I

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: Veinte (20) puntos

JURADO EXAMINADOR

Firma: Firma: Firma:

Nombre: Nombre: Nombre:

REALIZADO POR

Br. Andreina Sánchez M.

Br. María Isabel Vásquez

PROFESOR GUIA

Ing. Roberto Centeno W.

FECHA

25 de Octubre de 1996

Erratas:

Pag 8 Ecuación

cambiar OA por =

Pag 9 coma al más resistencias

Pag 11 incluyendo Yanque y Cano

Pag 13 ver n° 6

Pag 14 ver figura en foto

Pag 15 ver "Cas barras inferiores.

Dedicada,

a Leonardo Vásquez y a Milagrosa Aldana

María Isabel Vásquez

4.2.- Ensayo Relación Soporte California.....19

4.2.1.- Aparatos requeridos.....19

4.2.2.- Preparación de los moldes.....20

4.2.3.- Ejecución del ensayo C.B.R.....21

4.3.- Ensayo con el Cono Dinámico Portátil.....24

4.3.1.- Instrumentos utilizados.....24

4.3.2.- Preparación de la estructura de la torre.....24

4.3.3.- Preparación de la torre.....24

4.4.- Resumen de los resultados obtenidos

en los ensayos realizados en el laboratorio.....27

Capítulo 5. Análisis de resultados.....28

Capítulo 6. Análisis de regresión.....30

Conclusiones.....37

Recomendaciones.....39

Referencias bibliográficas

Bibliografía

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Pág

Fotografía N°1. Partes del Penetrómetro Dinámico 13

Fotografía N°2. Modificación del yunque.....14

Fotografía N°3. Compactación de los moldes..... 20

Fotografía N°4. Enrase del molde.....21

Fotografía N°5. Ensayo de C.B.R.....22

Fotografía N°6. Penetración con pistón C.B.R. 23

Fotografía N°7. Detalle de la torre.....25

Fotografía N°8. Ensayo con el cono.....25

SINOPSIS

El presente documento contiene el trabajo dedicado al estudio del efecto del confinamiento vertical sobre los resultados obtenidos al ensayar un suelo con el Cono de Penetración Dinámica.

Especificamente fueron estudiados dos efectos: el efecto del confinamiento vertical en suelos granulares, y el efecto del confinamiento vertical en suelos cohesivos, sobre los valores del Cono de Penetración Dinámica.

Se presentan las modificaciones que fueron indispensables hacer al penetrómetro original, debido a que el mismo presentó debilidades que no permiten su uso.

Se establece una nueva ecuación de regresión que correlaciona los resultados obtenidos con el nuevo cono y los valores correspondientes del C.B.R.

Con el equipo utilizado no solamente se logra multiplicar el número de sondeos comprobatorios de la resistencia del suelo, sino también comprobar, por simple comparación, si las características de compacidad de las capas varían de un punto a otro en un mismo sondeo lo cual permite analizar la homogeneidad de las sub-rasantes.

Finalmente se valida la hipótesis relacionada con la influencia del confinamiento vertical en el caso de los suelos granulares, lo que impide obtener una ecuación de regresión significativa para correlacionar la

resistencia a la penetración del Cono Dinámico con el valor C.B.R. en estos suelos.

Se confirma la significación estadística del modelo de regresión en el casos de los suelos finos cohesivos.

INTRODUCCIÓN

Gracias a su economía, su simplicidad y su capacidad para proporcionar una manera rápida y confiable de evaluar la resistencia a la penetración en las sub-rasantes constituidas por suelos finos; el Cono Dinámico ha resultado ser un elemento de trabajo de fácil transportación que permite obtener una correlación altamente significativa entre el C.B.R. en sitio y el número de golpes necesarios para un avance de aproximadamente 100 mm. de la punta cónica.

La facilidad de transportación de uno o varios equipos, en una solo unidad de locomoción, permite que se pueda evaluar la sub-rasante constituída por suelos finos en muy corto tiempo, con lo cual se obtiene una excelente caracterización de las fundaciones de los pavimentos rígidos o flexibles.

Debido a las razones expuestas y teniendo en consideración que en trabajos previamente realizados se ha diseñado y empleado un equipo que ha presentado algunos inconvenientes de funcionamiento; en esta segunda etapa de la investigación que se viene realizando en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Católica Andrés Bello, se ha planificado corregir los inconvenientes señalados, los cuales, básicamente son los siguientes:

1. La debilidad en la conexión entre la barra y la base del yunque
2. La insuficiencia en el diámetro de las barras a las cuales se ajusta el yunque y la punta cónica.

Por otra parte, se pretende investigar la influencia del confinamiento vertical (sobrecarga) en la resistencia que arroja el cono al avance, en suelos granulares y en suelos finos, con la finalidad de establecer la bondad del método en ambos tipos de suelo.

En otras palabras, se trata de investigar si el efecto de confinamiento en el caso de las arenas invalida los modelos de correlación obtenidas en los suelos finos arcillosos, teniendo en consideración que en el caso de influir dicho confinamiento, no tendría significación alguna la correlación entre el valor C.B.R. y la resistencia al avance de la punta cónica.

En tales condiciones, conviene aislar las variables que pudieran influir en la resistencia al avance de la punta, tales como los cambios de la densidad y de la humedad, manteniendo constantes estas variables y examinando solamente el efecto de la sobrecarga vertical actuante, pues en el caso que fuera significativa, ello indicaría que no hay correlación entre los valores de resistencia al avance y los valores obtenidos con el C.B.R.

Para lograr los fines perseguidos se empleó una columna de tierra compactada en moldes metálicos de 6" x 12", cuya altura total fue de 93 cm, dentro de los cuales se mantuvo la densidad y la humedad constantes.

En los resultados obtenidos se puede notar la influencia del confinamiento lateral en los suelos arenosos y la independencia de la resistencia al avance, en función de dicho confinamiento, en el caso de los suelos finos arcillosos.

OBJETIVOS

Los objetivos planteados en la presente investigación son los siguientes:

1. La realización de las modificaciones necesarias y suficientes para lograr un equipo de ensayo que no sufra las daños que presentó el equipo empleado por Mendoza y Rodríguez[1] en su trabajo de grado.
2. La obtención de un modelo de predicción del valor C.B.R. en función de la resistencia al avance de la punta cónica expresado en mm / golpe, para avances de aproximadamente cien (100) milímetros.
3. Estudio de la influencia del confinamiento vertical (sobrecarga) en la resistencia al avance de la punta.
4. Análisis de la correlación entre la resistencia al avance de la punta cónica y el valor C.B.R. del suelo a diferentes profundidades en la columna de suelo compactada, con dos energías diferentes: una baja y otra intermedia.
5. Conclusiones relacionadas con la significación estadística entre las dos variables estudiadas en el caso de suelos finos cohesivos.

---

[1] **Rodríguez y Mendoza.**, "Primera fase de un estudio de correlación entre la penetración medida con Cono Dinámico Portátil y el C.B.R. de los suelos finos". 1995

ALCANCE

en su origen,

La investigación, ha sido planificada para ser realizada en tres fases que corresponden a tres años lectivos, y de forma tal de que cada nuevo grupo de alumnos investigadores logre completar el programa de trabajo que a continuación se especifica:

Primera Fase:

1. Diseño y construcción del penetrómetro, utilizado como base el prototipo utilizado en Bélgica según la teoría del sudafricano D.J. Van Vuuren.
2. Diseño del experimento, incluyendo la escogencia de los métodos estadísticos a emplear para llevar a cabo al análisis de la bondad de ajuste del modelo matemático en estudio.
3. Diseño del procedimiento de inmersión de los modelos de laboratorio con la finalidad de lograr la saturación de los testigos.
4. Preparación de 13 pares de muestras de suelos finos, tamizados por el cedazo Nº 4 y compactadas en moldes de 6" de diámetro para ser sometidas a los ensayos C.B.R de laboratorio y de penetración con el cono dinámico diseñado para el experimento.
5. Toma de un par de muestras imperturbadas en un terraplén construido con suelo fino para ser sometido a ensayos.

6. Ejecución de ensayos de C.B.R y de penetración dinámica en la superficie de un terraplén construido con suelo fino.
7. Obtención de una primera ecuación de regresión para el estudio de la bondad de ajuste del modelo matemático.

   Log C.B.R 0 A Log (resistencia penetración) + B

8. Estudio de las fortalezas y debilidades del equipo diseñado, con fines de mejoras futuras en las siguientes fases de estudio.
9. Conclusiones preliminares y recomendaciones.

Segunda Fase

1. Modificaciones del equipo de penetración empleado en la primera fase, con la finalidad de eliminar cualquier debilidad surgida en dicha fase.
2. Obtención de una nueva ecuación de regresión
3. Análisis de la bondad de ajuste de dicha ecuación de regresión.
4. Análisis de la influencia de la profundidad en el resultado del ensayo de penetración con el cono dinámico y comparación con los C.B.R.
5. Conclusiones y recomendaciones.

Tercera Fase

1. Estudio de la influencia del porcentaje de material que pasa el cedazo 3/8" y es retenido en el cedazo # 4, en el resultado del valor C.B.R. de campo en los suelos de matriz fina.
2. Realización de un mínimo de sesenta (60) ensayos de C.B.R. en sitio y de sus correspondientes resistencias a la penetración del cono en suelos finos; a profundidades variables entre 10 y 50 centímetros a razón de dos (2) sitios por terraplén, para un total de seis (6) terraplenes.
3. Obtención de la ecuación de regresión de carácter definitivo, incluyendo el análisis de bondad de ajuste respectivo.
4. Preparación de un cuaderno de especificaciones para la realización de los ensayos de penetración dinámica en terraplenes constituídos por suelos finos.
5. Contraste estadístico de la ecuación de regresión obtenida en la fase 3 con las obtenidas en la fase 1 y 2.
6. Conclusiones y recomendaciones finales.

CAPÍTULOS 1

ASPECTOS TEÓRICOS

El ensayo de penetración dinámico con el cono operado a mano se inspira en los mismos principios que rigen en el caso del "Cone Penetration Test" (C.P.T.) realizado con un equipo pesado operado a motor.

Dicho ensayo a mano se realiza haciendo caer una masa de 11.07 kg. sobre un yunque adaptado a unas barra de 7/8" de diámetro en cuya punta se fija un cono de 1 ¼" de diámetro cuya punta tiene 60° de abertura (generatriz de 30° con respecto al eje vertical).

Los resultados de los ensayos se expresan en mm / golpe, en función de la profundidad alcanzada por el aparato.

La resistencia a la penetración, expresada en kg / cm^2 se obtiene aplicando la fórmula dinámica Holandesa, la cual relaciona la masa del martillo con la altura de caída, con el peso de las barras mas el yunque y con el área de la base de la punta cónica.

Si llamamos:

e = al rechazo, en centímetros, o penetración para un solo golpe bajo la caída de una maza desde una altura H, en centímetros;

Q = la carga en kg.

Q_d = la resistencia dinámica en bares.

M = la masa de la maza en kg.

P = la masa del varillaje en kg. (incluyendo el yunque y cono)

A = la sección de la punta en cm^2.

Tenemos, según la fórmula Holandesa:

$$e = \frac{M^2H}{Q(M+P)} \qquad \text{(cm.)}$$

$$Q = \frac{M^2H}{e(P+M)} \qquad \text{(kg.)}$$

$$Q_d = \frac{M^2H}{e(P+M)} x \frac{1}{A} \qquad \text{(bares)}$$

La información obtenida con el ensayo dinámico es de gran interés para el ingeniero vial; sin embargo, no debe ser confundida con la resistencia del suelo al esfuerzo constante, ni tampoco con la capacidad soporte del mismo; por cuanto la cifra que reporta el cono está afectada por los siguientes factores:

1.- El suelo puede refluir en torno a la punta ensanchada y aflojarse por encima de ella.

2.- Se puede obtener una valor bajo de N (número de golpes), en una arena suelta incompresible, o bien en una arcilla blanda compresible[2] .

3.- Finalmente, una parte variable y desconocida del rozamiento lateral se suma a la resistencia en la punta. Prácticamente no es posible medir por

[2] **Terzaghi.**, Zurich 1953, volumen III.

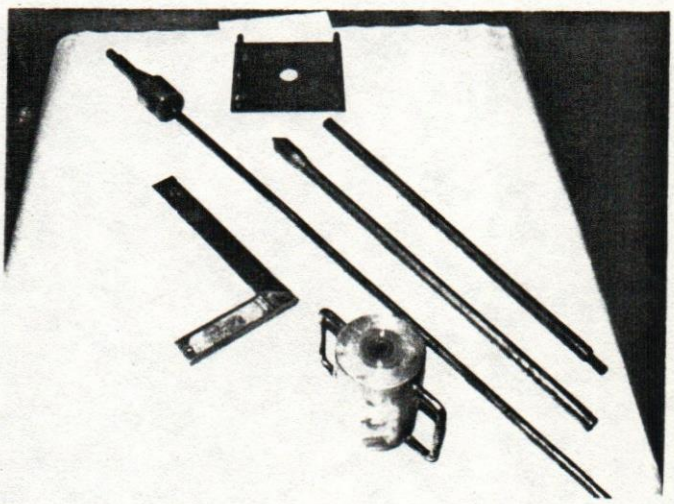
separado, durante estos ensayos, el esfuerzo en la punta y el rozamiento lateral.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL CONO DINÁMICO PORTÁTIL

El cono dinámico portátil utilizado para desarrollar esta investigación consta de las siguientes partes:

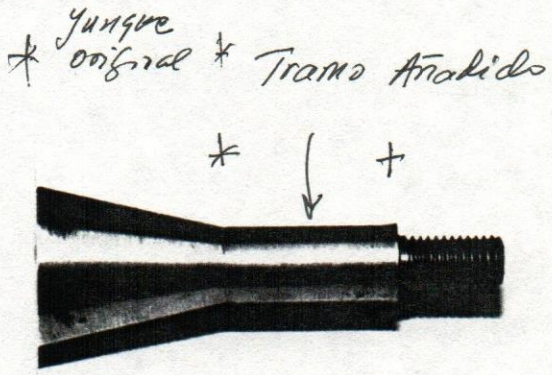
1. Base con regla graduada adaptada.
2. Clavijas de fijación.
3. Martillo con muesca.
4. Yunque.
5. Varilla inferior. Se puede utilizar más de una varilla, dependiendo de la profundidad que se desee alcanzar.
6. Varilla superior que se adosa al yunque, que sirve de guía al martillo para caer sobre el yunque y que permite fijar la altura de caída.
7. Punta cónica de acero templado, reemplazable, con ángulo de 60º, adosada a la varilla inferior.



Fotografía N- 1. Partes del Penetrómetro Dinámico

El equipo utilizado en la presente fase, presenta ciertas modificaciones con respecto al diseñado en la primera fase de esta investigación, las cuales se explicaran a continuación.

A la parte inferior del yunque se le dio continuidad, añadiéndole un tramo con igual diámetro al de la barra inferior, lográndose así tener igual inercia en la unión de las piezas.



Fotografía N- 2. Modificación del yunque

Aumento en el diámetro de las barras, pasando de 5/8" que fué el diámetro utilizado en el equipo empleado por Mendoza y Rodríguez, a 7/8", debido a que el equipo originalmente utilizado sufrió pandeo en la unión entre las dos barras al tratar de emplear dos (2) de ellas para lograr una profundidad de estudio de 90 cm.

El aumento en el diámetro de las barras trajo como consecuencia que fuera indispensable aumentar el diámetro de la base del Cono, a fin de poder adaptar este último a al punta de la barra. El diámetro de la base del Cono originalmente empleado fue de 1", mientras que el empleado en la presente investigación fué de 1 ¼".

Las dimensiones de la barra superior se mantuvieron constantes, ya que esta sólo sirve de guía para el martillo.

Con la finalidad de mantener invariable la resistencia a la penetración dinámica, dada por la fórmula Holandesa, se varió la altura de caída del martillo. Ello permitió utilizar la resistencia empleada en el trabajo realizado por Mendoza y Rodríguez.

Las dimensiones del cono quedando fijadas como sigue:

A: área de la punta (cm^2)		7.92
M: peso del martillo (kg.)		11.072
H: altura de caída		
	con un barra (cm)	70.10
	con dos barras (cm)	77.61
P: peso de		
	la barra, yunque y punta (kg.)	5.74
(caso de 2 barras inferiores)	las barras, yunque y punta (kg.)	7.54

CAPÍTULO 3

MUESTRAS DE SUELO UTILIZADAS.

3.1.- Ubicación

Se utilizaron tres muestras de suelo obtenidas de las siguientes zonas:

- Muestra M - 1: Estado Miranda. Obtenida en la Planta de Premezclado Premex, ubicada en la Urbanización Lebrum.

- Muestra M - 2: Estado Miranda. Alfarería "El Marqués", ubicada al sur de la Intercomunal Guarenas - Guatire.

- Muestra M - 3: Estado Miranda. Urbanización Casarapa, ubicada en la Intercomunal Guarenas - Guatire.

3.2.- Clasificación

Muestra M - 1:

Menos del 5 % es pasante del tamiz Nº 200, mas del 50 % es pasante del tamiz Nº 4, dando como resultado un suelo SP.

Muestra M - 2:

Mas del 50 % es pasante del tamiz Nº 200, el límite líquido menor del 50%, y el índice de plasticidad se encuentra sobre la línea "A" dando como resultado un suelo CL.

Muestra M - 3:

El pasante del tamiz Nº 200 es menor al 50 % pero mayor al 12 % y el pasante del tamiz Nº 4 es mayor al 50 %, dando como resultado un suelo SM.

CAPÍTULO 4

TRABAJOS DE LABORATORIO

4.1.- Preparación de moldes para los ensayos de cono dinámico y C.B.R.

4.1.1.- Instrumentos requeridos

- Regla de metal
- Martillo de 10 lbs.
- Balanza
- Cuchillo de enrase.

4.1.2.- Pasos para la preparación de los moldes

Se escogieron dos (2) energías de compactación diferentes; una baja y una media. La primera representa una energía de 12375 lb pie / pie^3 y la segunda 25000 lb pie / pie^3.La escogencia de estas dos (2) energías se hizo con el fin de obtener unos testigos de suelo compactados que fueran penetrados con el cono con cierta facilidad, para evitar la obtención de muestras de suelo compactada muy rígidas, difícilmente penetrables con un cono de 1 ¼" de diámetro y de 60° de abertura.

La muestra se preparó de la siguiente manera:

1. Se desmorona y se tamiza por los tamices 3/4" y Nº 4

2. Se mezclan 48 Kg. de material pasante del tamiz Nº 4 con suficiente agua para llevarlo al contenido de humedad óptima correspondiente al ensayo de Proctor cuya energía de compactación es de 12375 lb pie / pie^3; se mezclan 48 Kg. del mismo materia para llevarlo a la humedad óptima determinada por el ensayo de Proctor cuya energía de compactación es de 25000 lb pie / pie^3. Desde que se añade el agua a la muestra hasta que se realiza la compactación deben transcurrir por lo menos 24 horas. Las muestras se deben colocar en bolsas plásticas, o cualquier otro material impermeable, para impedir la pérdida de humedad antes de las compactación y lograr mantener una humedad homogénea.

4.2.- Ensayo Relación Soporte California

4.2.1.- Aparatos requeridos.

- Equipo C.B.R.
- Pesas para simular el confinamiento
- Dial extensómetro
- Dial de carga
- Molde, base perforada y collar
- Plato perforado con mango ajustable

- Disco espaciador.

4.2.2.- Preparación de los moldes.

· Se pesa un (1) molde de 6" sin collar y se mide su diámetro y altura. Se debe medir la altura del disco espaciador para que por diferencia se obtenga el volumen de compactación.

· Se compactan cuatro (4) muestras, con el martillo de 10 lbs. y 1,5 pies de caída, colocando el disco espaciador en el fondo del molde, de la siguiente manera:

- Se compactan 24 kg. de la muestra a la humedad óptima con 12 golpes por capa y 5 capas, proporcionando una energía de compactación de 12244.90 lbs pie / pie^3.

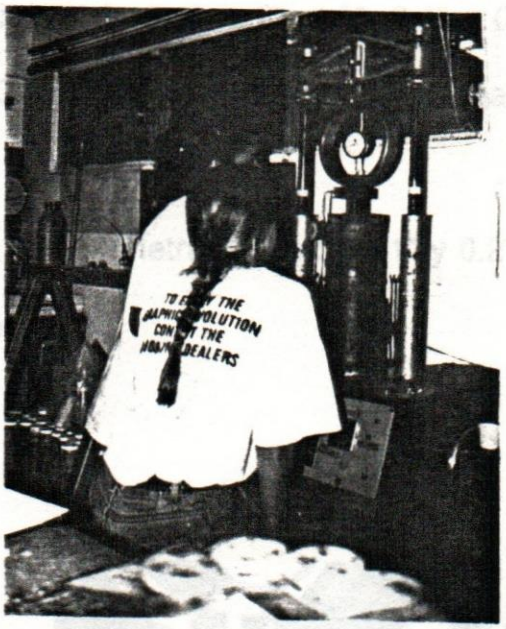
Fotografía N- 3. Compactación de los molde

- Se compactan 24 kg. de la muestra a la humedad óptima con 25 golpes por capa y 5 capas, proporcionando una energía de compactación de 24867.37 lbs pie / pie^3.

la superficie de la muestra. Luego continuar bajando el gato, pero ahora en forma manual, hasta que el dial de carga se mueva una división; en este momento colocarlo en cero.

· Ajustar el extensómetro que mide las deformaciones y verificar que la lectura esté en cero.

· Aplicar la carga a una velocidad de penetración de (0.05 +/- 0.005) pulgadas por minuto. La velocidad de aplicación de carga se controla midiendo el tiempo con un cronómetro. Las lecturas de cargas se deben hacer a los 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0 y 10.0 minutos.

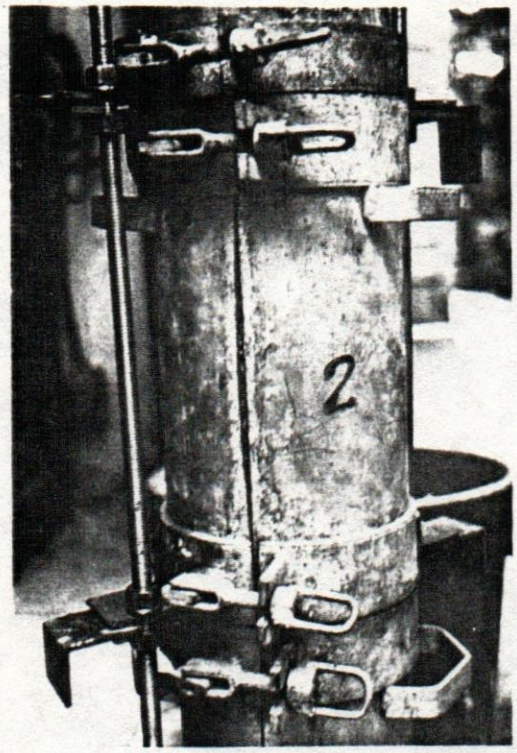


Fotografía N- 5. Ensayo de C.B.R.

