

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **GENERALIDADES.**

Las bases y sub-bases son capas de material pétreo adecuadamente seleccionadas para traspasar las cargas de la carpeta de rodadura a la sub-rasante. Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, la ubicación de estos materiales dentro de la estructura de un pavimento, está dada por las propiedades mecánicas de cada una de ellas.

**SUB-BASE:** Es la capa granular localizada entre la sub-rasante y la base en pavimentos flexibles o rígidos y ocasionalmente, sobre todo en pavimentos rígidos, se puede prescindir de ella. Tiene como función prevenir la intrusión de los finos del suelo de sub-rasante en las capas de base, para lo cual se debe especificar materiales de graduación relativamente densa para este propósito. Así también:

- Minimizar los daños por efecto de las heladas y en estos casos se debe especificar materiales con alto porcentaje de vacíos.
- Ayuda a prevenir la acumulación de agua libre dentro de la estructura del pavimento. En este caso se debe especificar material de libre drenaje y colectores para evacuar el agua.
- Proveer una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.
- Dar soporte a las capas estructurales siguientes.

Los materiales que se utilizan son partículas limpias, con suelos tipo grava arenosa, arenas arcillosas o suelos similares, que cumplan los siguientes requisitos:

- Inorgánicos.
- Libres de materia vegetal.

- Libres de escombros.
- Libres de material congelado.
- Sin presencia de terrones.
- Sin presencia de trozos degradables.

**BASES:** Capa sobre sub-base o sub-rasante destinada a sustentar la estructura del pavimento. Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. Regularmente esta capa además de la compactación, necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

### **JUSTIFICACIÓN.**

Una carpeta ya sea rígida o flexible, cuando se coloca directamente sobre el terreno nos prestará un buen servicio, en caso que el suelo reúna las condiciones adecuadas. Cuando no reúne las condiciones adecuadas una de las alternativas que técnica y económicamente son más viables son las mezclas estabilizadas granulométricamente para capas sub base y base.

La Sub-base transforma un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente de material de sub-base (no siempre se emplea en el pavimento), impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evitar que el pavimento sea absorbido por la sub-rasante.

La base es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionantes es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

Los materiales para sub-base y base estarán sujetos a tratamientos que lleguen a requerir para cumplir con las especificaciones adecuadas (norma ABC), debido a que no encontramos el material que cumpla dichas especificaciones de manera directa, es decir, de un depósito de material, buscamos la manera mediante la cual el material con el que

contamos en nuestros bancos de materiales sea óptimo para dichas capas, una de las maneras es recurriendo a la estabilización.

En la actualidad existen varias clases de estabilizaciones ya sea utilizando materiales pétreos o algún aditivo. En el presente trabajo se utilizará la estabilización suelo-suelo queriendo llegar a la mejor dosificación porcentual de tres tipos de materiales (material grueso, material intermedio y material fino) buscando que la mezcla de estos nos lleve al cumplimiento de las especificaciones que nos brinda la norma para el material de una sub-base y una base que se emplea en carreteras.

Si bien este trabajo cuya aplicación está concentrado solo a unos cuantos materiales, los resultados del mismo podrán ser utilizado en diferentes proyectos viales en la región ya que en un futuro se presentarán los mismos materiales para el emplazamiento de una carretera, pudiendo utilizar la información de este documento para tener la mejor opción para la estabilización del suelo donde se trabajara.

### **SITUACIÓN PROBLEMA.**

Los materiales para sub-base y base estarán sujetos a los tratamientos mecánicos que lleguen a requerir para cumplir con las especificaciones adecuadas, siendo los más usuales: la eliminación de desperdicios, el disgregado, el cribado, la trituración y en algunas ocasiones el lavado.

Es de gran importancia conocer el tipo de terreno con el que se va a trabajar así como la disponibilidad de material que hay en la zona de trabajo; habiendo diferentes lugares donde se construyen carreteras, tenemos una infinidad de materiales que pueden ser utilizados para las capas sub base y base luego de ser sometidos a un tratamiento para que estos materiales cumplan las especificaciones establecidas por la norma ABC.

Teniendo en cada zona de trabajo materiales que podrían ser utilizados para las capas ya mencionadas tomando en cuenta el lugar, el clima y las características que presentan los materiales del lugar, se podría realizar diferentes métodos para la estabilización de estos materiales y que estos sean aptos para el uso de las capas sub base y base de la carretera en construcción.

Sabemos que al tener buenas capas bases tendremos una buena carretera, por este motivo debemos optar por realizar los métodos que sean necesarios para obtener optimas capas ya sean sub bases o bases.

Por todo lo dicho anteriormente sería muy importante optar por el uso del método de estabilización granulométrica ya que podremos utilizar materiales naturales que se encuentre en la zona de trabajo y obtener el material apto para las capas tanto sub base como base.

### **PROBLEMA.**

En la ejecución de carreteras los elementos fundamentales son los materiales, en la mayoría de los caso un material natural no cumple con las especificaciones de capa sub base y capa base, siendo necesario la mezcla de materiales, de la misma se debe obtener los efectos que estas producen ya que son desconocidas.

### **OBJETIVOS.**

#### **OBJETIVO GENERAL.**

Realizar la valoración de los efectos de mezclas estabilizadas granulométricamente para materiales de capa sub-base y base, utilizando materiales de los bancos: Santa Ana y el Rancho para mejorar las especificaciones técnicas.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Analizar los aspectos generales sobre los tipos de estabilización y particularmente sobre las mezclas estabilizadas granulométricamente.
- Analizar las características y propiedades de los materiales de capa base y sub base.
- Realizar diferentes combinaciones con los materiales obtenidos para cada capa.
- Realizar los ensayos: Granulometría, Límites de Atterberg, Compactación y CBR que determina las características físico-mecánicas de para cada combinación de materiales.
- Analizar los resultados obtenidos y verificar cuales de dichas combinaciones cumplen con las características que establece la Norma ABC para capas bases y sub-bases.
- Determinar resultados y recomendaciones sobre la valoración de los efectos de mezclas de estabilizaciones granulométricas para bases y sub-bases.

## **HIPÓTESIS.**

Demostrar que el mezclado de 3 materiales estabilizados granulométricamente mejoraría la eficiencia en las características físico-mecánicas para la utilización de materiales para capa sub-base y base.

## **VARIABLES.**



Las variables que tenemos son la independiente y la dependiente, siendo en este trabajo la variable independiente los materiales con los que se trabaja y la variable dependiente las propiedades físico-mecánicas que se obtienen luego de realizar la aplicación del método a ser utilizado.

Las propiedades físico-mecánicas van a variar dependiendo de los materiales que se utiliza ya que cada material tiene propiedades diferentes entre sí y estas varían al ser mezcladas y sometidas a los diferentes ensayos de laboratorio.

## **ALCANCE.**

El alcance general de la presente investigación tiene por objeto la valoración de los efectos de las mezclas estabilizadas granulométricamente para materiales para bases y sub-bases, para lo cual se planteó objetivos, una justificación así además una serie de definiciones para la mejor comprensión de esta investigación.

Se ubicará las zonas de los materiales que estarán sujetos a la investigación, donde realizaremos el muestreo para poder empezar a realizar los ensayos correspondientes. Se

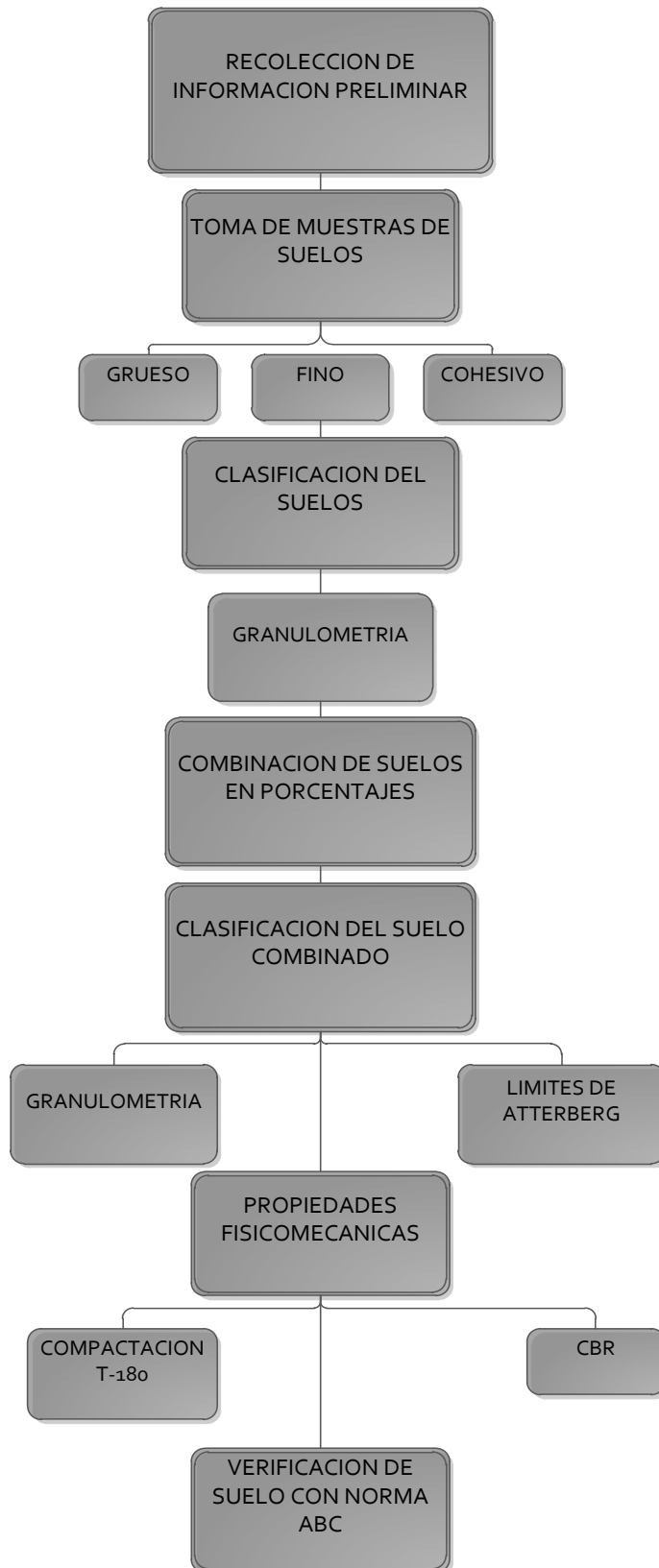
realizaran diferentes combinaciones para los ensayos, es decir, darle a cada combinación un cierto porcentaje de cada material usado para la estabilización granulométrica buscando conocer cuál de dichas combinaciones cumpliría con las normas establecidas para el uso de materiales para bases y sub-bases.