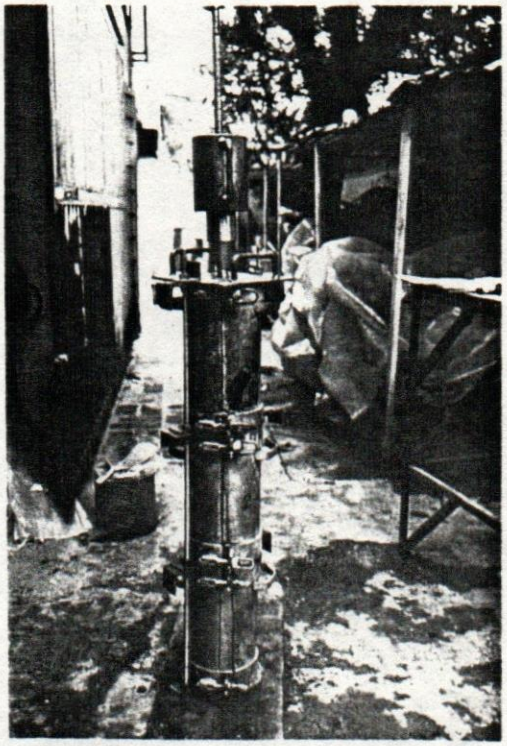
· Descargar el gato hidráulico, retirar la sobrecarga y desajustar el molde.

· Tomar una pequeña muestra en la parte penetrada del tope del molde, para determinar su contenido de humedad.

· Graficar una curva de carga contra penetración. Si la curva es uniforme, se calcula directamente la carga para las penetraciones de 0.1" y 0.2". Si la curva posee un punto de inflexión se debe dibujar una línea tangente a dicho punto e intersectarla con el eje de las absisas (penetración en pulgadas) para obtener así el cero corregido. Luego leer correctamente los valores de



Fotografía N- 7. Detalle de la Torre.



Fotografía N- 8. Ensayo con el Cono

· Se compacta el suelo en la torre, con el martillo de 10 lbs. y 1,5 pies de caída, de la siguiente manera:

- Se compactan 24 kg. de la muestra a la humedad óptima con 31 golpes por capa y 15 capas, proporcionando una energía de compactación de 12781.82 lbs pie / pie^3.
- Se compactan 24 kg. de la muestra a la humedad óptima con 45 golpes por capa y 21 capas, proporcionando una energía de compactación de 25164.21 lbs pie / pie^3.

La última capa debe extenderse como mínimo media pulgada dentro del anillo y cada capa debe ser de 1" de espesor aproximadamente.

· Se remueve el collar de la torre; con un cuchillo enrasar el molde y chequear con una regla de metal.

· Se ajusta el molde al soporte rígido y colocar la base con regla sobre el soporte.

· Se Introduce el cono por la base en posición vertical hasta que la punta toque la muestra verificando que quede en el centro del molde

· Se Introduce el martillo cuidadosamente por la barra superior guía hasta que toque el yunque y se toma la primera lectura con la ayuda de la escuadra de metal.

· Se levanta el martillo hasta la altura determinada por la fórmula holandesa y dejarlo caer contando el número de golpes (N) que se necesitan para penetrar 100 mm.

· Se toman penetraciones cada 100 mm. hasta totalizar 900 mm.

· El resultado del ensayo viene expresado en mm/golpe mediante la siguiente expresión:

$$\text{mm / golpe} = \frac{\text{Avance de la punta}}{\text{Numero de golpes}}$$

El avance se mantuvo entre 100 mm. +/- 10 mm.

4.4.- Resumen de los resultados obtenidos en los ensayos realizados en el laboratorio. (ver tabla Nº 1)

CAPÍTULO 5

ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos al avanzar la punta cónica en la torre se muestran en los gráficos profundidad vs golpes. Del análisis de estos gráficos se observa claramente una diferencia entre los resultados obtenidos al ser ensayado en la arena y en la arcilla.

Se observa en los gráficos correspondientes a la arcilla (anexo N° 5), que hay poca variación en el número de golpes requeridos para penetrar en las diferentes profundidades. Las variaciones existentes pueden atribuirse a la fricción que se desarrolla en la barra debido a su inclinación durante la penetración.

En el caso de las arcillas se puede observar que la fórmula Holandesa es aplicable para determinar la resistencia al avance del cono, y que dicha resistencia es independiente del confinamiento lateral.

En este caso, la adición de una barra para alcanzar la profundidad deseada de 900 mm, no produce alteraciones del gráfico profundidad vs resistencia al avance del cono expresado en mm / golpe.

En forma contraria, se observa en las arenas un aumento del número de golpes para penetrar a mayor profundidad (anexos N° 4 y N° 6). La adición

de la barra para lograr una mayor profundidad produce un salto negativo en la gráfica de profundidad vs resistencia al avance del cono.

Esto puede decir que la fórmula Holandesa no funciona bien en las arenas y que el término (M + P) del denominador no permite determinar con precisión la altura de caída del martillo para lograr una pendiente constante de la gráfica.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Con el fin de determinar una correlación entre el C.B.R. en sitio y el número de golpes necesarios para un avance de aproximadamente 100 mm. de la punta cónica se realizó un estudio estadístico basado en el programa ABSTAT.

Para determinar si la ecuación resultante es predictora, se van a analizar las pruebas de F de Fisher y t de Student.

A continuación se presentan las correlaciones obtenidas en las diferentes corridas del programa:

La primera corrida se realizó tomando en cuenta los valores obtenidos al ensayar el penetrómetro en arena lavada, arena limosa y arcilla con sus C.B.R. correspondientes (anexo N° 7).

$$LOG(C.B.R.) = -0.201441 * LOG(mm / golpes) + 1.47426$$

F = 3.13919

t = -1.77178

Número de datos = 15

La segunda corrida se realizó tomando en cuenta los valores obtenidos al ensayar el penetrómetro en arena lavada y arena limosa con sus C.B.R. correspondientes (anexo N° 8).

$$LOG(C.B.R.) = -0.204476 * LOG(mm / golpes) + 1.46904$$

F = 0.965330

t = -0.982512

Número de datos = 10

La tercera corrida se realizó tomando en cuenta los valores obtenidos al ensayar el penetrómetro en la arcilla con sus C.B.R. correspondientes (anexo N° 9).

$$LOG(C.B.R.) = -0.379130 * LOG(mm / golpes) + 1.66953$$

F = 25.0403

t = -5.00403

Número de datos = 6

Basados en el criterio de verificación de extremos[3] se eliminó un punto de ejecución dudosa quedando la curva como sigue (anexo N- 10):

$$LOG(C.B.R.) = -0.373164 * LOG(mm / golpes) + 1.65455$$

F = 111.628

[3] **Centeno W., Roberto.**, "Inspección y control de obras civiles". Editorial Vega. 1982

t = -10.5654

Número de datos = 5

Aparentemente la ecuación de regresión para cinco (5) casos válidos es mejor predictor que la ecuación para seis (6) casos válidos; para asegurarnos de que esto es cierto se realiza una comparación de dos líneas de regresión simple utilizando el programa LABY-9, diseñado por el Tutor.

En el anexo N° 11 (corrida del programa LABY-9) se puede constatar que no existe diferencia significativa entre ambas ecuaciones de regresión, por lo cual se adopta como ecuación definitiva la correspondiente a cinco casos válidos.

Puede observarse que las curvas arrojadas por las corridas primera y segunda no pueden ser consideradas como predictores satisfactorios ya que no cumplen con:

1. El valor de F de Fisher debe ser al menos cuatro veces mayor que el valor F límite determinado para un nivel de significación del 5 %.
2. El valor "t" de Student obtenido para un nivel de significación del 5 % por dos colas, debe ser mayor que el valor límite.

Las curvas arrojadas por la tercera y cuarta corrida si cumplen con los parámetros antes establecidos por lo que se consideran predictores satisfactorios.

Del análisis presentado se deduce que la correlación entre el C.B.R. y el penetrómetro solo resulta satisfactoria cuando éste es empleado en suelos finos.

$$CBR=10^{-0,373164*\log(mm/golpe) + 1,65455}$$

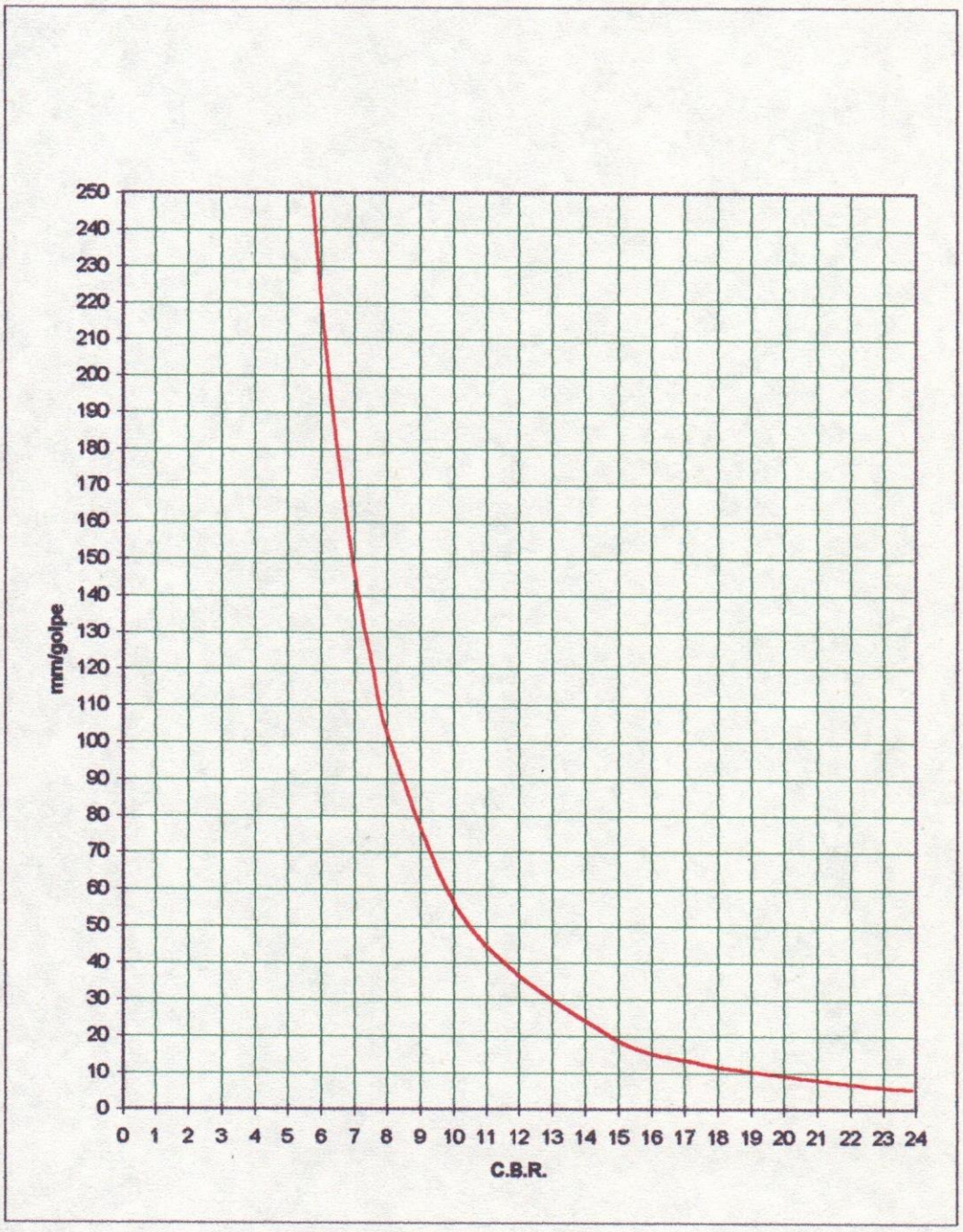


Grafico Nº 1. Relación entre la resistencia en la punta del cono dinámico y el C.B.R.
(para 5 casos validos)

PLANILLA RESUMEN (Tabla N° 1)

MUESTRA		LABORATORIO		
		M - 1	M - 2	M - 3
PROCEDENCIA		Dto. Federal	Guatire	Guatire
CLASIFICACION		SP	CL	SM
Granulometria (% Pasante)	#4	75,29	99,54	63,22
	#10	53,43	98,87	59,09
	#40	21,84	97,47	47,19
	#100	6,02	94,75	35,94
	#200	3,68	91,10	27,31
Limites de Atterberg	L.L (%)	no tiene	48,26	no tiene
	L.P (%)	no tiene	23,60	no tiene
	I.P (%)	no tiene	24,66	no tiene
Valor azul (gr / 100gr)		0,51	5,9	0,56
I.N.		11,47	31,38	4,7
Ec: 12375 lb pie/pie^3	Wop (%)	5	16	11,6
	DMS (kg/m^3)	-	1810	2000
Ec: 25000 lb pie/pie^3	Wop (%)	5	-	10,8
	DMS (kg/m^3)	-	-	2040
Ec: 33000 lb pie/pie^3	Wop (%)	-	13	-
	DMS (kg/m^3)	-	1908	-

PLANILLA RESUMEN (TABLA N- 2)

	mm / golpe	Log (mm/golpe)	C.B.R.	Log C.B.R.
ARENA Ec: 12781,82 lb pie / pie^3	7,6923	0,88606	17,30	1,23805
	4,7619	0,67778	-	-
	3,8462	0,58503	-	-
	3,6667	0,56427	21,00	1,32222
	2,8485	0,45461	-	-
	2,5641	0,40894	-	-
	3,2424	0,51087	17,66	1,24699
	2,8333	0,45230	-	-
ARENA Ec: 25164,21 lb pie / pie^3	4,1667	0,61979	31,33	1,49596
	2,1277	0,32790	-	-
	1,6290	0,21193	-	-
	1,5000	0,17609	32,67	1,51415
	1,4559	0,16313	-	-
	1,4429	0,15922	-	-
	2,2444	0,35111	30,00	1,47712
	2,0204	0,30544	-	-
ARCILLA Ec: 12781,82 lb pie / pie^3	13,1250	1,11810	17,67	1,24724
	11,7778	1,07106	-	-
	12,6250	1,10123	-	-
	13,3750	1,12629	17,33	1,23880
	10,0000	1,00000	-	-
	10,4000	1,01703	-	-
	11,1111	1,04576	17,68	1,24748
	8,9091	0,94983	-	-
ARCILLA Ec: 25164,21 lb pie / pie^3	8,9091	0,94983	22,67	1,35545
	6,2500	0,79588	-	-
	6,1250	0,78711	-	-
	6,3750	0,80448	22,33	1,34889
	5,2632	0,72125	-	-
	5,1053	0,70802	-	-
	5,5000	0,74036	24,33	1,38614
	5,0000	0,69897	-	-
ARENA LIMOSA Ec: 12781,82 lb pie / pie^3	6,8667	0,83675	15,67	1,19507
	6,6875	0,82526		
	5,7647	0,76078		
	5,2000	0,71600	14,00	1,14613
	5,1429	0,71120		
	4,7727	0,67877		
	4,7727	0,67877		
	4,3750	0,64098		
ARENA LIMOSA Ec: 25164,21lbpie/pie^3	7,8333	0,89395	29,67	1,47232
	5,7222	0,75756		
	4,5217	0,65531	30,67	1,48671
	2,7105	0,43305	19,33	1,28623
	2,1489	0,33222		
	3,2813	0,51604		
	2,2391	0,35008	19,33	1,28623

CONCLUSIONES

Esencialmente dos factores fueron estudiados en el presente trabajo:

1. Influencia del confinamiento vertical (sobrecarga) causado por la sobrecarga vertical sobre la resistencia al avance de la punta cónica en suelos arenosos
2. Influencia del confinamiento lateral causado por la sobrecarga vertical sobre la resistencia al avance de la punta cónica en suelos arcillosos.

De los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio y de los análisis estadísticos se concluyó lo siguiente:

1. No se consiguió que existiese un efecto de confinamiento vertical producto de las capas superiores en suelos constituidos por arcillas. De existir alguna diferencia entre los resultados del penetrómetro (número de golpes), esto se puede explicar por la fricción que se desarrolla en la barra debido a su inclinación durante su penetración.
2. Sí existe un efecto de confinamiento en los suelos constituidos por arenas.
3. No se consiguió ninguna correlación entre los valores de C.B.R y los valores del penetrómetro cuando este se emplea en suelos constituidos por arenas. Esto se explica por la existencia del efecto de confinamiento.

4. Se validó la correlación entre los valores de C.B.R. y los valores del penetrómetro cuando este se emplea en suelos constituidos por arcilla.

$$LOG(C.B.R.) = -0.373164*LOG(mm / golpe) + 1.65455$$

5. Se determinó que la fórmula Holandesa utilizada para el cálculo de la altura de caída del martillo no es satisfactoria cuando se le coloca la barra de extensión al penetrómetro, siendo necesario realizar una corrección debido a los efectos del confinamiento vertical en el caso de las arenas.

Aun cuando no se consiguió una correlación en arenas, entre el C.B.R. y el penetrómetro, éste funciona como un estimador de la compacidad de los suelos inferiores, ya que al existir una disminución en el número de golpes puede interpretarse como una disminución de la densidad.

RECOMENDACIONES

Para el óptimo empleo del Cono de Penetración Dinámico, debe tomarse en cuenta, que es necesario tener un estudio previo de los diferentes tipos de suelos en los cuales se desean realizar los ensayos, ya que solo se obtendrá un valor equivalente de C.B.R. si el equipo es empleado en suelos finos, y debido a que una disminución en el número de golpes puede ser causada tanto por una disminución de la densidad como por un cambio del material de la sub-rasante.

Se debe realizar un estudio de la validez de la fórmula Holandesa, en el cálculo de la altura de caída del martillo cuando se desee emplear el penetrómetro con la barra de extensión en suelos arenosos.

Si se desea emplear el equipo para realizar estudios en terraplenes constituidos por suelos finos y con capas de pavimento existente, no es necesaria la remoción de una franja del pavimento, debido a que no existe un efecto de confinamiento vertical. Se recomienda realizar una perforación cilíndrica de diámetro suficiente en las capas superiores de la estructura del pavimento para lograr el paso de la punta cónica, con lo cual se logra una reducción de los costos.

Para poder lograr una curva de correlación entre el C.B.R. y el penetrómetro cuando éste es empleado en suelos arenosos debe realizarse una

corrección, por la influencia de la profundidad. Dicha correlación será estudiada en la tercera fase de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Rodríguez y Mendoza., "Primera fase de un estudio de correlación entre la penetración medida con Cono Dinámico Portátil y el C.B.R. de los suelos finos". 1995

Terzaghi., Zurich 1953, volumen III.

Centeno W., Roberto., "Inspección y control de obras civiles". Editorial Vega. 1982

Sanglerat, G., "El Penetrómetro y el Reconocimiento de los Suelos". 1977

BIBLIOGRAFíA

Celso T. Ugas F., "Ensayos de laboratorio en mecánica de suelos". Mayo 1977.

Centeno W., Roberto., "Inspección y control de obras civiles". Editorial Vega. 1982.

Chou, Ya-Lun., "Análisis Estadístico". Segunda Edición, Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V.

De Beer, E. E. (1970). Géotechnique 20, N- 4

Freund y Walpole., "Estadística Matemática con aplicaciones". Cuarta Edición, Editorial Prentice-Hall. 1990.

Jiménez Salas, De Justo Alpañes y Serrano Gonzales., "Geotécnica y cimientos II". Editorial Rueda. 1976.

Jouranl of the Geotechnical, Engineering Division. Vol. 105 N° GT1, Jan 1979

Lambe., "Mecánica de suelo". Décima Edición, Editorial Limusa, 1994.

Rodríguez y Mendoza., "Primera fase de un estudio de correlación entre la penetración medida con Cono Dinámico Portátil y el C.B.R. de los suelos finos". 1995

Sanglerat, G., "El Penetrómetro y el Reconocimiento de los Suelos". 1977

TESIS
TC996
S38
V.2

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

"SEGUNDA FASE DE UN ESTUDIO DE CORRELACIÓN ENTRE LA PENETRACIÓN MEDIDA CON EL CONO DINÁMICO PORTÁTIL Y EL C.B.R. DE LOS SUELOS FINOS". TOMO I I. ANEXOS.

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: Veinte (20) puntos

JURADO EXAMINADOR

Firma: Nombre:

Firma: Nombre:

Firma: Nombre:

REALIZADO POR Br. Andreina Sánchez M.
Br. María Isabel Vásquez

PROFESOR GUIA Ing. Roberto Centeno W.

FECHA 25 de Octubre de 1996

Límites de significancia de la distribución de Student* $\nu = 1 - 50$

$P = P$ (derecha) = integral de infinito a t. P (izquierda) = P (derecha)

(Continuación)

$2P$	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.025	0.02	0.01	0.005	0.001
P	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.0125	0.01	0.005	0.0025	0.0005
ν											
1	1.0000	1.376	1.963	3.078	6.3138	12.706	25.452	31.821	63.657	127.32	636.619
2	0.8165	1.061	1.386	1.886	2.9200	4.3027	6.2053	6.965	9.9248	14.089	31.598
3	0.7649	0.978	1.250	1.638	2.3534	3.1825	4.1765	4.541	5.8409	7.4533	12.924
4	0.7407	0.941	1.190	1.533	2.1318	2.7764	3.4954	3.747	4.6041	5.5976	8.610
5	0.7267	0.920	1.156	1.476	2.0150	2.5706	3.1634	3.365	4.0321	4.7733	6.869
6	0.7176	0.906	1.134	1.440	1.9432	2.4469	2.9687	3.143	3.7074	4.3168	5.959
7	0.7111	0.896	1.119	1.415	1.8946	2.3646	2.8412	2.998	3.4995	4.0293	5.408
8	0.7064	0.889	1.108	1.397	1.8595	2.3060	2.7515	2.896	3.3554	3.8325	5.041
9	0.7027	0.883	1.100	1.383	1.8331	2.2622	2.6850	2.821	3.2498	3.6897	4.781
10	0.6998	0.879	1.093	1.372	1.8125	2.2281	2.6338	2.764	3.1693	3.5814	4.587
11	0.6975	0.876	1.088	1.363	1.7959	2.2010	2.5931	2.718	3.1058	3.4966	4.437
12	0.6955	0.873	1.083	1.356	1.7823	2.1788	2.5600	2.681	3.0545	3.4284	4.318
13	0.6938	0.870	1.079	1.350	1.7709	2.1604	2.5326	2.650	3.0123	3.3725	4.221
14	0.6924	0.868	1.076	1.345	1.7613	2.1448	2.5096	2.624	2.9768	3.3257	4.140
15	0.6912	0.866	1.074	1.341	1.7530	2.1315	2.4899	2.602	2.9467	3.2860	4.073
16	0.6901	0.865	1.071	1.337	1.7459	2.1199	2.4729	2.583	2.9208	3.2520	4.015
17	0.6892	0.863	1.069	1.333	1.7396	2.1098	2.4581	2.567	2.8982	3.2225	3.965
18	0.6884	0.862	1.067	1.330	1.7341	2.1009	2.4450	2.552	2.8784	3.1966	3.922
19	0.6876	0.861	1.066	1.328	1.7291	2.0930	2.4334	2.539	2.8609	3.1737	3.883
20	0.6870	0.860	1.064	1.325	1.7247	2.0860	2.4231	2.528	2.8453	3.1534	3.850
21	0.6864	0.859	1.063	1.323	1.7207	2.0796	2.4138	2.518	2.8314	3.1352	3.819
22	0.6858	0.858	1.061	1.321	1.7171	2.0739	2.4055	2.508	2.8188	3.1188	3.792
23	0.6853	0.858	1.060	1.319	1.7139	2.0687	2.3979	2.500	2.8073	3.1040	3.767
24	0.6849	0.857	1.059	1.318	1.7109	2.0639	2.3910	2.492	2.7969	3.0905	3.745
25	0.6844	0.856	1.058	1.316	1.7081	2.0595	2.3846	2.485	2.7874	3.0782	3.725
26	0.6841	0.856	1.058	1.315	1.7056	2.0555	2.3788	2.479	2.7787	3.0669	3.707
27	0.6837	0.855	1.057	1.314	1.7033	2.0518	2.3734	2.473	2.7707	3.0565	3.690
28	0.6834	0.855	1.056	1.313	1.7011	2.0484	2.3685	2.467	2.7633	3.0469	3.674
29	0.6830	0.854	1.055	1.311	1.6991	2.0452	2.3638	2.462	2.7564	3.0380	3.659
30	0.6828	0.854	1.055	1.310	1.6973	2.0423	2.3596	2.457	2.7500	3.0298	3.646
31	0.6825	0.8535	1.0541	1.3095	1.6955	2.0395	2.3556	2.453	2.7441	3.0222	3.6338
32	0.6823	0.8531	1.0536	1.3086	1.6939	2.0370	2.3519	2.449	2.7385	3.0150	3.6221
33	0.6820	0.8527	1.0531	1.3078	1.6924	2.0345	2.3484	2.445	2.7333	3.0083	3.6111
34	0.6818	0.8524	1.0526	1.3070	1.6909	2.0323	2.3451	2.441	2.7284	3.0020	3.6011
35	0.6816	0.8521	1.0521	1.3062	1.6896	2.0301	2.3420	2.438	2.7239	2.9962	3.5915
36	0.6814	0.8518	1.0516	1.3055	1.6883	2.0281	2.3391	2.434	2.7195	2.9905	3.5824
37	0.6812	0.8515	1.0512	1.3049	1.6871	2.0262	2.3364	2.431	2.7155	2.9853	3.5741
38	0.6810	0.8512	1.0508	1.3042	1.6860	2.0244	2.3338	2.428	2.7116	2.9804	3.5661
39	0.6808	0.8510	1.0504	1.3037	1.6849	2.0227	2.3313	2.426	2.7079	2.9757	3.5586
40	0.6807	0.8507	1.0501	1.3031	1.6839	2.0211	2.3290	2.423	2.7045	2.9713	3.5511
41	0.6805	0.8505	1.0498	1.3026	1.6829	2.0196	2.3268	2.421	2.7012	2.9671	3.5446
42	0.6804	0.8503	1.0494	1.3020	1.6820	2.0181	2.3247	2.418	2.6981	2.9631	3.5383
43	0.6803	0.8501	1.0491	1.3016	1.6811	2.0167	2.3226	2.416	2.6952	2.9592	3.5323
44	0.6801	0.8499	1.0488	1.3011	1.6802	2.0154	2.3207	2.414	2.6923	2.9556	3.5264
45	0.6800	0.8497	1.0485	1.3007	1.6794	2.0141	2.3189	2.412	2.6896	2.9522	3.5207
46	0.6799	0.8495	1.0483	1.3002	1.6787	2.0129	2.3172	2.410	2.6870	2.9489	3.5153
47	0.6798	0.8494	1.0480	1.2998	1.6779	2.0118	2.3155	2.408	2.6846	2.9457	3.5104
48	0.6796	0.8492	1.0478	1.2994	1.6772	2.0106	2.3139	2.406	2.6822	2.9427	3.5053
49	0.6795	0.8490	1.0476	1.2991	1.6766	2.0096	2.3124	2.405	2.6800	2.9398	3.5010
50	0.6794	0.8489	1.0473	1.2987	1.6759	2.0086	2.3109	2.403	2.6778	2.9370	3.4965

Límites de significancia de la distribución F[1] P = 0.05
$P = P$(derecha) = integral de infinito a F

ν_2 \ ν_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161.44	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	3.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.23	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.21	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
46	4.05	3.20	2.81	2.57	2.42	2.30	2.22	2.15	2.09	2.04	2.00	1.97	1.94	1.91	1.89
48	4.04	3.19	2.80	2.57	2.41	2.29	2.21	2.14	2.08	2.03	1.99	1.96	1.93	1.90	1.88
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97	1.93	1.89	1.86	1.84	1.81
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32	2.20	2.11	2.04	1.99	1.94	1.90	1.86	1.83	1.80	1.78
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.96	1.91	1.87	1.83	1.80	1.77	1.75
150	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.79	1.76	1.73
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	2.06	1.98	1.93	1.88	1.84	1.80	1.77	1.74	1.72
300	3.87	3.03	2.63	2.40	2.24	2.13	2.04	1.97	1.91	1.86	1.82	1.78	1.75	1.72	1.70
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69
1000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.11	2.02	1.95	1.89	1.84	1.80	1.76	1.73	1.70	1.68

PROYECTO: CONO DINÁMICO PORTÁTIL

CALIBRACIÓN					
1- DIÁMETRO BARRA SUPERIOR	(pulg) :	5/8	10- DIÁMETRO MENOR CONO PUNTA:		7/8
2- LONGITUD BARRA SUPERIOR	(cm) :	102	11- DIÁMETRO MAYOR CONO PUNTA:		1 1/4
3- DIÁMETRO DEL YUNQUE	(cm) :	6	12- DIÁMETRO DE LA PUNTA	(pulg) :	1 1/4
4- ALTURA DEL YUNQUE	(cm) :	6,08	13- ALTURA CILINDRO PUNTA	(cm) :	4,1
5- DIÁMETRO MAYOR YUNQUE	(cm) :	5	14- ÁNGULO ÁPICE PUNTA	(grados) :	60
6- DIÁMETRO MENOR YUNQUE	(cm) :	7/8	15- PESO DEL MARTILLO	(kg) :	11,072
7- ALTURA CONO YUNQUE	(cm) :	6	16- PESO ESP. DEL ACERO	(kg/cm^3) :	7,85
8- DIÁMETRO BARRA INFERIOR	(pulg) :	7/8	17- RESISTENCIA DE PUNTA	(kg/cm^2) :	64,54
9- LONGITUD BARRA INFERIOR	(cm) :	60	18- NÚMERO DE BARRAS	(adim.) :	1

$$Rd = \frac{1 \times (M^2) \times H}{X \; A \times (M + P)}$$

donde :

Rd	restistencia de punta	(kg/cm^2) :	64,54	
M	peso martillo	(kg) :	11,07	
X	penetración	(cm) :	1,00	
A	área de la punta	(cm^2) :	7,92	
P	peso barra superior	(kg) :	1,58	
	peso yunque	(kg) :	1,97	P total (kg) : 5,74
	peso barras inferiores	(kg) :	1,80	
	peso de punta	(kg) :	0,39	
H	**altura de caida**	**(cm) :**	**70,10**	1 barra(s)

PROYECTO: CONO DINÁMICO PORTÁTIL

CALIBRACIÓN					
1- DIÁMETRO BARRA SUPERIOR	(pulg) :	5/8	10- DIÁMETRO MENOR CONO PUNTA:		7/8
2- LONGITUD BARRA SUPERIOR	(cm) :	102	11- DIÁMETRO MAYOR CONO PUNTA:		1 1/4
3- DIÁMETRO DEL YUNQUE	(cm) :	6	12- DIÁMETRO DE LA PUNTA	(pulg) :	1 1/4
4- ALTURA DEL YUNQUE	(cm) :	6,08	13- ALTURA CILINDRO PUNTA	(cm) :	4,1
5- DIÁMETRO MAYOR YUNQUE	(cm) :	5	14- ÁNGULO ÁPICE PUNTA	(grados) :	60
6- DIÁMETRO MENOR YUNQUE	(cm) :	7/8	15- PESO DEL MARTILLO	(kg) :	11,072
7- ALTURA CONO YUNQUE	(cm) :	6	16- PESO ESP. DEL ACERO	(kg/cm^3) :	7,85
8- DIÁMETRO BARRA INFERIOR	(pulg) :	7/8	17- RESISTENCIA DE PUNTA	(kg/cm^2) :	64,54
9- LONGITUD BARRA INFERIOR	(cm) :	60	18- NÚMERO DE BARRAS	(adim.) :	2

$$\mathbf{Rd= \frac{1 \times (M^2) \times H}{X\ A \times (M + P)}}$$

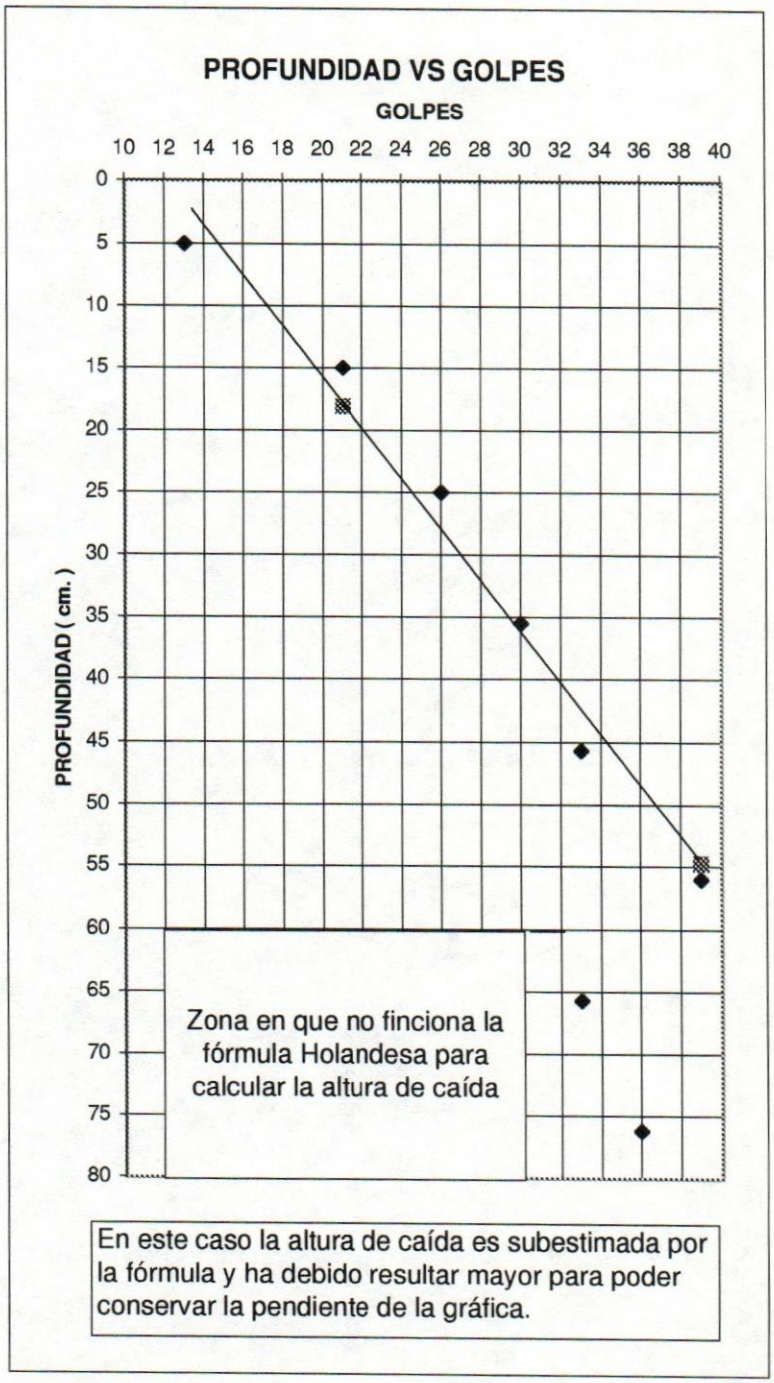
donde :

Rd	restistencia de punta	(kg/cm^2) :	64,54		
M	peso martillo	(kg) :	11,07		
X	penetración	(cm) :	1,00		
A	área de la punta	(cm^2) :	7,92		
P	peso barra superior	(kg) :	1,58		
	peso yunque	(kg) :	1,97	P total (kg) :	7,54
	peso barras inferiores	(kg) :	1,80		
	peso de punta	(kg) :	0,39		
H	**altura de caida**	**(cm) :**	**77,58**		2 barra(s)

ARENA

Ec: 12781,82 lb pie / pie^3

Profundidad cm.	N- golpes
5	13
15	21
25	26
35,5	30
45,7	33
55,4	39
65,75	33
76,2	36

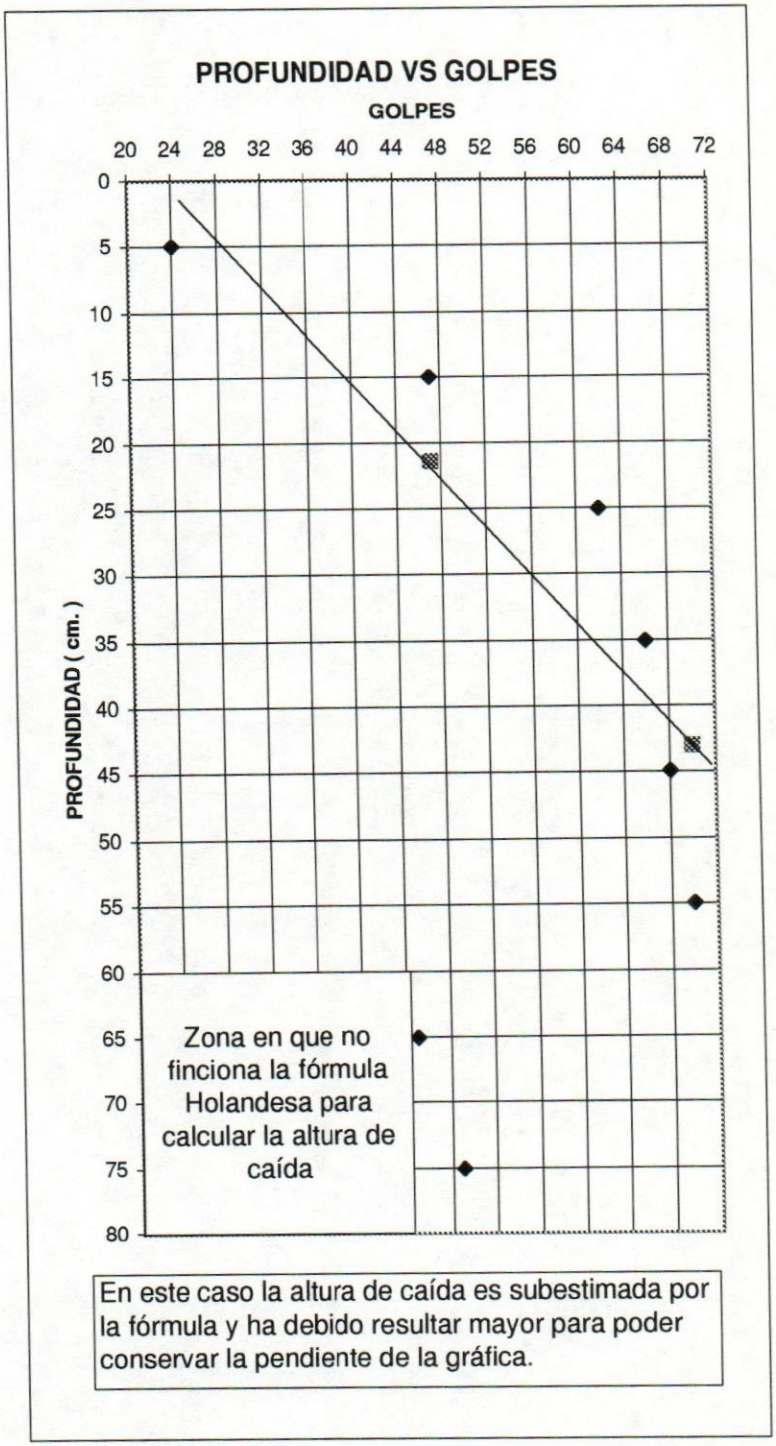


Nota: Casillas sombreadas, intervienen dos barras.

ARENA

Ec: 25164,21 lb pie / pie^3

Profundidad cm.	N- golpes
5	24
15	47
25,05	62
35,05	66
44,95	68
54,95	70
65,05	45
75,05	49



Nota: Casillas sombreadas, intervienen dos barras.

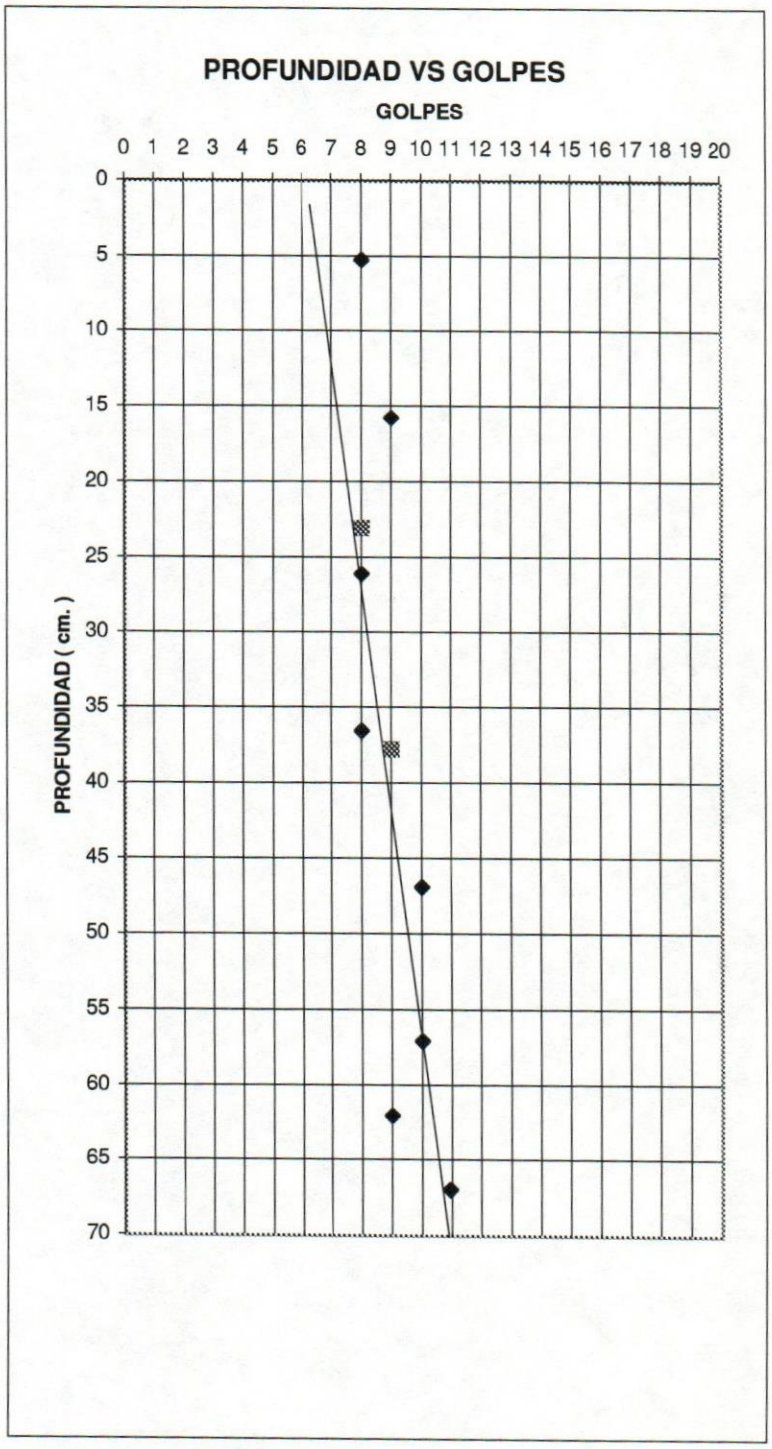
ANEXO 5

CURVAS PROFUNDIDAD VS GOLPES EN ARCILLA

ARCILLA

Ec: 12781,82 lb pie / pie^3

Profundidad cm.	N- golpes
5,25	8
15,8	9
26,15	8
36,55	8
46,9	10
57,1	10
62,1	9
67	11

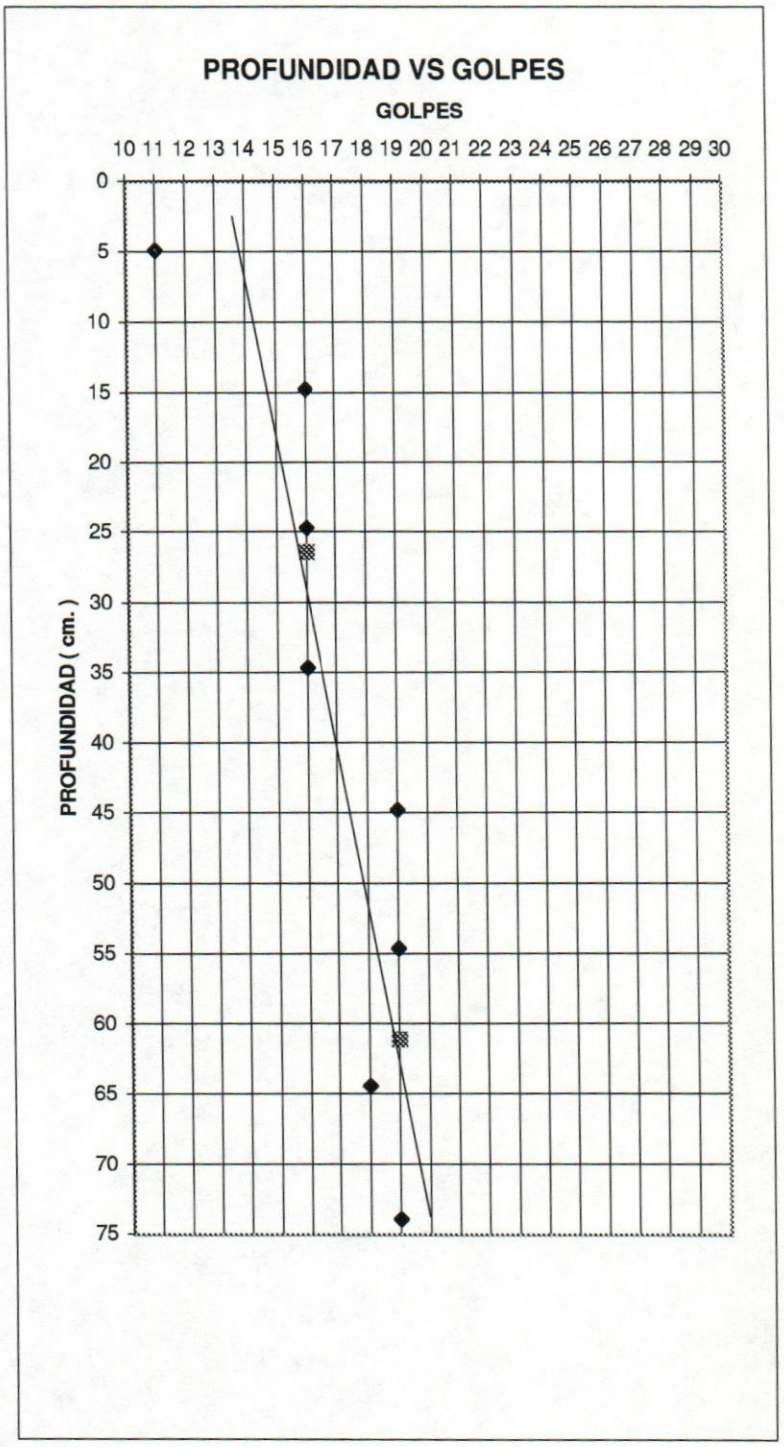


Nota: Casillas sombreadas, intervienen dos barras.