Esta investigación contará con el detalle del procedimiento que se realizará para poder llegar a conocer las propiedades físico-mecánicas de cada combinación. Además con los resultados obtenidos se realizara un análisis para poder llegar al resultado planteado como objetivo principal del trabajo.

Finalmente se presentaran las conclusiones y recomendaciones, donde se da a conocer los resultados obtenidos y su previo análisis llegando así a la conclusión de la valoración de las mezclas estabilizadas.

También se establecen las recomendaciones necesarias para realizar dichas prácticas de para poder obtener los resultados esperados.

## **METODOLOGIA.**



## CAPITULO II

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### AGREGADOS PETREOS PARA SUB-BASE Y BASE

##### INTRODUCCIÓN.

De acuerdo a la definición de la Real Academia Española: **pétreo** (del latín *Petreus*;) es aquel material proveniente de la roca, piedra o peñasco, regularmente se encuentran en forma de bloques, losetas o fragmentos de distintos tamaños, esto principalmente en la naturaleza, aunque de igual modo existen otros que son procesados e industrializados por el hombre.

Dentro de la clasificación de los materiales pétreos podemos encontrar 3 tipos:

**Naturales** Localizados en yacimientos naturales, para utilizarlos sólo es necesario que sean seleccionados, refinados y clasificados por tamaños. Comúnmente se hallan en yacimientos, canteras y/o graveras.

**Artificiales** Se localizan en macizos rocosos, para obtenerlos se emplean procedimientos de voladura con explosivos, posteriormente se limpian, machacan y clasifican y con ello se procede a utilizarlos.

**Industriales** Son aquellos que han pasado por diferentes procesos de fabricación, tal como productos de deshecho, materiales calcinados, procedentes de demoliciones o algunos que ya han sido manufacturados y mejorados por el hombre.

##### AGREGADOS PETREOS.

Son materiales granulares sólidos inertes que se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos y con granulometrías adecuadas; se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos. (Smith M. R. and L. Collins, 1994).

## **TIPOS DE AGREGADOS PETREOS.**

El tipo de agregado pétreo se puede determinar de acuerdo a la procedencia y a la técnica empleada para su aprovechamiento; se pueden clasificar en los siguientes tipos:

### **a) Agregados Naturales.**

Son aquellos que se utilizan solamente después de una modificación de su distribución de tamaño para adaptarse a las exigencias según su disposición final.

### **b) Agregados de Trituración.**

Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera ó de las granulometrías de rechazo de los agregados naturales. Se incluyen todos los materiales extraídos de canteras cuyas propiedades físicas sean adecuadas.

### **c) Agregados Artificiales.**

Son los subproductos de procesos industriales, como ciertas escorias o materiales procedentes de demoliciones, utilizables y reciclables.