ARCILLA

Ec: 25164,21 lb pie / pie^3

Profundidad cm.	N- golpes
4,9	11
14,8	16
24,7	16
34,7	16
44,8	19
54,65	19
64,45	18
73,95	19



Nota: Casillas sombreadas, intervienen dos barras.

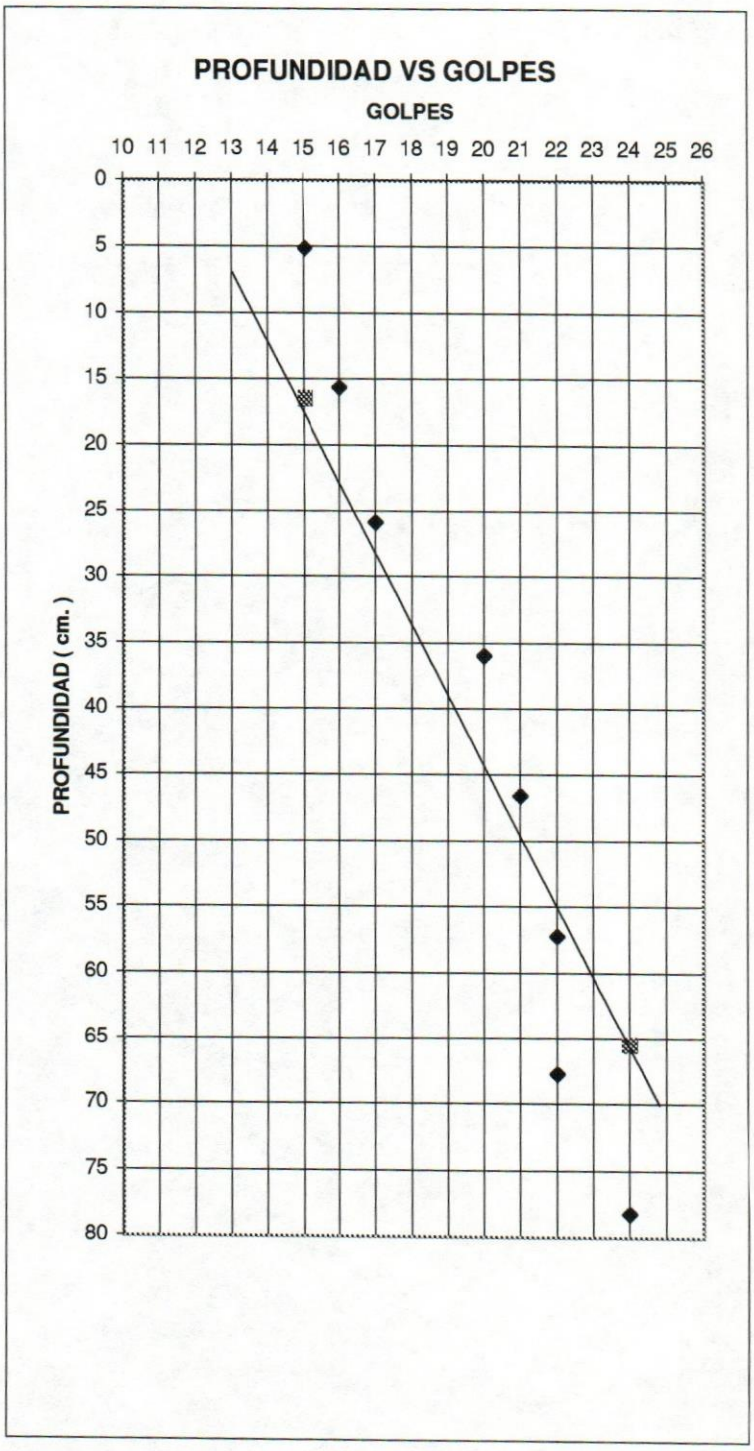
ANEXO 6

CURVAS PROFUNDIDAD VS GOLPES EN ARENA LIMOSA

ARENA LIMOSA

Ec: 12781,82 lb pie / pie^3

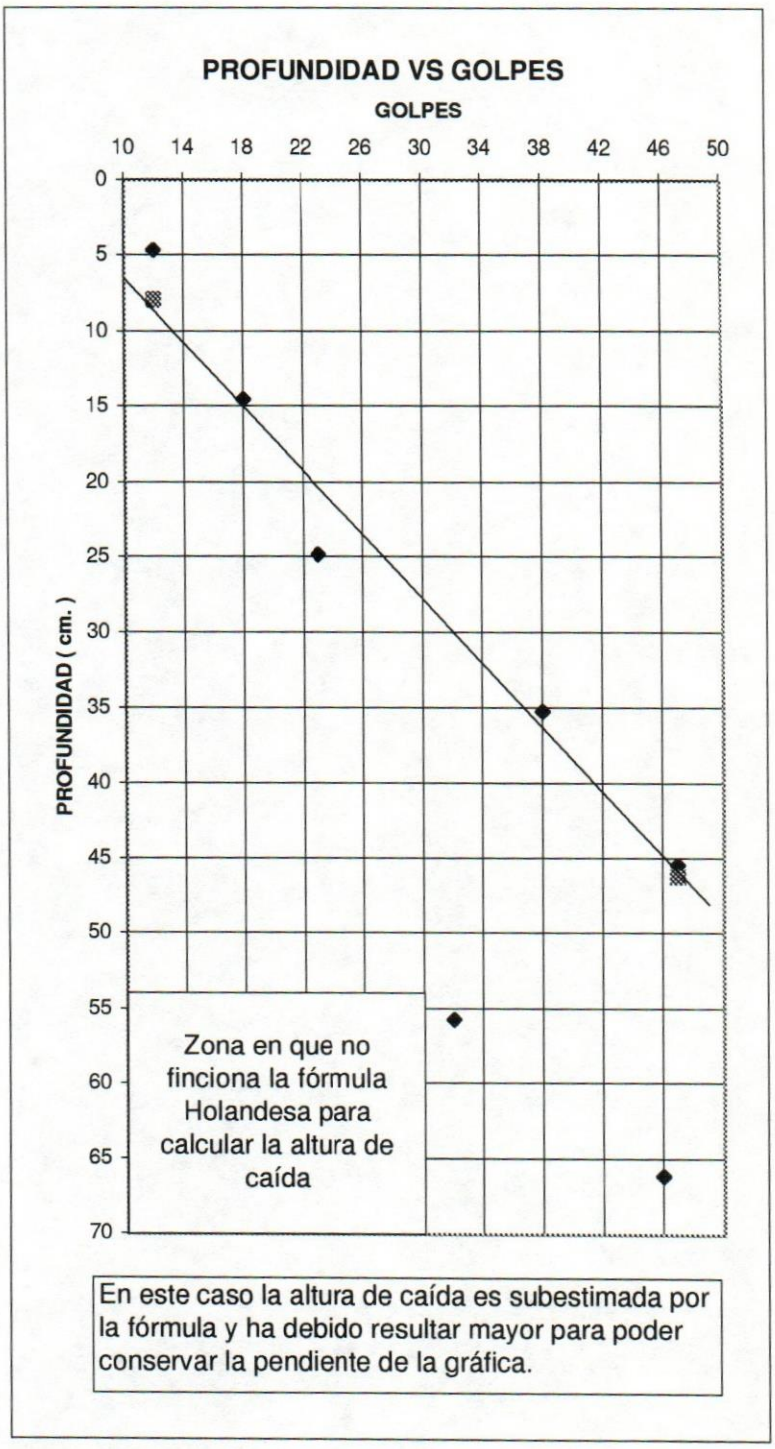
Profundidad cm.	N- golpes
5,15	15
15,65	16
25,9	17
36	20
46,6	21
57,25	22
67,75	22
78,25	24



ARENA LIMOSA

Ec: 25164,21 lb pie / pie^3

Profundidad cm.	N- golpes
4,7	12
14,55	18
24,9	23
35,25	38
45,45	47
55,75	32
66,15	46



Nota: Casillas sombreadas, intervienen dos barras.

ANEXO 7

CORRIDA DEL PROGRAMA ABSTAT PARA OBTENER UNA REGRESIÓN LINEAL UTILIZANDO 15 CASOS VÁLIDOS

```
WHICH COMMAND? PRINT
WHICH VARIABLES?
CBR.CONO
```

VARIABLES:

CASE	1 CBR	2 CONO
1	1.23805	.886060
2	1.32222	.564270
3	1.24699	.510870
4	1.49596	.619790
5	1.51415	.176090
6	1.24724	1.11810
7	1.23880	1.12625
8	1.24748	1.04576
9	1.34889	.804480
10	1.38614	.740360
11	1.19507	.836750
12	1.14613	.716000
13	1.48671	.655310
14	1.28623	.433050
15	1.47232	.893950

```
WHICH COMMAND?

ENTER INDEPENDENT VARS:
CONO
DO YOU WANT RESIDUALS AND DURBIN-WATSON?
(THERE MUST BE ROOM FOR THE RESIDUAL VARIABLE) N


              *** MULTIPLE LINEAR REGRESSION ***

DEPENDENT VARIABLE:  1 CBR                        15 VALID CASES

COEFF OF DETERMINATION:     .194507     ESTIMATED CONSTANT TERM:        1.47426
MULTIPLE CORR COEFF:        .441030     STANDARD ERROR OF ESTIMATE:     .111511

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION:
                        DEGREES OF      SUM OF       MEAN OF
SOURCE OF VARIANCE      FREEDOM        SQUARES      SQUARES        F TEST
     REGRESSION            1         3.903E-002   3.903E-002      3.13915
     RESIDUALS            13          .161651     1.243E-002
     TOTAL                14          .20068c

                 REGRESSION   STANDARDIZED     STANDARD
VARIABLE        COEFFICIENT   COEFFICIENT       ERROR          T
 2 CONO            -.201441      -.441030      .113694     -1.77178

WHICH COMMAND?
```

ANEXO 8

CORRIDA DEL PROGRAMA ABSTAT PARA OBTENER UNA REGRESIÓN LINEAL UTILIZANDO 10 CASOS VÁLIDOS

```
WHICH COMMAND? PRINT
WHICH VARIABLES?
CBR.COND


   VARIABLES:
CASE        1 CBR       2 COND
  1        1.23805      .886060
  2        1.32222      .564270
  3        1.24699      .510870
  4        1.49596      .619790
  5        1.51415      .176090
  6        1.19507      .836750
  7        1.47232      .893950
  8        1.48671      .655310
  9        1.28623      .433050
 10        1.14613      .716000


WHICH COMMAND?
INVALID COMMAND:

WHICH COMMAND?

ENTER INDEPENDENT VARS:
COND
DO YOU WANT RESIDUALS AND DURBIN-WATSON?
(THERE MUST BE ROOM FOR THE RESIDUAL VARIABLE)  N


              *** MULTIPLE LINEAR REGRESSION ***

DEPENDENT VARIABLE:  1 CBR                        10 VALID CASES

COEFF OF DETERMINATION:     .107674     ESTIMATED CONSTANT TERM:       1.46904
MULTIPLE CORR COEFF:        .328137     STANDARD ERROR OF ESTIMATE:    .139523

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION:
                        DEGREES OF      SUM OF       MEAN OF
SOURCE OF VARIANCE      FREEDOM        SQUARES      SQUARES       F TEST
     REGRESSION            1        1.879E-002   1.879E-002     .965330
     RESIDUALS             8          .155733    1.946E-002
     TOTAL                 9          .174525

                 REGRESSION   STANDARDIZED     STANDARD
VARIABLE        COEFFICIENT    COEFFICIENT       ERROR          T
 2 COND            -.204476      -.328137       .208115     -.982512

WHICH COMMAND?
```

```
                REGRESSION   STANDARDIZED     STANDARD
VARIABLE       COEFFICIENT    COEFFICIENT       ERROR          T
 1 COND          -.199417       -.323736      .206056    -.967781

WHICH COMMAND? FETCH
ENTER FILE NAME WITHOUT EXTENSION OR <CR> TO USE ANDRE7.DDF    : ANDRE8
READING DATA

WHICH COMMAND? PRINT
WHICH VARIABLES?
CBR.COND


    VARIABLES:
CASE        2 CBR        1 COND
  1       1.24724       1.11810
  2       1.23880       1.12629
  3       1.24748       1.04576
  4       1.34889       .804480
  5       1.38614       .740360
  6       1.35545       .949830


WHICH COMMAND?

ENTER INDEPENDENT VARS:
COND
DO YOU WANT RESIDUALS AND DURBIN-WATSON?
(THERE MUST BE ROOM FOR THE RESIDUAL VARIABLE)  N


               *** MULTIPLE LINEAR REGRESSION ***

DEPENDENT VARIABLE:  2 CBR                        6 VALID CASES

COEFF OF DETERMINATION:    .862260     ESTIMATED CONSTANT TERM:       1.66953
MULTIPLE CORR COEFF:       .928580     STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 2.757E-002

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION:
                      DEGREES OF     SUM OF       MEAN OF
SOURCE OF VARIANCE     FREEDOM      SQUARES      SQUARES       F TEST
      REGRESSION          1       1.903E-002   1.903E-002     25.0403
      RESIDUALS           4       3.040E-003   7.602E-004
      TOTAL               5       2.207E-002

                REGRESSION   STANDARDIZED     STANDARD
VARIABLE       COEFFICIENT    COEFFICIENT       ERROR          T
 1 COND          -.379130       -.928580   7.576E-002    -5.00403

WHICH COMMAND?
```

ANEXO 10

CORRIDA DEL PROGRAMA ABSTAT PARA OBTENER UNA REGRESIÓN LINEAL UTILIZANDO 5 CASOS VÁLIDOS

```
      TOTAL              5      2.207E-002

                 REGRESSION   STANDARDIZED     STANDARD
VARIABLE        COEFFICIENT    COEFFICIENT       ERROR          T
 1 COND            -.379130       -.928580   7.576E-002    -5.00403

WHICH COMMAND? FETCH
ENTER FILE NAME WITHOUT EXTENSION OR <CR> TO USE ANDREB.DDF    : ANDRE9
READING DATA

WHICH COMMAND? PRINT
WHICH VARIABLES?
CBR.COND


    VARIABLES:
CASE        2 CBR        1 COND
  1       1.24724       1.11810
  2       1.23880       1.12629
  3       1.24748       1.04576
  4       1.34889       .804480
  5       1.38614       .740360


WHICH COMMAND?

ENTER INDEPENDENT VARS:
COND
DO YOU WANT RESIDUALS AND DURBIN-WATSON?
(THERE MUST BE ROOM FOR THE RESIDUAL VARIABLE)  N


                *** MULTIPLE LINEAR REGRESSION ***

DEPENDENT VARIABLE:  2 CBR                          5 VALID CASES

COEFF OF DETERMINATION:    .973861     ESTIMATED CONSTANT TERM:       1.65455
MULTIPLE CORR COEFF:       .986844     STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 1.283E-002

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION:
                      DEGREES OF     SUM OF       MEAN OF
SOURCE OF VARIANCE     FREEDOM      SQUARES      SQUARES       F TEST
      REGRESSION          1       1.840E-002   1.840E-002     111.773
      RESIDUALS           3       4.940E-004   1.646E-004
      TOTAL               4       1.890E-002

                 REGRESSION   STANDARDIZED     STANDARD
VARIABLE        COEFFICIENT    COEFFICIENT       ERROR          T
 1 COND            -.373152       -.986844   3.529E-002    -10.5723

WHICH COMMAND?
```

ANEXO 11

CORRIDA DEL PROGRAMA LABY-9 PARA COMPARAR LAS DOS LÍNEAS DE REGRESIÓN SIMPLE

SISTEMA TUTORIAL DE INGENIEROS - 1992
OFICINA CENTENO. RODRIGUEZ & ASOCIADOS

Comparacion de dos lineas de regresion de primera clase

X1 = cono1

Y1 = cbr1

X2 = cono2

Y2 = cbr2

ESTA PRUEBA SE HACE CON 5.0 DE CONFIANZA

ENTRADA DE DATOS

OBSERVACION	X1	Y1	X2	Y2
1	1.118	1.247	1.118	1.247
2	1.126	1.239	1.126	1.239
3	1.046	1.247	1.046	1.247
4	0.804	1.349	0.804	1.349
5	0.740	1.386	0.740	1.386
6	0.950	1.355		
MEDIA	0.967	1.294	0.964	1.304
DES. STAN.	0.182	0.069	0.163	0.066

Y1=MX+B
DONDE M= -0.373 B= 1.655
R1 = 0.98682

Y2=MX+B
DONDE M= -0.379 B= 1.670
R2 = 0.92857

Y=MX+B
DONDE M= -0.376 B= 1.662

VARIANZA 1 = VARIANZA 2
PENDIENTE 1 = PENDIENTE 2
LAS LINEAS SON IDENTICAS

RESULTADOS DEL CALCULO GENERAL DE COMPARACION DE DOS LINEAS DE REGRESION DE PRIMERA CLASE.

N1 = 5
$(\Sigma x)1$ = 4.835
$(\Sigma y)1$ = 6.469
$(\Sigma x^2)1$ = 4.808
$(\Sigma y^2)1$ = 8.387
$(\Sigma xy)1$ = 6.206

$(x)1$ = 0.967

$(y)1$ = 1.294

N2 = 6
$(\Sigma x)2$ = 5.785
$(\Sigma y)2$ = 7.824
$(\Sigma x^2)2$ = 5.710
$(\Sigma y^2)2$ = 10.225
$(\Sigma xy)2$ = 7.493

$(x)2$ = 0.964

$(y)2$ = 1.304

$(Sx)1$ = 0.132
$(Sy)1$ = 0.019
$(Sx)2$ = 0.132
$(Sy)2$ = 0.022
$(Sxy)1$ = -0.049
$(Sxy)2$ = -0.050
$(byx)1$ = -0.373
$(byx)2$ = -0.379
$(bxy)1$ = -2.610
$(bxy)2$ = -2.274
$(Sx.y)1$ = 0.000
$(Sx.y)2$ = 0.003
$(s^2y.x)1$ = 0.000
$(s^2y.x)2$ = 0.001
$(sxy)1$ = -0.012
$(sxy)2$ = -0.010
$(ayx)1$ = 1.655
$(ayx)2$ = 1.670
$(s^2x)1$ = 0.033
$(s^2x)2$ = 0.026
$(s^2y)1$ = 0.005
$(s^2y)2$ = 0.004
$(sx)1$ = 0.182
$(sx)2$ = 0.163
$(sy)1$ = 0.069
$(sy)2$ = 0.066
R1 = 0.987
R2 = 0.929

ANEXO 12

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

MUESTRA Nº		1	2	3
LUGAR DE MUESTREO		EDO. MIRANDA	GUATIRE	GUATIRE
PROFUNDIDAD (m)				
PICNOMETRO Nº		2	4	4
CAPACIDAD PICNOMETRO (cm^3)		200,00	200,00	200,00
PESO EN GRAMOS	TARA DEL PICNOMETRO	78,90	78,70	78,70
	PICNOMETRO + SUELO SECO	108,90	105,65	108,70
	SUELO SECO (W_o)	30,00	26,95	30,00
	PICNOM. + AGUA + SUELO (W_1)	296,67	295,14	296,91
	PICNOM. LLENO DE AGUA (W_2)	277,90	277,65	277,60
TEMPERATURA DEL ENSAYO ºC		28,5	29,4	27,0
PESO ESPECIFICO REFERIDO A TEMPERATURA DE ENSAYO (Gs)		2,67	2,85	2,81
PESO ESPECIFICO REFERIDO A TEMPERATURA DE 20 ºC (Gs 20º)		2,67	2,84	2,80

DONDE :

$Gs = W_o / (W_o - [W_1 - W_2])$

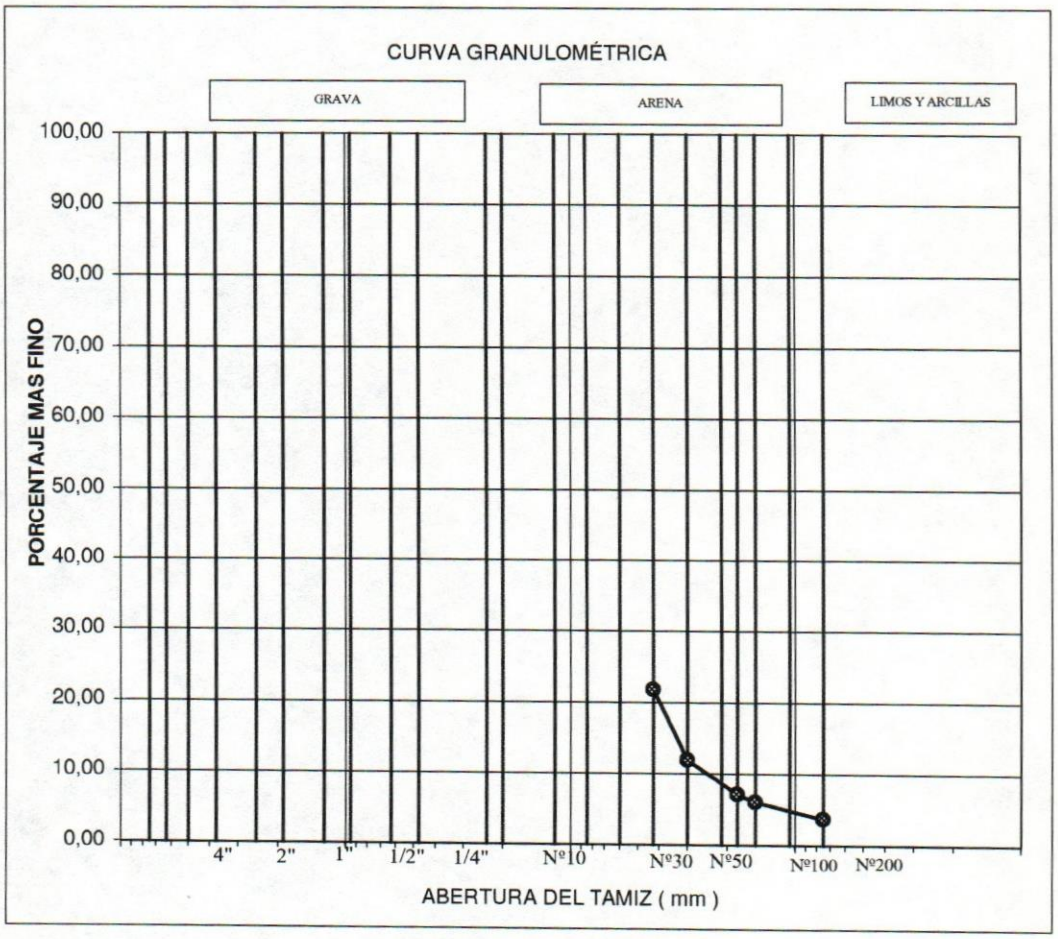
ENSAYO DE GRANULOMETRIA

MUESTRA : **M - 1**

PESO TOTAL MUESTRA (gr) : 415,30

PESO MUESTRA LAVADA (gr) : 400,40

TAMIZ	PESO RET (gr)	% RET TAMIZ	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"	17,00	4,09	4,09	95,91
No 4	85,6	20,61	24,71	75,29
No 10	90,80	21,86	46,57	53,43
No 40	131,20	31,59	78,16	21,84
No 50	41,30	9,94	88,10	11,90
No 80	20,00	4,82	92,92	7,08
No 100	4,40	1,06	93,98	6,02
No 200	9,70	2,34	96,32	3,68
PASA 200	15,14	3,65	99,96	



ENSAYO DE HIDROMETRO.

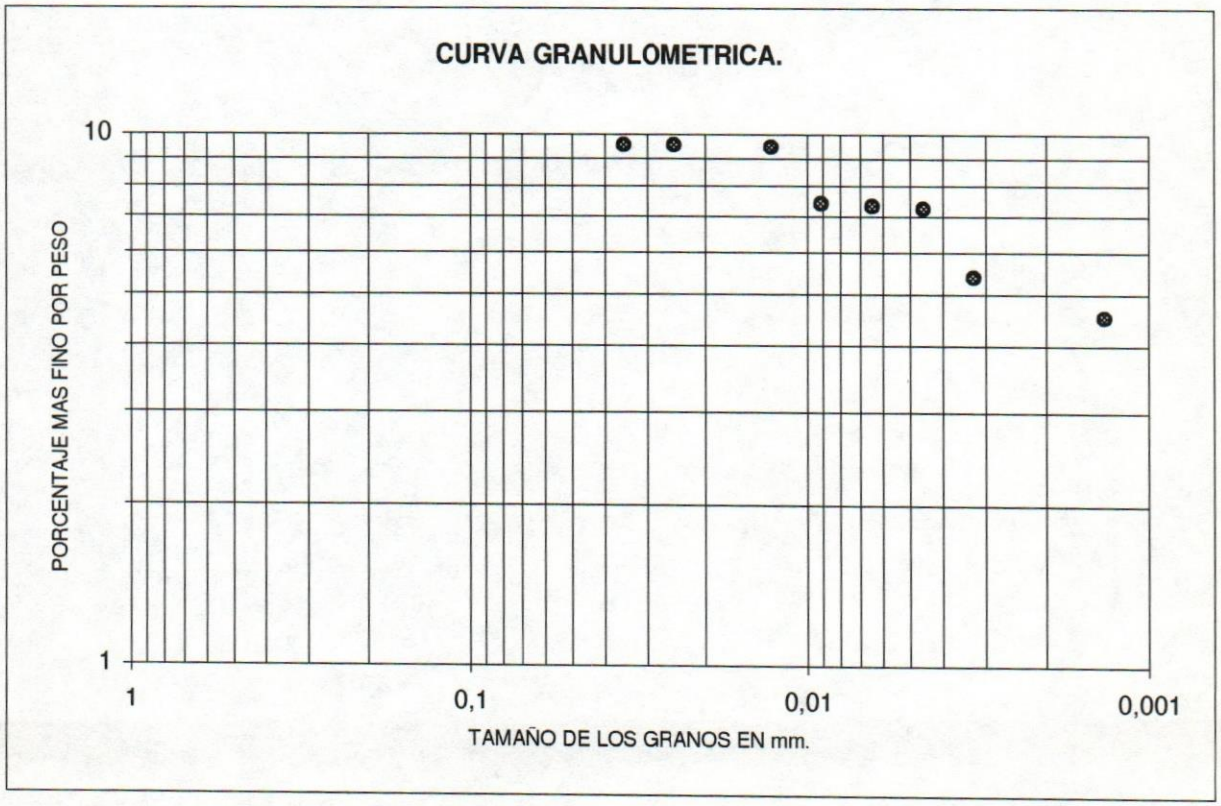
MUESTRA: M - 1
SITUACION: GUATIRE
Fecha : 05 / 08 / 1996

Capsula Nº : 18 Cilindro Nº : 2 Hidrómetro : **152 - H**
Correc. menisco (Cm) gr. / lt: 1,00

Agente Defloculante **Polifosfato de Sodio.** Cantidad (ml) : 100,00
Correcc. agente defloculante y punto cero (Cd) : 1,42

Peso Cápsula + suelo seco (gr): 74,19
Peso Cápsula (gr) : 24,19
Peso Suelo Seco (gr) : 50,00
Gravedad Específica : 2,67

Hora	Tiempo Transcurrido (min)	Temp. º C	Lectura Hidrómetro R'	Lectura Corregida (R) (R' + Cm)	Profundidad Efectiva L	Diámetro de Partícula (mm)	Ct	R - Cd ± Ct	Porcentaje Mas fino	
									Parcial	Total
09:00	1	26,4	4	5,00	15,50	0,04956	2,20	5,78	11,55	11,55
09:02	2	26,4	3	4,00	15,60	0,03516	2,20	4,78	9,55	9,55
09:04	4	26,4	3	4,00	15,60	0,02486	2,20	4,78	9,55	9,55
09:15	15	26,3	3	4,00	15,60	0,01285	2,16	4,74	9,47	9,47
09:30	30	26,2	2	3,00	15,80	0,00916	2,12	3,70	7,39	7,39
10:00	60	26,1	2	3,00	15,80	0,00648	2,08	3,66	7,31	7,31
11:00	120	26,0	2	3,00	15,80	0,00459	2,04	3,62	7,23	7,23
01:00	240	26,2	1	2,00	16,00	0,00326	2,12	2,70	5,39	5,39
09:00	1440	25,1	1	2,00	16,00	0,00134	1,68	2,26	4,51	4,51



ENSAYO AZUL DE METILENO

MUESTRA Nº : M - 1 REACCION H_2O_2 : + HUMEDAD : 5,08 %

TAMAÑO MAXIMO DE LOS GRANOS DE LA MUESTRA : **PASA** 40

(REFERIDO AL CEDAZO U.S. GAUGE. INDICANDO LA ABERTURA MINIMA POR LA QUE PASA EL 95 % DEL

PESO DEL SUELO HUMEDO : 9,52 gr

PESO DEL SUELO SECO : 9,06 gr (M)

NO MAYOR DE 15 gr. SI TODO PASA EL CEDAZO # 200

REACCION PARA DOSIS GRUESA DE 5 c.c. Y DOSIS FINA DE 2 c.c. :
MARCAR (+) = POSITIVO; (-) = NEGATIVO.

5 c.c.	1 min	2 mim	3 mim	4 mim	5 min										
+	+	+	+	+	+										

RESULTADO
5 c.c.

Porcentaje de coloides 4,8 %

VALOR AZUL : **V =** 5,00 c.c.

$$In = \frac{P}{\%\ coloides} = 11{,}47 \quad \textbf{ACTIVO}$$

$$P = \frac{V}{M} = 0{,}55 = gr / 100\ gr.$$

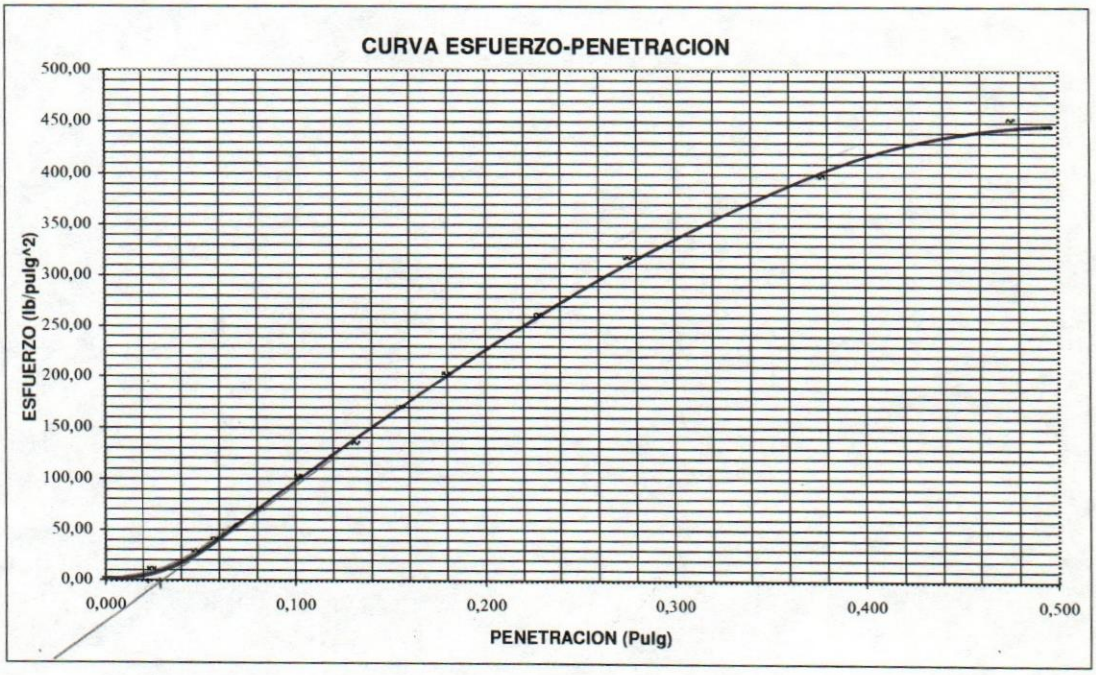
$$Mo = \frac{P}{319.86} = 0{,}002\ moles$$

Superficie específica de los coloides = 280,6 m^2/gr

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA :	M - 1		
UBICACION:	0-10 cm.	**Ec:**	12245 lb pie / pie^3
MUESTRA :	11245 gr.	**DENSIDAD:**	1,95 gr / cm^3
SOBRECARGA :	2272,1 gr.	**PROFUND:**	6,4 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lbs / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,023	4	35,33	11,78
	1,0	0,046	10	88,32	29,44
	1,5	0,056	14	123,64	41,21
	2,0	0,080	24	211,96	70,65
	2,5	0,100	35	309,11	103,04
	3,0	0,130	46	406,26	135,42
	3,5	0,154	58	512,24	170,75
	4,0	0,178	69	609,39	203,13
	5,0	0,226	89	786,02	262,01
	6,0	0,274	108	953,83	317,94
	8,0	0,375	135	1192,28	397,43
	10,0	0,474	154	1360,08	453,36

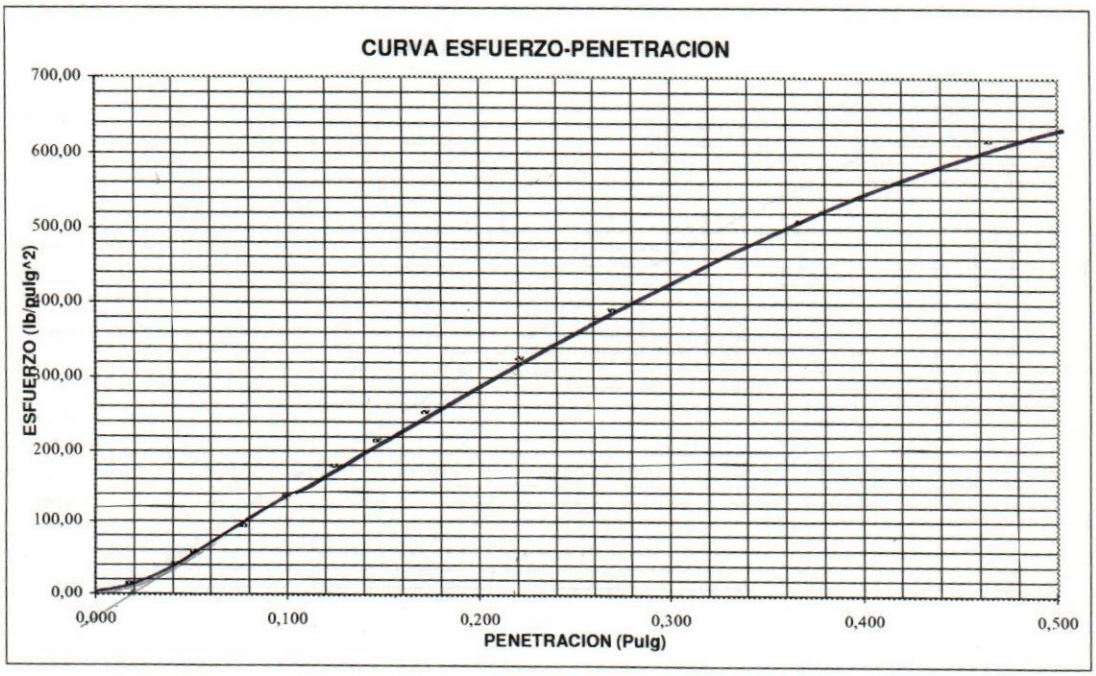


C.B.R.0,1 = 13,50% **C.B.R.0,2=** 17,30%

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA :	M - 1		
UBICACION:	30 - 40 cm.	**Ec:**	12245 lb pie / pie^3
MUESTRA :	11220 gr.	**DENSIDAD:**	1,94 gr / cm^3
SOBRECARGA :	11329,9 gr.	**PROFUND:**	32,1 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lbs / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,016	5	44,16	14,72
	1,0	0,039	14	123,64	41,21
	1,5	0,050	20	176,63	58,88
	2,0	0,075	32	282,61	94,20
	2,5	0,098	46	406,26	135,42
	3,0	0,123	61	538,73	179,58
	3,5	0,145	73	644,72	214,91
	4,0	0,170	86	759,53	253,18
	5,0	0,219	111	980,32	326,77
	6,0	0,268	133	1174,62	391,54
	8,0	0,365	173	1527,89	509,30
	10,0	0,463	210	1854,66	618,22

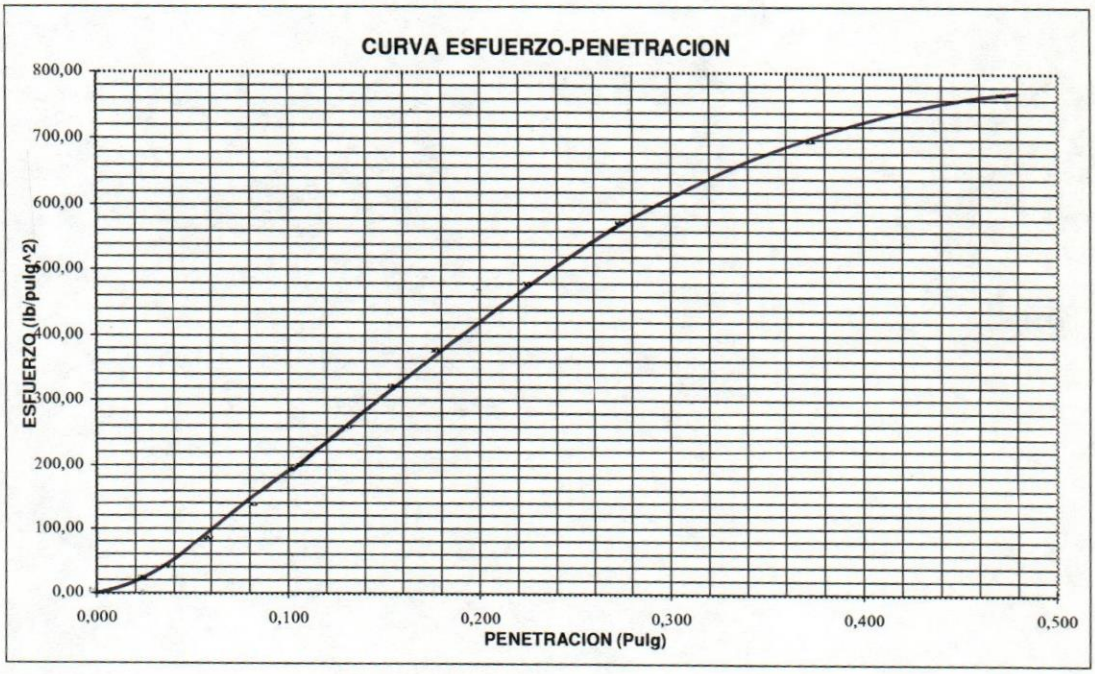


C.B.R.0,1 = 16% **C.B.R.0,2=** 21%

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA :	M - 1		
UBICACION:	0-10 cm.	**Ec:**	24867 lb pie / pie^3
MUESTRA :	11419 gr.	**DENSIDAD:**	2,03 gr / cm^3
SOBRECARGA :	2270 gr.	**PROFUND:**	6,1 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lbs / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,022	8	70,65	23,55
	1,0	0,034	14	123,64	41,21
	1,5	0,057	29	256,12	85,37
	2,0	0,080	47	415,09	138,36
	2,5	0,104	68	600,56	200,19
	3,0	0,129	88	777,19	259,06
	3,5	0,153	109	962,66	320,89
	4,0	0,175	128	1130,46	376,82
	5,0	0,223	163	1439,57	479,86
	6,0	0,272	195	1722,19	574,06
	8,0	0,371	237	2093,12	697,71
	10,0	0,470	261	2305,08	768,36

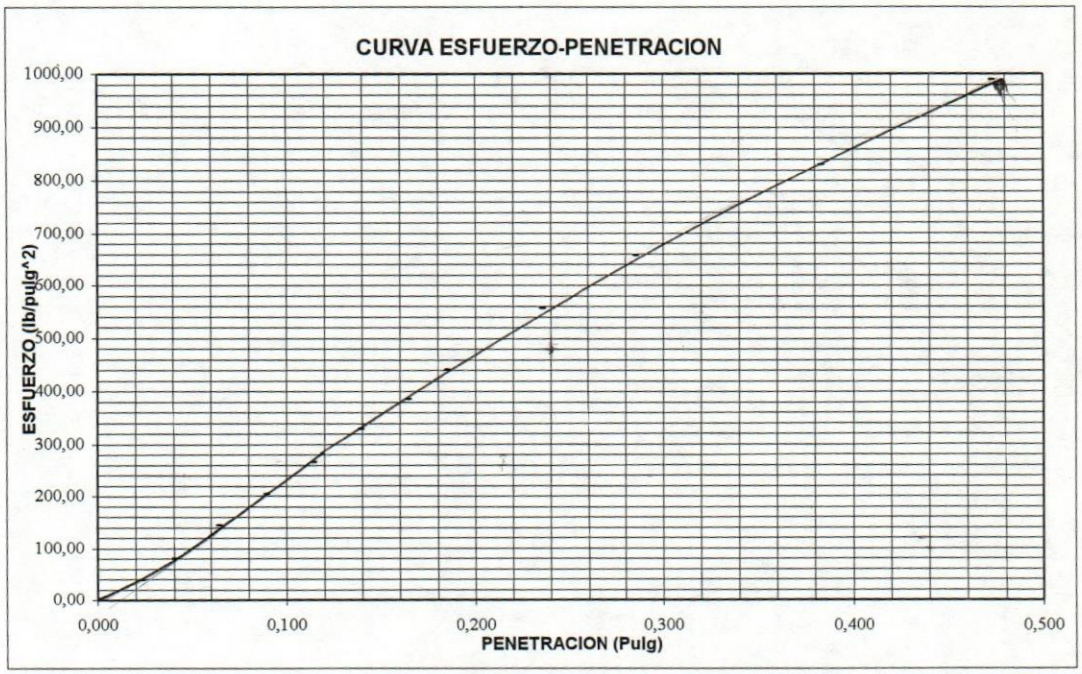


C.B.R.0,1 = 25,80% **C.B.R.0,2=** 31,33%

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA :	M - 1		
UBICACION:	30 - 40 cm.	**Ec:**	24867 lb pie / pie^3
MUESTRA :	11386 gr.	**DENSIDAD:**	2,01 gr / cm^3
SOBRECARGA :	11694,4 gr.	**PROFUND:**	31,8 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lbs / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,022	13	114,81	38,27
	1,0	0,039	27	238,46	79,49
	1,5	0,063	49	432,75	144,25
	2,0	0,088	69	609,39	203,13
	2,5	0,113	90	794,85	264,95
	3,0	0,138	112	989,15	329,72
	3,5	0,163	131	1156,96	385,65
	4,0	0,184	150	1324,76	441,59
	5,0	0,234	189	1669,19	556,40
	6,0	0,284	223	1969,47	656,49
	8,0	0,382	282	2490,54	830,18
	10,0	0,472	336	2967,46	989,15



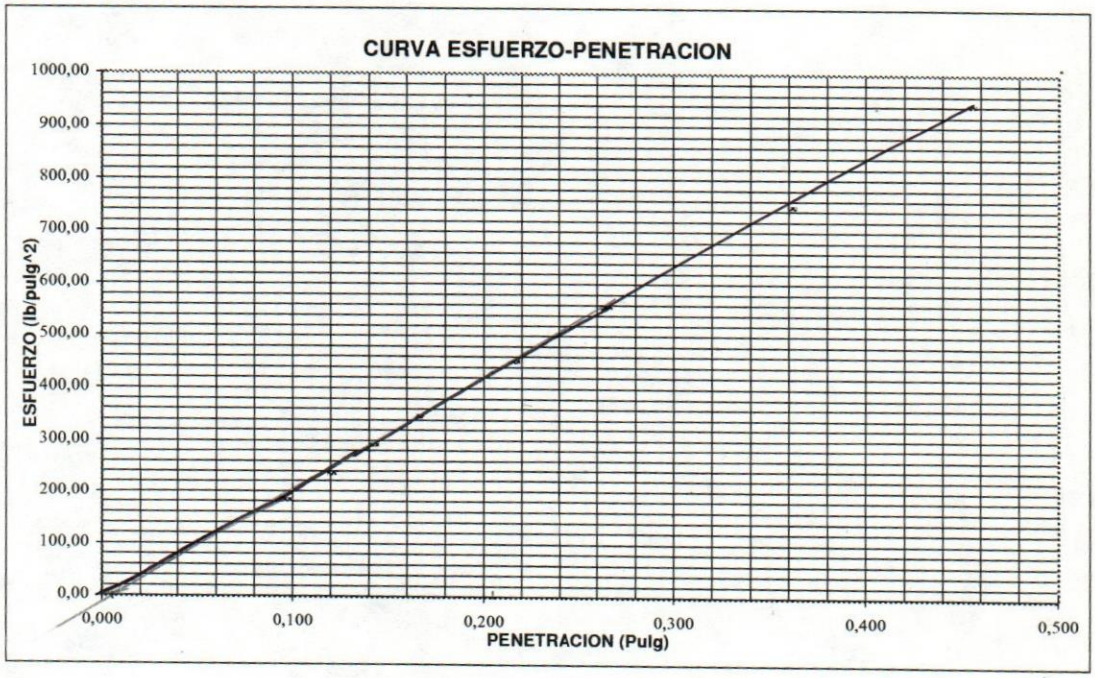
C.B.R.0,1 = 27% **C.B.R.0,2=** 32,67%

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA : M - 1
UBICACION: 60 - 70
MUESTRA : 11400 gr
SOBRECARGA : 23599,9 gr

Ec: 24867 lb pie / pie^3
DENSIDAD: 2,02 gr / cm^3
PROFUND: 64,0 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lbs / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,016	7	61,82	20,61
	1,0	0,031	14	123,64	41,21
	1,5	0,051	28	247,29	82,43
	2,0	0,075	47	415,09	138,36
	2,5	0,096	62	547,57	182,52
	3,0	0,119	80	706,54	235,51
	3,5	0,141	99	874,34	291,45
	4,0	0,165	118	1042,14	347,38
	5,0	0,215	153	1351,25	450,42
	6,0	0,264	189	1669,19	556,40
	8,0	0,360	254	2243,26	747,75
	10,0	0,454	320	2826,15	942,05



C.B.R.0,1 = 25% **C.B.R.0,2=** 30%

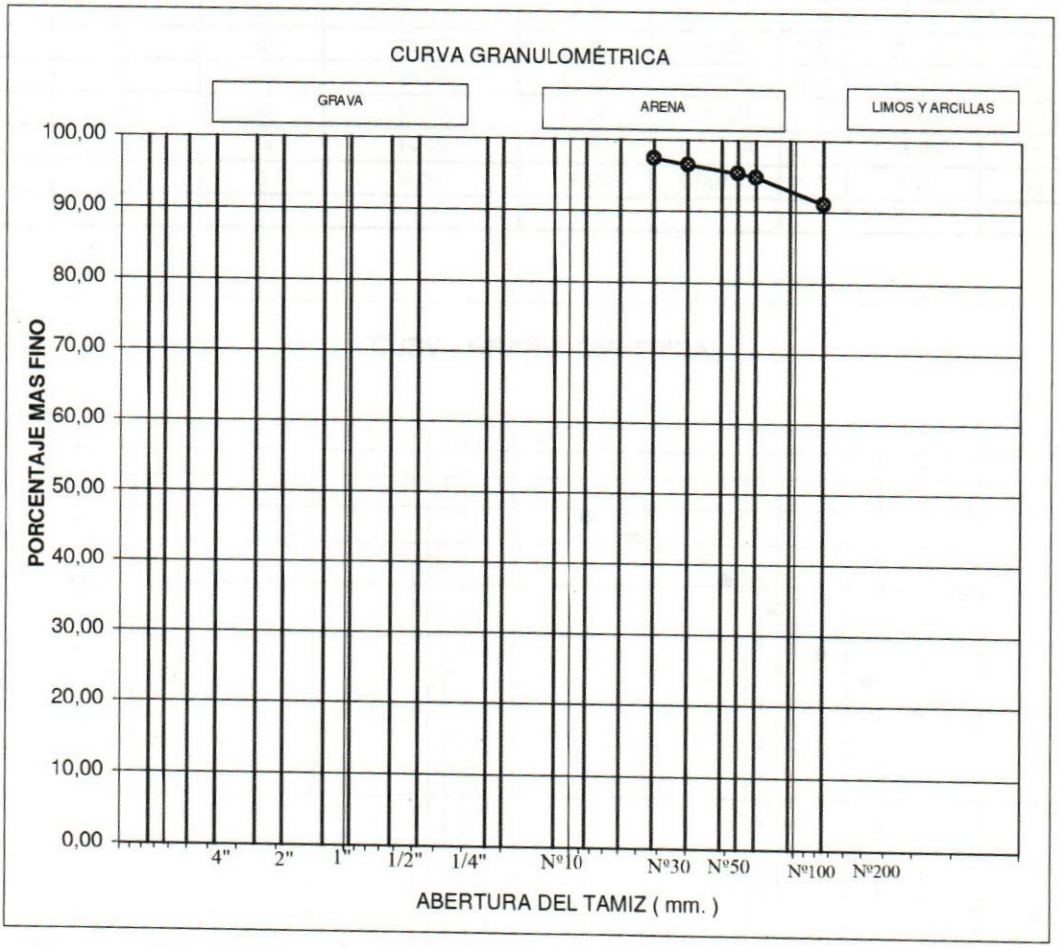
ENSAYO DE GRANULOMETRIA

MUESTRA : **M - 2**

PESO TOTAL MUESTRA (gr) : 447,90

PESO MUESTRA LAVADA (gr) : 40,10

TAMIZ	PESO RET (gr)	% RET TAMIZ	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No 4	1,84	0,41	0,41	99,59
No 10	3,20	0,71	1,13	98,87
No 40	6,51	1,45	2,58	97,42
No 50	4,26	0,95	3,53	96,47
No 80	5,20	1,16	4,69	95,31
No 100	2,49	0,56	5,25	94,75
No 200	16,37	3,65	8,90	91,10
PASA 200	0,22	0,05	8,95	



ENSAYO AZUL DE METILENO

MUESTRA Nº : M - 2 REACCION H_2O_2 : + HUMEDAD : 12,00 %

TAMAÑO MAXIMO DE LOS GRANOS DE LA MUESTRA : **PASA** 40 (REFERIDO AL CEDAZO U.S. GAUGE. INDICANDO LA ABERTURA MINIMA POR LA QUE PASA EL 95 % DEL

PESO DEL SUELO HUMEDO : 8,93 gr
PESO DEL SUELO SECO : 7,97 gr (M)

NO MAYOR DE 15 gr. SI TODO PASA EL CEDAZO # 200

REACCION PARA DOSIS GRUESA DE 5 c.c. Y DOSIS FINA DE 2 c.c. :
MARCAR (+) = POSITIVO; (-) = NEGATIVO.

5 c.c.	10 c.c	15 c.c	20 c.c	25 c.c	30 c.c	35 c.c.	1 mim	37 c.c	1 mim	39 c.c	1 min	41 c.c	1 min	2 min	43 c.c
-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+

1 min	2 min	3 min	45 c.c	1 min	2 min	47 c.c	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min				
+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+				

RESULTADO
47 c.c.

Porcentaje de coloides 18,8 %

VALOR AZUL : **V =** 47,00 c.c.

$$\mathbf{P} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{M}} = 5{,}90 = \text{gr / 100 gr.}$$

$$\text{In} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{\%\ coloides}} = 31{,}38 \ \textbf{MUY NOCIVO}$$

$$\mathbf{Mo} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{319.86}} = 0{,}018 \text{ moles}$$

Superficie específica de los coloides = 767,4 m^2/gr

SITUACION: GUATIRE

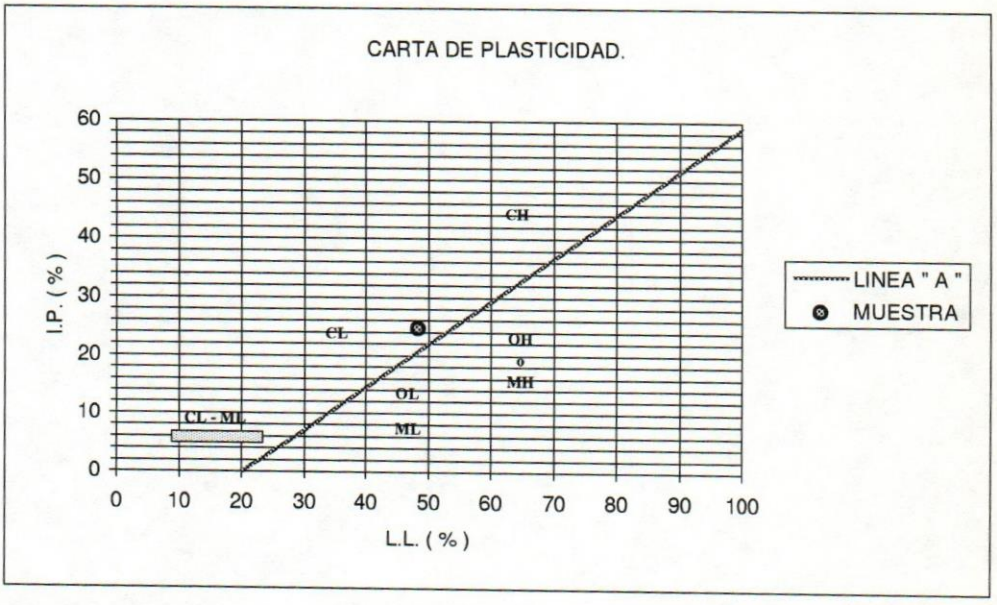
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA.

PERFORACION MUESTRA Nº M - 2

GOLPES PLATILLO	TARA Nº	PESO EN GRAMOS: PESO TARA	TARA + SUELO HUMEDO	TARA + SUELO SECO	AGUA	SUELO SECO	HUMEDAD %	**LIMITE LIQUIDO (%)**
23	204	23,38	41,34	35,47	5,87	12,09	48,55	48,07
24	229	25,35	42,77	37,08	5,69	11,73	48,51	48,27
26	223	28,44	43,87	38,85	5,02	10,41	48,22	48,45

TARA Nº	PESO EN GRAMOS: PESO TARA	TARA + SUELO HUMEDO	TARA + SUELO SECO	AGUA	SUELO SECO	**LIMITE PLASTICO (%)**
290	9,72	15,10	14,08	1,02	4,36	23,39
266	9,65	15,45	14,33	1,12	4,68	23,93
263	9,79	15,47	14,39	1,08	4,60	23,48

RESULTADOS (%)	
LL =	48,26
LP =	23,60
IP =	24,66



ENSAYO DE COMPACTACION.

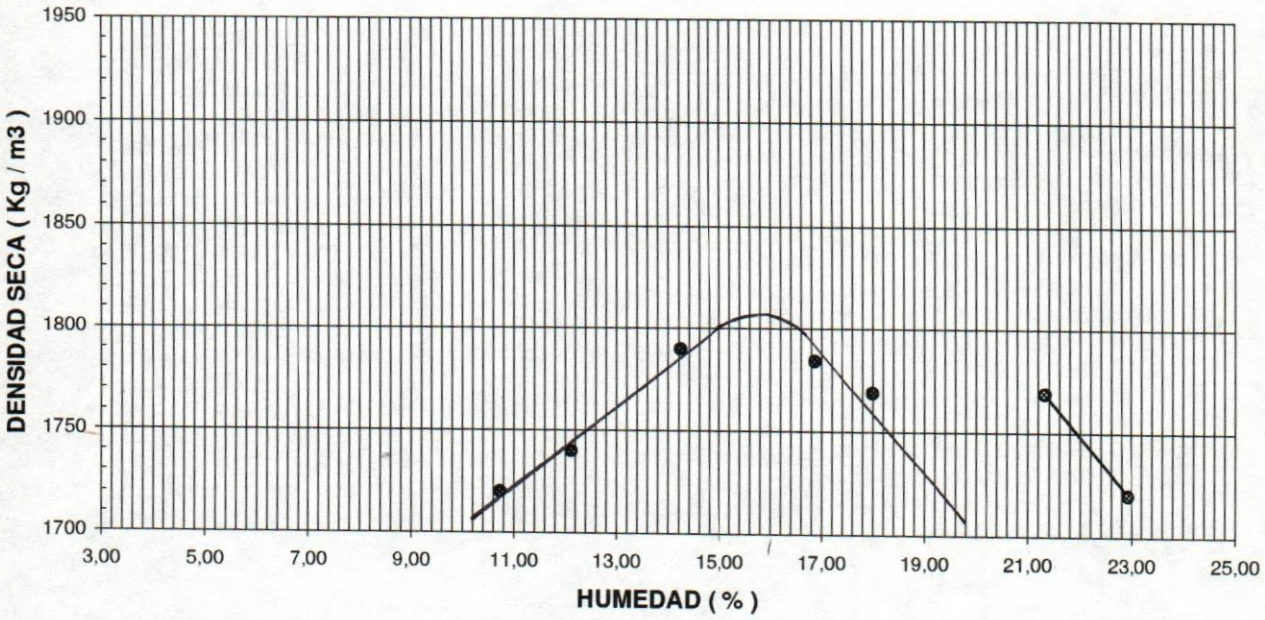
MUESTRA : M - 2
UBICACION : GUATIRE

ENERGIA DE COMPACTACION : 13630,18 lb pie / pie^3

FECHA : AGOSTO 96 Gs = **2,84**

MOLDE	PESO (gr) : 4230,0	VOL (cm^3): 934,88	CALCULO DE HUMEDAD (PESO EN GRAMOS)							
MOLDE + SUELO (gr)	PESO SUELO (gr)	DENS HUM. Kg / m^3	ENVASE Nº	PESO ENVASE	ENVASE + SUELO HUMEDO	ENVASE + SUELO SECO	AGUA	SUELO SECO	HUMEDAD %	DENSIDAD SECA Kg / m^3
6010	1780,00	1903,99	15	21,00	126,34	116,61	9,73	95,61	10,18	1719,4
			40	24,35	130,01	120,43	9,58	96,08	10,16	
			92	24,71	127,56	118,07	9,49	93,36	11,86	
6053	1823,00	1949,98	61	19,20	112,04	102,20	9,84	83,00	11,86	1739,3
			29	24,34	128,04	116,91	11,13	92,57	12,02	
			62	22,00	128,07	116,31	11,76	94,31	12,47	
6141	1911,00	2044,11	8	22,34	131,46	117,93	13,53	95,59	14,15	1789,3
			59	25,66	148,44	132,97	15,47	107,31	14,42	
			79	23,56	153,48	137,38	16,10	113,82	14,15	
6179	1949,00	2084,76	32	22,47	167,03	146,00	21,03	123,53	17,02	1783,7
			3	23,83	156,73	137,72	19,01	113,89	16,69	
			88	22,58	125,49	110,60	14,89	88,02	16,92	
6181	1951,00	2086,90	24	23,28	144,95	126,41	18,54	103,13	17,98	1768,6
			9	23,70	132,16	115,66	16,50	91,96	17,94	
			55	23,66	157,51	137,03	20,48	113,37	18,06	

CURVA DE COMPACTACION



DENSIDAD MAXIMA SECA (Kg/m^3): 1810,00 **HUMEDAD OPTIMA (%) :** 16,00

ENSAYO DE COMPACTACION.

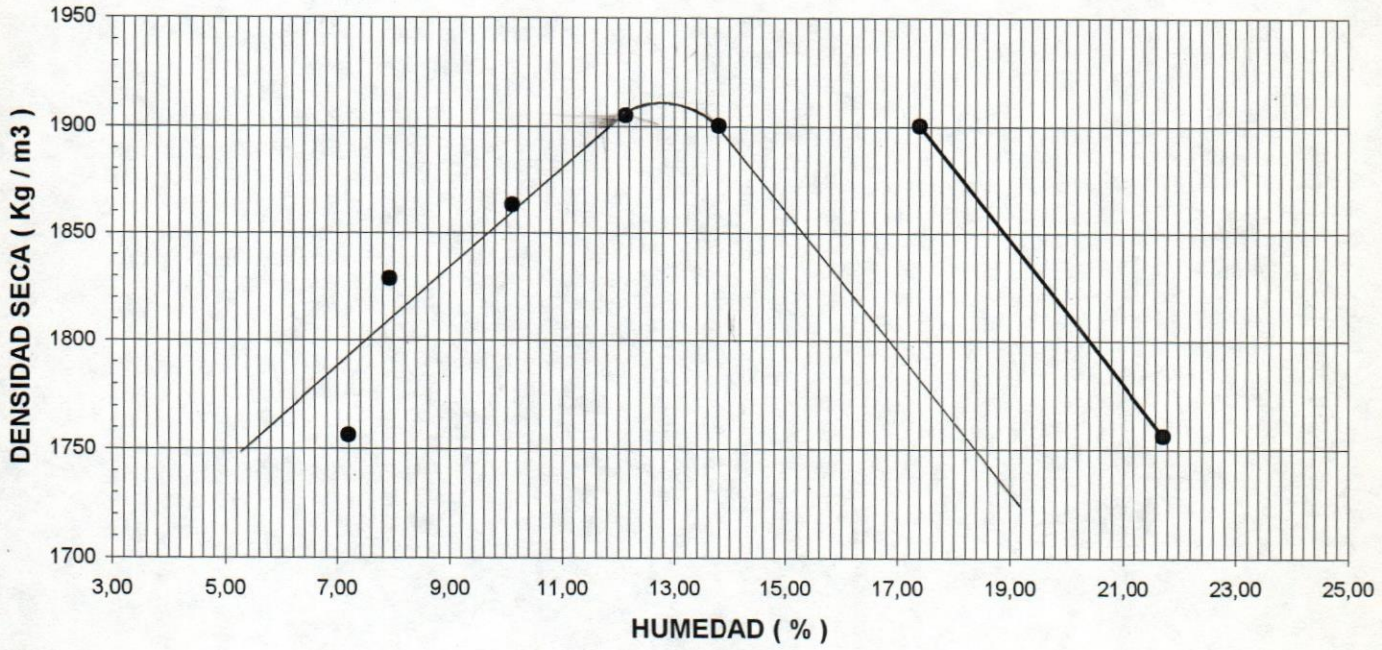
MUESTRA : M - 2
UBICACION : GUATIRE

ENERGIA DE COMPACTACION : 32712,43 lb pie / pie^3

FECHA : AGOSTO 96 Gs = **2,84**

MOLDE	PESO (gr) : 4230,0		CALCULO DE HUMEDAD (PESO EN GRAMOS)							
	VOL (cm^3): 934,88		ENVASE Nº	PESO ENVASE	ENVASE + SUELO HUMEDO	ENVASE + SUELO SECO	AGUA	SUELO SECO	HUMEDAD %	DENSIDAD SECA Kg / m^3
MOLDE + SUELO (gr)	PESO SUELO (gr)	DENS HUM. Kg / m^3								
5990	1760,00	1882,59	16	22,67	108,18	102,86	5,32	80,19	6,63	1756,2
			14	22,95	123,25	117,00	6,25	94,05	6,92	
			40	22,84	132,89	125,77	7,12	102,93	8,04	
6075	1845,00	1973,52	60	24,14	143,18	134,32	8,86	110,18	8,04	1828,6
			28	23,36	123,89	116,56	7,33	93,20	7,86	
			87	23,71	118,04	111,16	6,88	87,45	7,87	
6148	1918,00	2051,60	26	24,12	109,21	101,40	7,81	77,28	10,11	1863,1
			2	22,67	103,39	95,96	7,43	73,29	10,14	
			38	24,13	109,30	101,48	7,82	77,35	10,11	
6227	1997,00	2136,10	35	23,20	169,29	153,53	15,76	130,33	12,09	1905,0
			86	23,78	85,15	78,55	6,60	54,77	12,05	
			47	22,47	105,98	96,86	9,12	74,39	12,26	
6252	2022,00	2162,84	71	24,42	160,47	143,98	16,49	119,56	13,79	1900,3
			74	19,12	124,08	111,37	12,71	92,25	13,78	
			85	23,95	147,63	132,55	15,08	108,60	13,89	

CURVA DE COMPACTACION

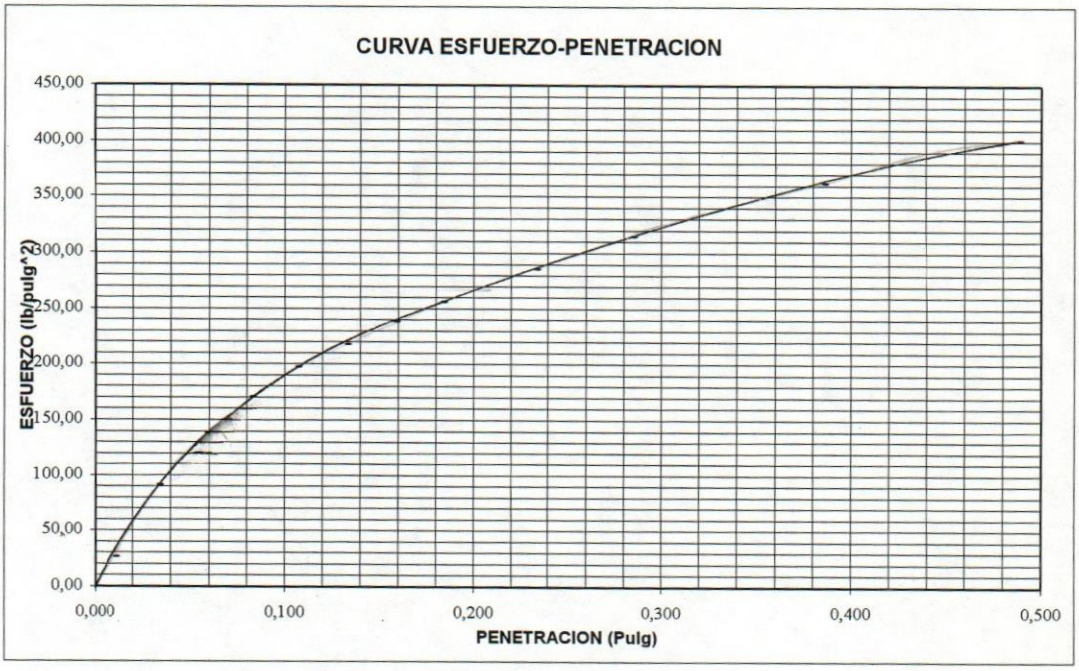


DENSIDAD MAXIMA SECA (Kg/m^3): 1908,00 **HUMEDAD OPTIMA (%) :** 13,00

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA :	M - 2		
UBICACION:	0-10 cm.	**Ec:**	12245 lb pie / pie^3
MUESTRA :	11235 gr.	**DENSIDAD:**	1,94 gr / cm^3
SOBRECARGA :	2300,8 gr.	**PROFUND:**	6,5 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lbs / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,010	9	79,49	26,50
	1,0	0,033	31	273,78	91,26
	1,5	0,058	47	415,09	138,36
	2,0	0,082	58	512,24	170,75
	2,5	0,106	67	591,73	197,24
	3,0	0,132	74	653,55	217,85
	3,5	0,158	81	715,37	238,46
	4,0	0,183	87	768,36	256,12
	5,0	0,233	97	856,68	285,56
	6,0	0,284	107	944,99	315,00
	8,0	0,385	123	1086,30	362,10
	10,0	0,488	136	1201,11	400,37



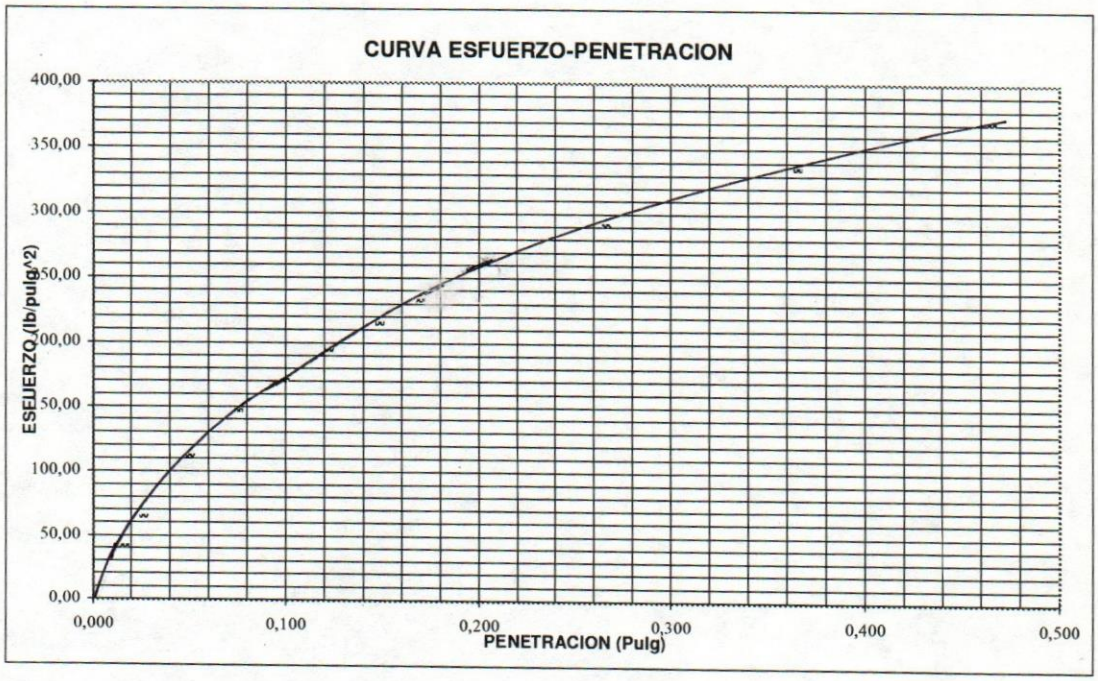
C.B.R.0,1 = 18,50% **C.B.R.0,2=** 17,67%

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA : M - 2
UBICACION: 30 - 40 cm.
MUESTRA : 11280 gr.
SOBRECARGA : 13882,7 gr.

Ec: 12245 lb pie / pie^3
DENSIDAD: 1,96 gr / cm^3
PROFUND: 38,8 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lbs / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,015	14	123,64	41,21
	1,0	0,025	22	194,30	64,77
	1,5	0,049	38	335,61	111,87
	2,0	0,074	50	441,59	147,20
	2,5	0,098	58	512,24	170,75
	3,0	0,121	66	582,89	194,30
	3,5	0,147	73	644,72	214,91
	4,0	0,168	79	697,71	232,57
	5,0	0,204	90	794,85	264,95
	6,0	0,265	99	874,34	291,45
	8,0	0,364	114	1006,82	335,61
	10,0	0,464	126	1112,80	370,93



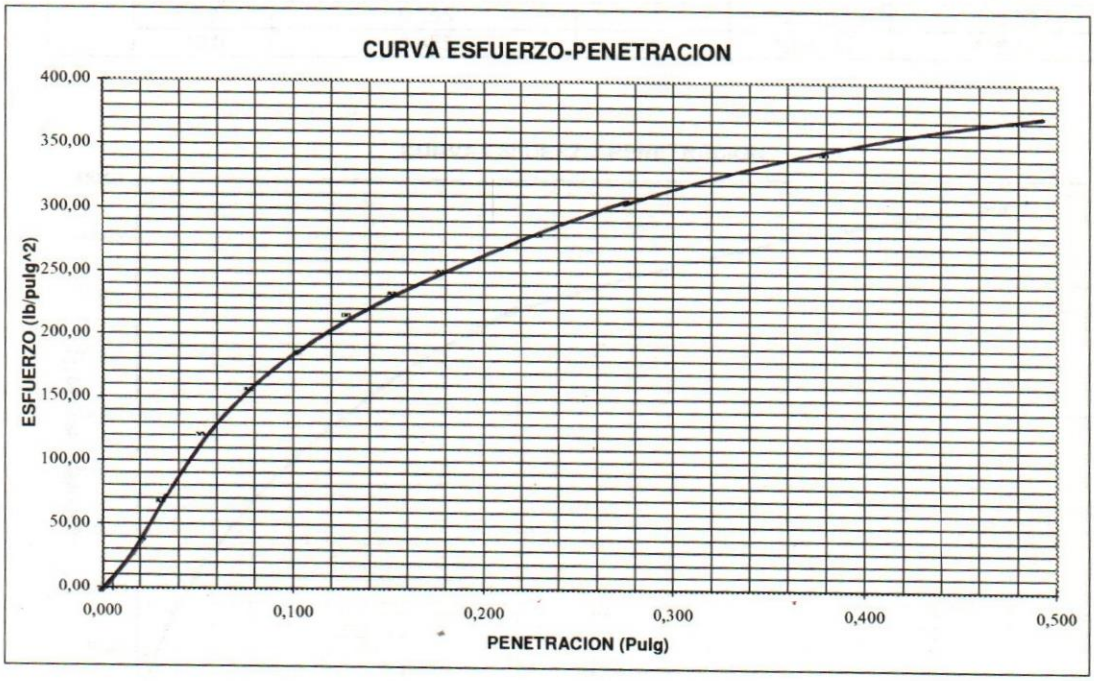
C.B.R.0,1 = 17%

C.B.R.0,2= 17,33%

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA :	M - 2		
UBICACION:	60 - 70 cm.	**Ec:**	12245 lb pie / pie^3
MUESTRA :	11300 gr.	**DENSIDAD:**	1,97 gr / cm^3
SOBRECARGA :	23598,5 gr.	**PROFUND:**	65,6 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lbs / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,019	13	114,81	38,27
	1,0	0,029	23	203,13	67,71
	1,5	0,050	41	362,10	120,70
	2,0	0,075	53	468,08	156,03
	2,5	0,100	63	556,40	185,47
	3,0	0,126	73	644,72	214,91
	3,5	0,150	79	697,71	232,57
	4,0	0,175	85	750,70	250,23
	5,0	0,227	95	839,01	279,67
	6,0	0,275	104	918,50	306,17
	8,0	0,377	117	1033,31	344,44
	10,0	0,478	126	1112,80	370,93

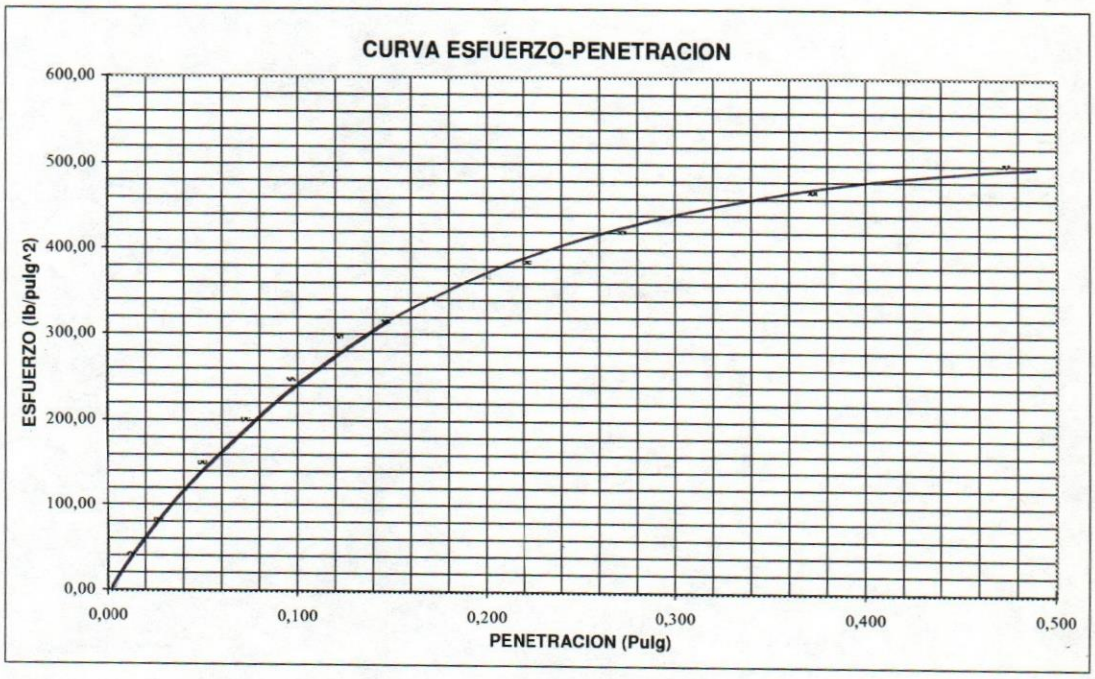


C.B.R.0,1 = 18,50% **C.B.R.0,2=** 17,68%

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA :	M - 2		
UBICACION:	60 - 70 cm.	**Ec:**	24867 lb pie / pie^3
MUESTRA :	11655 gr.	**DENSIDAD:**	2,14 gr / cm^3
SOBRECARGA :	23598,4 gr.	**PROFUND:**	60,5 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lbs / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,011	14	123,64	41,21
	1,0	0,025	28	247,29	82,43
	1,5	0,048	51	450,42	150,14
	2,0	0,071	68	600,56	200,19
	2,5	0,095	84	741,86	247,29
	3,0	0,120	101	892,00	297,33
	3,5	0,145	107	944,99	315,00
	4,0	0,169	116	1024,48	341,49
	5,0	0,220	131	1156,96	385,65
	6,0	0,270	143	1262,94	420,98
	8,0	0,371	159	1404,24	468,08
	10,0	0,472	170	1501,39	500,46



C.B.R.0,1 = 24,50% **C.B.R.0,2=** 24,33%

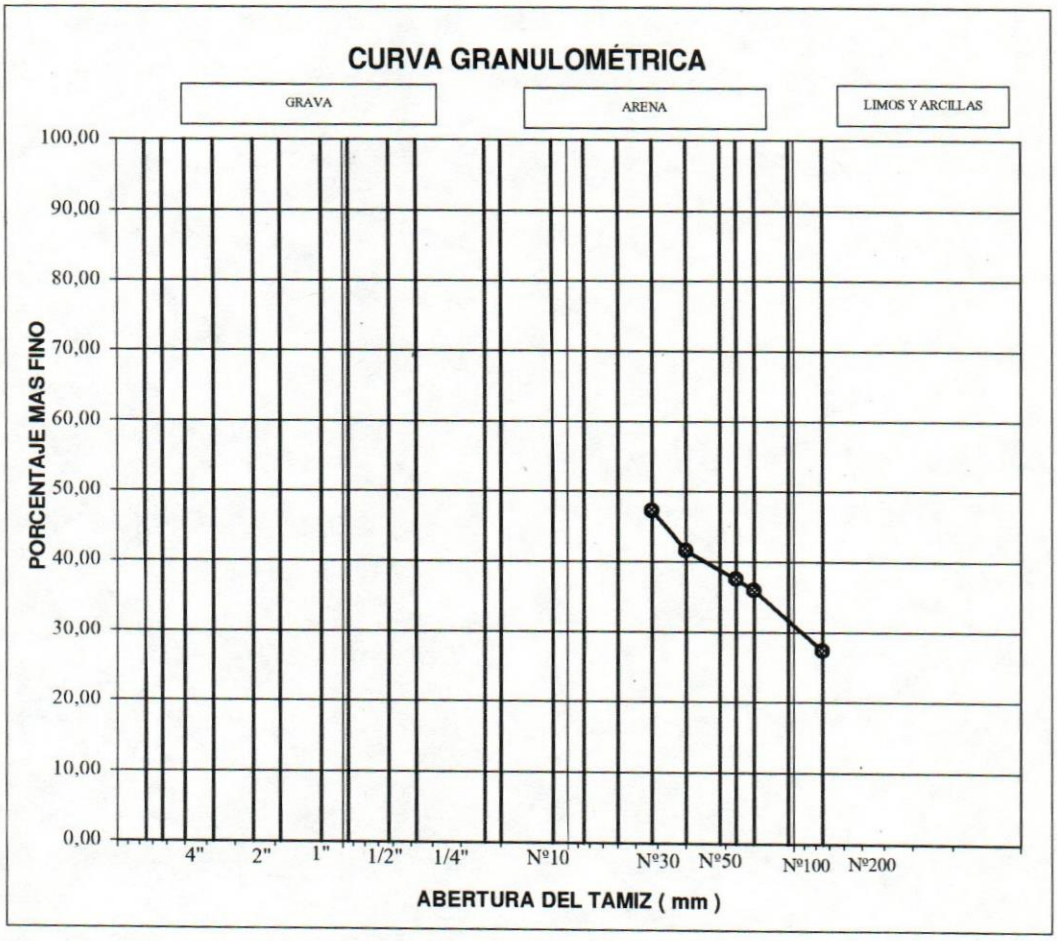
ENSAYO DE GRANULOMETRIA

MUESTRA : **M - 3**

PESO TOTAL MUESTRA (gr) : 481,30

PESO MUESTRA LAVADA (gr) : 351,79

TAMIZ	PESO RET (gr)	% RET TAMIZ	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1"	91,33	18,98	18,98	81,02
3/4"	34,12	7,09	26,06	73,94
1/2"	23,49	4,88	30,95	69,05
3/8"	10,44	2,17	33,11	66,89
No 4	17,64	3,67	36,78	63,22
No 10	19,90	4,13	40,91	59,09
No 40	57,24	11,89	52,81	47,19
No 50	27,13	5,64	58,44	41,56
No 80	19,05	3,96	62,40	37,60
No 100	7,97	1,66	64,06	35,94
No 200	41,57	8,64	72,69	27,31
PASA 200	129,72	26,95	99,65	



ENSAYO DE HIDROMETRO.

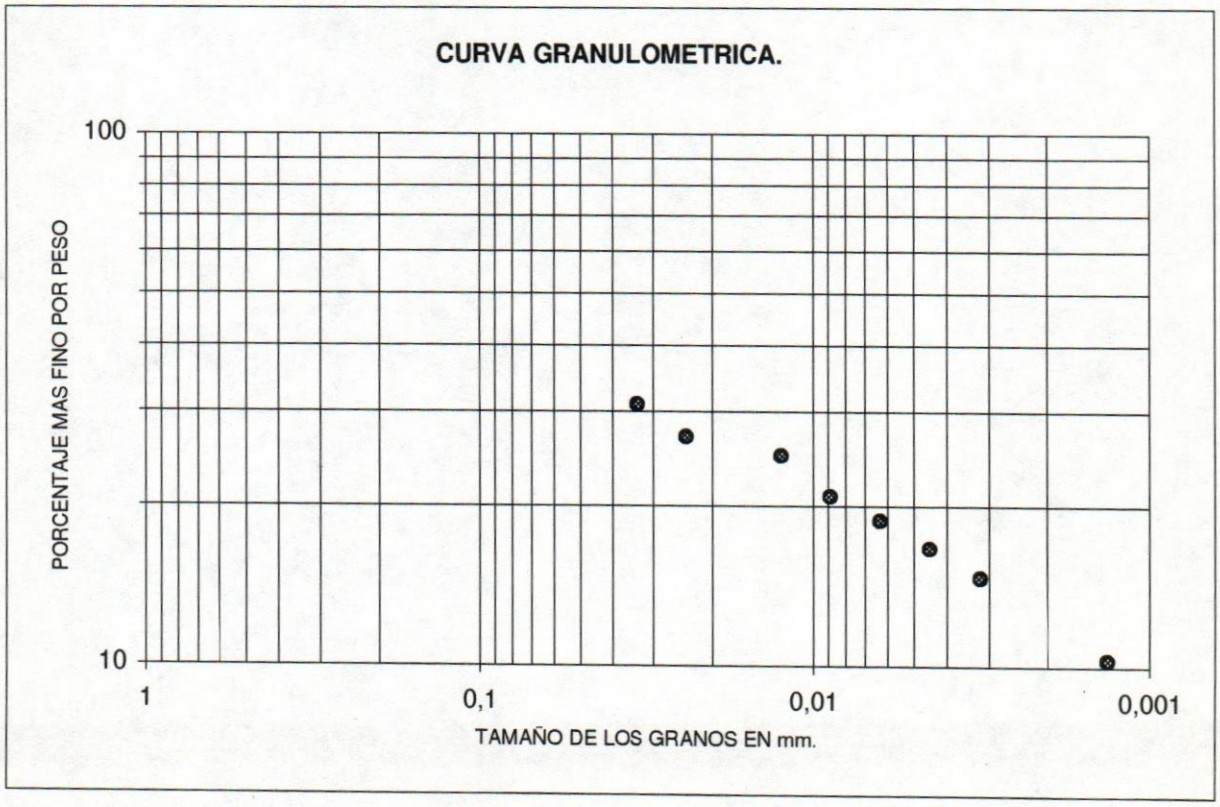
MUESTRA: M - 3
SITUACION: GUATIRE
Fecha : 30 / 07 / 1996

Capsula Nº : 8 Cilindro Nº : 7 Hidrómetro : **152 - H**
Correc. menisco (Cm) gr. / lt: 1,00

Agente Defloculante **Polifosfato de Sodio.** Cantidad (ml) : 100,00
Correcc. agente defloculante y punto cero (Cd) : 2,44

Peso Cápsula + suelo seco (gr): 72,38
Peso Cápsula (gr) : 22,38
Peso Suelo Seco (gr) : 50,00
Gravedad Específica : 2,80

Hora	Tiempo Transcurrido (min)	Temp. ºC	Lectura Hidrómetro R'	Lectura Corregida (R) (R' + Cm)	Profundidad Efectiva L	Diámetro de Partícula (mm)	Ct	R - Cd ± Ct	**Porcentaje Mas fino**	
									Parcial	**Total**
10:00	1	25,7	17	17,00	13,30	0,04711	1,91	16,47	32,94	32,94
10:02	2	25,7	16	16,00	13,50	0,03356	1,91	15,47	30,94	30,94
10:04	4	25,7	14	14,00	13,80	0,02399	1,91	13,47	26,94	26,94
10:15	15	25,6	13	13,00	14,00	0,01247	1,88	12,44	24,88	24,88
10:30	30	25,5	11	11,00	14,30	0,00890	1,85	10,41	20,82	20,82
11:00	60	25,4	10	10,00	14,50	0,00632	1,82	9,38	18,76	18,76
12:00	120	25,2	9	9,00	14,70	0,00450	1,76	8,32	16,64	16,64
02:00	240	25,2	8	8,00	14,80	0,00319	1,76	7,32	14,64	14,64
10:00	1440	24,7	6	6,00	15,20	0,00133	1,58	5,14	10,28	10,28



ENSAYO AZUL DE METILENO

MUESTRA Nº : M - 3 REACCION H_2O_2 : + HUMEDAD : 11,44 %

TAMAÑO MAXIMO DE LOS GRANOS DE LA MUESTRA : **PASA** 40

(REFERIDO AL CEDAZO U.S. GAUGE. INDICANDO LA ABERTURA MINIMA POR LA QUE PASA EL 95 % DEL

PESO DEL SUELO HUMEDO : 10,00 gr

PESO DEL SUELO SECO : 8,97 gr (M)

NO MAYOR DE 15 gr. SI TODO PASA EL CEDAZO # 200

REACCION PARA DOSIS GRUESA DE 5 c.c. Y DOSIS FINA DE 2 c.c. :
MARCAR (+) = POSITIVO; (-) = NEGATIVO.

5 c.c.	10 c.c.	1 min	2 mim	3 mim	4 mim	5 min									
-	+	+	+	+	+	+									

RESULTADO
5 c.c.

Porcentaje de coloides 11,9 %

VALOR AZUL : **V =** 5,00 c.c.

$$In = \frac{P}{\%\ coloides} = 4{,}70 \quad \textbf{POCO ACTIVO}$$

$$P = \frac{V}{M} = 0{,}56 = gr / 100\ gr.$$

$$Mo = \frac{P}{319.86} = 0{,}002\ moles$$

Superficie específica de los coloides = 115,0 m^2/gr

ENSAYO DE COMPACTACION.

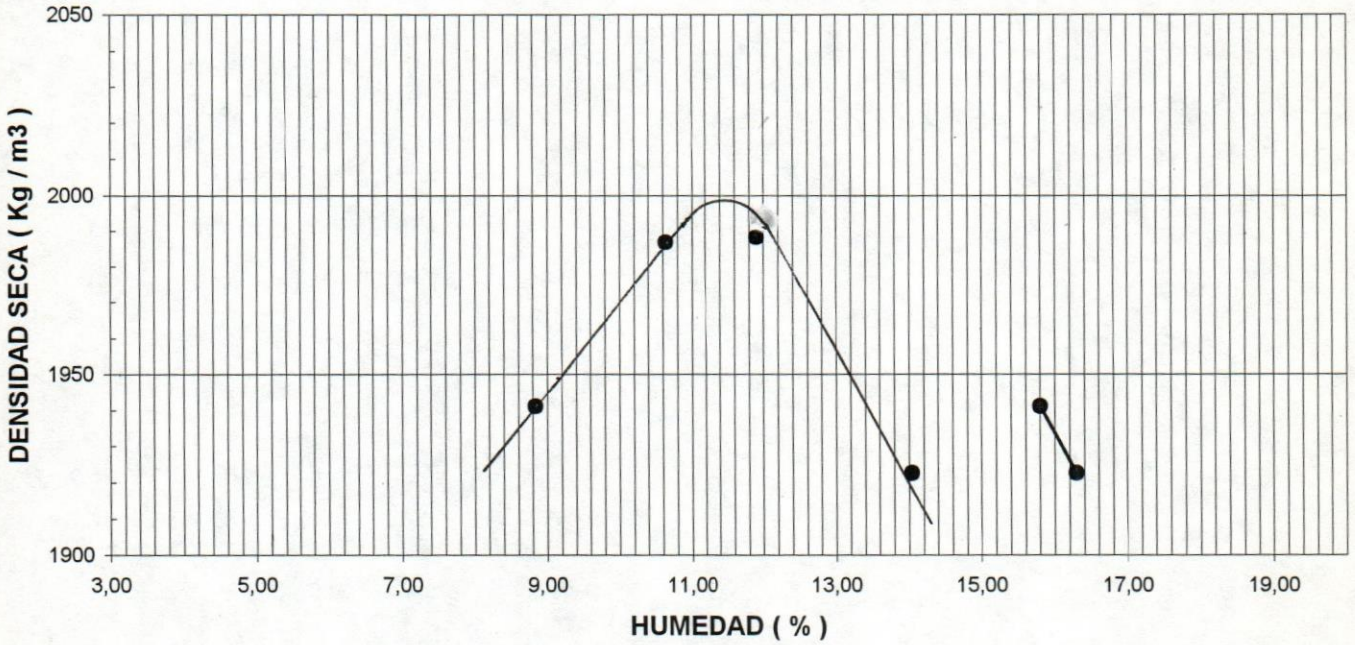
MUESTRA : M - 3
UBICACION : GUATIRE

ENERGIA DE COMPACTACION : 12150,00 lb pie / pie^3

FECHA : AGOSTO 96 Gs = **2,8**

MOLDE	PESO (gr) : 4220,0		CALCULO DE HUMEDAD (PESO EN GRAMOS)							DENSIDAD SECA Kg / m^3
	VOL (cm^3): 934,88		ENVASE Nº	PESO ENVASE	ENVASE + SUELO HUMEDO	ENVASE + SUELO SECO	AGUA	SUELO SECO	HUMEDAD %	
MOLDE + SUELO (gr)	PESO SUELO (gr)	DENS HUM. Kg / m^3								
6195	1975,00	2112,57	37	24,02	140,65	131,26	9,39	107,24	8,76	1941,0
			59	25,64	134,20	125,31	8,89	99,67	8,92	
6275	2055,00	2198,14	24	23,27	154,01	141,29	12,72	118,02	10,78	1986,8
			92	24,71	126,04	116,41	9,63	91,70	10,50	
6300	2080,00	2224,88	2	22,68	136,04	123,95	12,09	101,27	11,94	1988,1
			32	22,45	122,13	111,54	10,59	89,09	11,89	
6270	2050,00	2192,79	85	23,96	124,61	112,20	12,41	88,24	14,06	1922,7
			47	22,47	122,58	110,26	12,32	87,79	14,03	

CURVA DE COMPACTACION



DENSIDAD MAXIMA SECA (Kg/m^3): 2000,00 **HUMEDAD OPTIMA (%) :** 11,60

ENSAYO DE COMPACTACION.

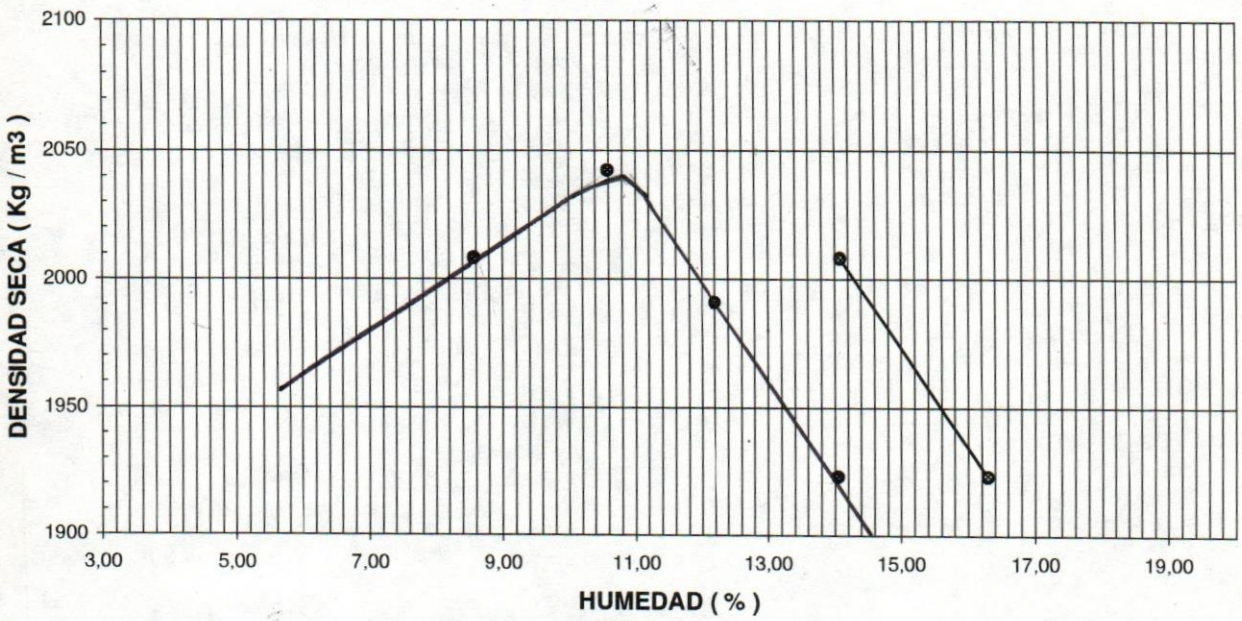
MUESTRA : M - 3
UBICACION : GUATIRE

ENERGIA DE COMPACTACION : 25650,00 lb pie / pie^3

FECHA : AGOSTO 96 Gs = **2,8**

MOLDE	PESO (gr) : 4220,0		**CALCULO DE HUMEDAD (PESO EN GRAMOS)**							
	VOL (cm^3): 934,88		ENVASE	PESO	ENVASE +	ENVASE +		SUELO	HUMEDAD	DENSIDAD
MOLDE + SUELO (gr)	PESO SUELO (gr)	DENS HUM. Kg / m^3	Nº	ENVASE	SUELO HUMEDO	SUELO SECO	AGUA	SECO	%	SECA Kg / m^3
6258	2038,00	2179,96	60	24,13	139,60	130,35	9,25	106,22	8,71	2007,9
			51	22,86	122,25	114,52	7,73	91,66	8,43	
6331	2111,00	2258,04	8	22,33	130,15	119,95	10,20	97,62	10,45	2041,9
			43	23,60	134,41	123,68	10,73	100,08	10,72	
6308	2088,00	2233,44	87	23,72	132,14	120,31	11,83	96,59	12,25	1990,6
			54	23,53	140,42	127,76	12,66	104,23	12,15	
6270	2050,00	2192,79	18	23,81	110,40	99,78	10,62	75,97	13,98	1922,6
			84	22,92	115,09	103,68	11,41	80,76	14,13	

CURVA DE COMPACTACION

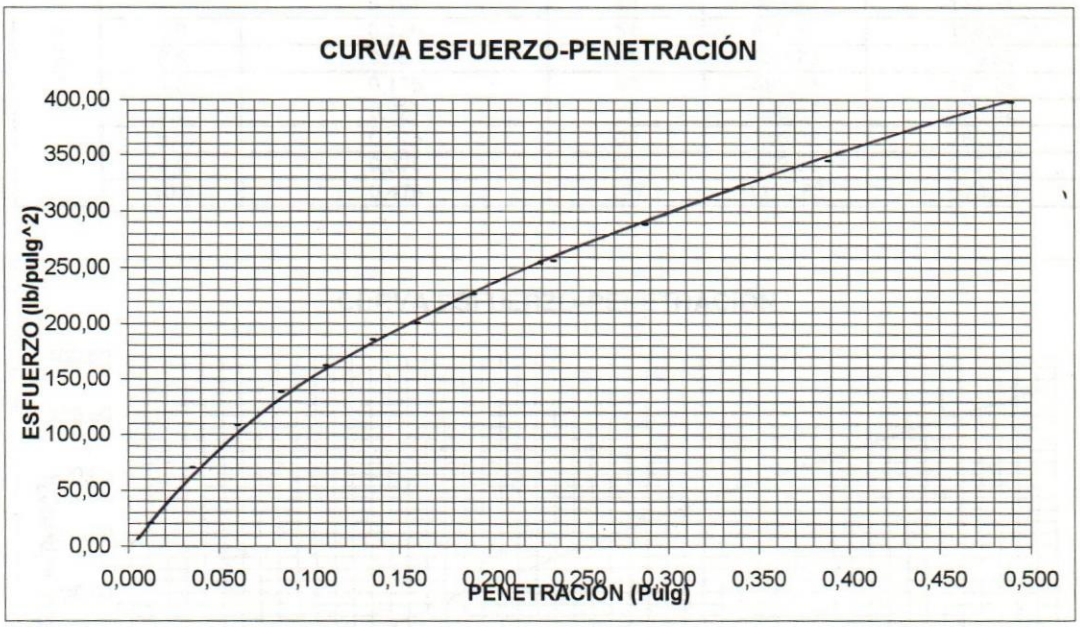


DENSIDAD MAXIMA SECA (Kg/m^3): 2040,00 **HUMEDAD OPTIMA (%) :** 10,80

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA :	M - 3		
UBICACIÓN:	0 - 10 cm.	**Ec:**	12523 lb pie / pie^3
MUESTRA:	11378 gr.	**DENSIDAD:**	2,08 gr / cm^3
SOBRECARGA :	2264,4 gr.	**PROFUND:**	6,0 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lb / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,011	7	61,82	20,61
	1,0	0,034	24	211,96	70,65
	1,5	0,059	37	326,77	108,92
	2,0	0,083	47	415,09	138,36
	2,5	0,108	55	485,74	161,91
	3,0	0,134	63	556,40	185,47
	3,5	0,159	68	600,56	200,19
	4,0	0,190	77	680,04	226,68
	5,0	0,235	87	768,36	256,12
	6,0	0,286	98	865,51	288,50
	8,0	0,387	117	1033,31	344,44
	10,0	0,488	135	1192,28	397,43



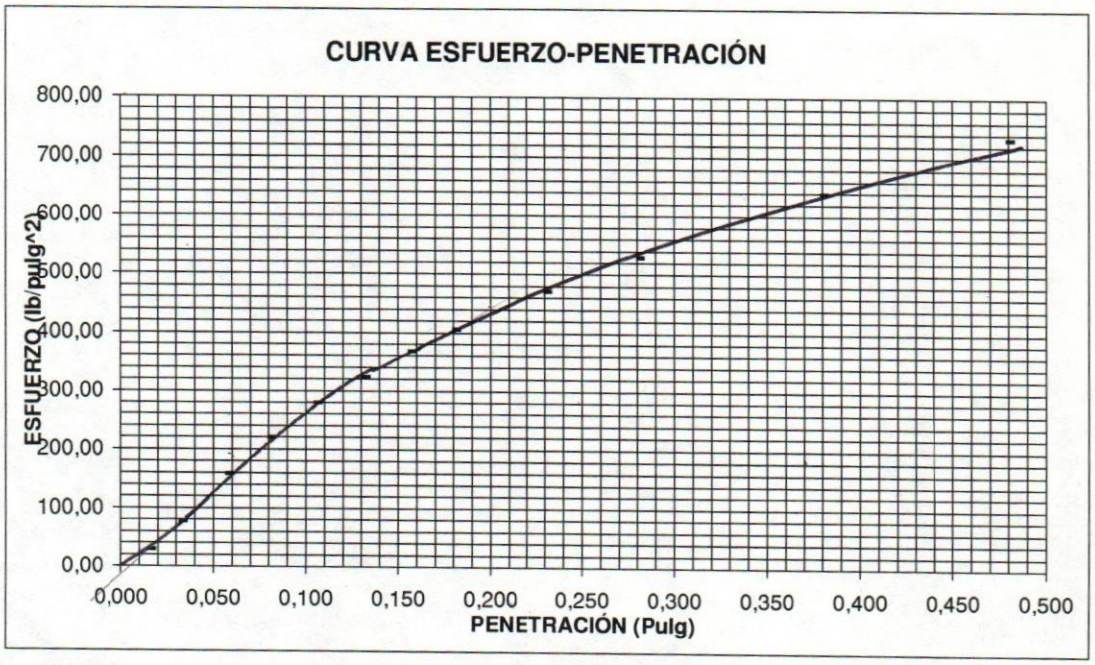
C.B.R.0,1 = 15,50% **C.B.R.0,2=** 15,67%

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA : M - 3
UBICACIÓN: 0 - 10 cm.
PESO MUESTRA: 11545 gr.
SOBRECARGA : 2269,7 gr.

Ec: 26089 lb pie / pie^3
DENSIDAD: 2,17 gr / cm^3
PROFUND: 5,7 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lb / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,015	10	88,32	29,44
	1,0	0,032	26	229,62	76,54
	1,5	0,057	54	476,91	158,97
	2,0	0,080	75	662,38	220,79
	2,5	0,105	95	839,01	279,67
	3,0	0,131	110	971,49	323,83
	3,5	0,156	125	1103,96	367,99
	4,0	0,180	138	1218,78	406,26
	5,0	0,230	160	1413,07	471,02
	6,0	0,280	180	1589,71	529,90
	8,0	0,379	217	1916,48	638,83
	10,0	0,479	249	2199,10	733,03



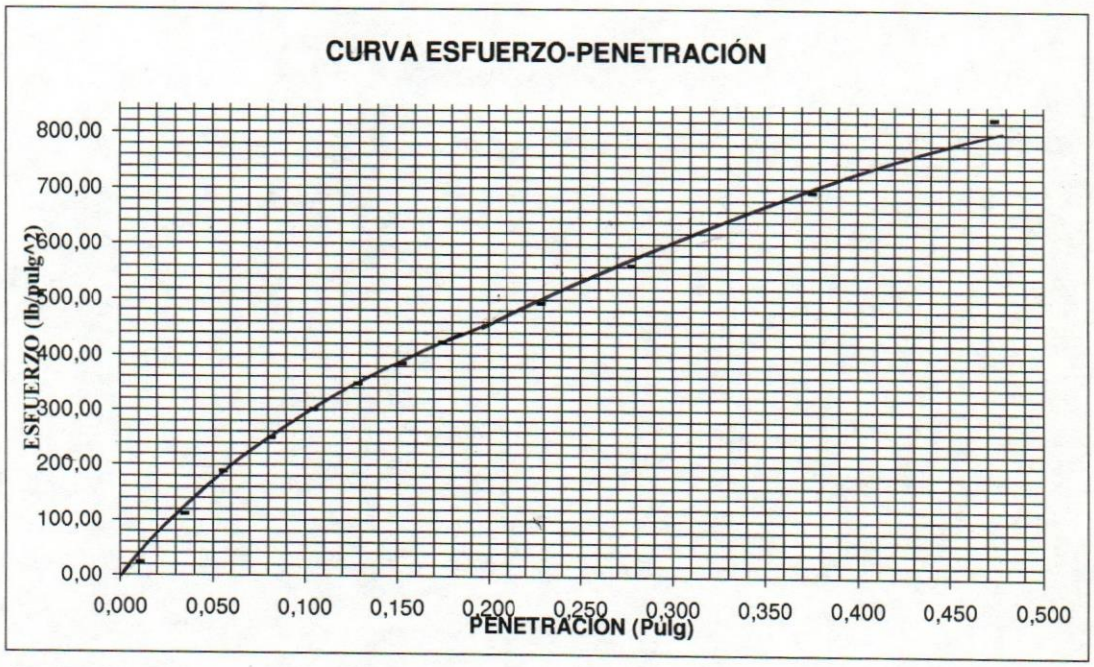
C.B.R.0,1 = 28% **C.B.R.0,2=** 29,67%

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA : M - 3
UBICACIÓN: 20 - 30 cm.
MUESTRA: 11693 gr.
SOBRECARGA : 9074,8 gr.

Ec: 26089 lb pie / pie^3
DENSIDAD: 2,24 gr / cm^3
PROFUND: 22,2 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lb / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,009	8	70,65	23,55
	1,0	0,033	38	335,61	111,87
	1,5	0,054	64	565,23	188,41
	2,0	0,080	85	750,70	250,23
	2,5	0,103	102	900,84	300,28
	3,0	0,127	118	1042,14	347,38
	3,5	0,151	131	1156,96	385,65
	4,0	0,173	144	1271,77	423,92
	5,0	0,227	168	1483,73	494,58
	6,0	0,276	191	1686,86	562,29
	8,0	0,374	236	2084,29	694,76
	10,0	0,472	281	2481,71	827,24



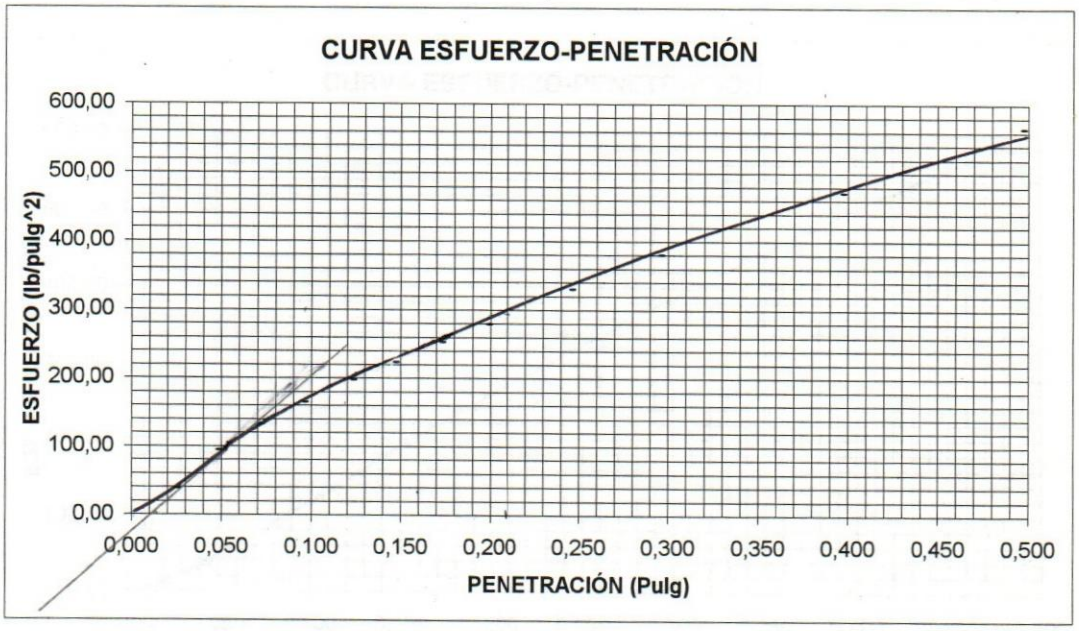
C.B.R.0,1 = 29% **C.B.R.0,2=** 30,67%

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA : M - 3
UBICACIÓN: 30 - 40 cm.
MUESTRA: 11667 gr.
SOBRECARGA : 13687,6 gr.

Ec: 26089 lb pie / pie^3
DENSIDAD: 2,23 gr / cm^3
PROFUND: 33,7 cm.

	Tiempo en minutos	Penetración en pulgadas	Anillo Nº 1514 Lec. micr.	Area pistón : 3" Carg. lbs.	Factor : 4,0096 Esf. lb / pg^2
Ensayo de penetración	0,5	0,024	13	114,81	38,27
	1,0	0,047	32	282,61	94,20
	1,5	0,071	45	397,43	132,48
	2,0	0,095	56	494,58	164,86
	2,5	0,122	67	591,73	197,24
	3,0	0,146	76	671,21	223,74
	3,5	0,172	86	759,53	253,18
	4,0	0,198	95	839,01	279,67
	5,0	0,245	112	989,15	329,72
	6,0	0,295	129	1139,29	379,76
	8,0	0,396	160	1413,07	471,02
	10,0	0,496	192	1695,69	565,23



C.B.R.0,1 = 18% **C.B.R.0,2=** 19,33%

ENSAYO DE CONO DINAMICO

	Lectura Inicial	Lectura Final	Avance	N- de golpes	mm / golpe
ARENA Ec: 12781,82 lb pie / pie^3	0,0	10,0	10,0	13	7,6923
	10,0	20,0	10,0	21	4,7619
	40,0	50,0	10,0	26	3,8462
	50,0	61,0	11,0	30	3,6667
	36,1	45,5	9,4	33	2,8485
	46,5	56,5	10,0	39	2,5641
	21,0	31,7	10,7	33	3,2424
	31,3	41,5	10,2	36	2,8333
ARENA Ec: 25164,21 lb pie / pie^3	57,5	67,5	10,0	24	4,1667
	47,5	57,5	10,0	47	2,1277
	37,4	47,5	10,1	62	1,6290
	27,3	37,2	9,9	66	1,5000
	17,4	27,3	9,9	68	1,4559
	7,3	17,4	10,1	70	1,4429
	57,2	67,3	10,1	45	2,2444
	47,3	57,2	9,9	49	2,0204
ARCILLA Ec: 12781,82 lb pie / pie^3	57,3	67,8	10,5	8	13,1250
	46,7	57,3	10,6	9	11,7778
	36,6	46,7	10,1	8	12,6250
	25,9	36,6	10,7	8	13,3750
	15,9	25,9	10,0	10	10,0000
	5,5	15,9	10,4	10	10,4000
	55,6	65,6	10,0	9	11,1111
	45,8	55,6	9,8	11	8,9091
ARCILLA Ec: 25164,21 lb pie / pie^3	58,2	68,0	9,8	11	8,9091
	48,2	58,2	10,0	16	6,2500
	38,4	48,2	9,8	16	6,1250
	28,2	38,4	10,2	16	6,3750
	18,2	28,2	10,0	19	5,2632
	8,5	18,2	9,7	19	5,1053
	3,5	13,4	9,9	18	5,5000
	46,1	55,6	9,5	19	5,0000
ARENA LIMOSA Ec: 12781,82 lb pie / pie^3	30,0	19,7	10,3	15	6,8667
	19,7	9,0	10,7	16	6,6875
	30,0	20,2	9,8	17	5,7647
	20,2	9,8	10,4	20	5,2000
	30,0	19,2	10,8	21	5,1429
	20,5	10,0	10,5	22	4,7727
	16,0	5,5	10,5	22	4,7727
	30,0	19,5	10,5	24	4,3750
ARENA LIMOSA Ec: 25164,21lbpie/pie^3	29,0	19,6	9,4	12	7,8333
	19,6	9,3	10,3	18	5,7222
	30,0	19,6	10,4	23	4,5217
	19,6	9,3	10,3	38	2,7105
	20,0	9,9	10,1	47	2,1489
	16,5	6,0	10,5	32	3,2813
	10,9	0,6	10,3	46	2,2391