### **d) Agregados Marginales.**

Los agregados marginales engloban a todos los materiales que no cumplen alguna de las especificaciones vigentes.

Existe también la clasificación de los materiales pétreos de acuerdo a su tamaño, esta clasificación nos ayudará a tener un mejor entendimiento de los materiales pétreos se son utilizados para la realización de una carpeta asfáltica.

## **Clasificación del agregado pétreo de acuerdo a su tamaño.**

### **➤ Agregado grueso.**

Las exigencias de forma para el agregado grueso varían ligeramente, con un mismo tráfico, para las mezclas asfálticas. Lo ideal es que las partículas presenten formas cuboides, evitando o restringiendo las formas planas, alargadas y en forma de lajas, ya que como lo hemos dicho antes, este tipo de forma es muy susceptible a quebrarse bajo condiciones de carga de tráfico, lo que modifica las granulometrías y las propiedades iniciales de las mezclas.

Existen restricciones en las normativas de materiales para pavimentos en donde se restringe el uso de partículas con estas formas no deseadas, por medio de los índices de lajas y de agujas de las distintas fracciones del árido grueso.

➤ **Agregado fino.**

El agregado fino deberá proceder de la trituración de piedra de cantera o grava natural en su totalidad, o en parte de yacimientos naturales. Existen limitaciones en la proporción de agregado fino no triturado a emplear en las mezclas. Regularmente se emplea arena natural en la elaboración de mezclas asfálticas que van a ser empleadas en pavimentos con una baja intensidad de tráfico y a bajos niveles de cargas.

➤ **Polvo mineral (filler).**

El filler o polvo mineral de aportación es un producto comercial de naturaleza pulverulenta (cemento normalmente o cenizas volantes de central térmica) o un polvo en general calizo, especialmente preparado para utilizarlo en mástico para mezclas asfálticas. Cuando se trata de un producto comercial, se garantiza perfectamente su control y se conocen sus propiedades tanto físicas como químicas y su futuro comportamiento en la mezcla.

El polvo mineral podrá proceder de los agregados, separándose de ellos por medio de los ciclones de la central de fabricación, o aportarse a la mezcla por separado de aquéllos como un producto comercial o especialmente preparado.

Las proporciones del polvo mineral de aportación a emplear en la mezcla deben cumplir lo que fijen las normas, debido a que es un material que se debe de utilizar en proporciones adecuadas en cada tipo de mezcla y condiciones, para obtener un resultado óptimo.

## **PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.**

### **PROPIEDADES FÍSICAS.**

- **Conductividad eléctrica:** La conductividad eléctrica es la propiedad que tienen los cuerpos de permitir el paso de la corriente. Cuanto mayor es la conductividad eléctrica de un material, más fácilmente se desplazan las cargas por su interior. Los pétreos bien secos son buenos aislantes eléctricos.
- **Conductividad Térmica:** La conductividad térmica es la propiedad que tienen los cuerpos de transmitir el calor. Cuanto mayor es la conductividad térmica de un

material, más fácilmente se transmite el calor a través de él. Los pétreos bien secos son buenos aislantes térmicos.

- **Densidad:** La densidad es la cantidad de masa de material por unidad de volumen. En general, la densidad de los pétreos es alta, mayor que la del agua.
- **Dilatación:** La dilatación es la variación relativa de las dimensiones de un material a causa de un cambio de temperatura. Se ha de tener muy en cuenta en la construcción de obra civil grande; como puentes, viviendas, edificios, etc.
- **Porosidad:** La porosidad es el cociente del volumen de poros entre el volumen total de material. Las rocas son porosas.

## **PROPIEDADES MECÁNICAS.**

### **TIPOS DE ESFUERZOS.**

Cuando, sobre un cuerpo, actúan fuerzas de cualquier clase, decimos que el cuerpo soporta un esfuerzo. La reacción de una pieza de un determinado material sometida a un esfuerzo depende de diversos factores: de la intensidad del esfuerzo, de las medidas de la pieza, del material del que está hecha y, también, del tipo de esfuerzo.

Distinguimos los siguientes tipos principales de esfuerzos:

- **Tracción:** La tracción es el esfuerzo al cual está sometida una pieza por la acción de dos fuerzas opuestas que la estiran. Un esfuerzo de esta clase aumenta siempre la longitud de la pieza en la dirección de las fuerzas y, si es bastante intenso, reduce su sección transversal y, finalmente, la rompe.
- **Compresión:** La compresión es el esfuerzo al cual está sometida una pieza por la acción de dos fuerzas opuestas que la aplastan. Un esfuerzo de esta clase reduce la longitud de la pieza en la dirección de las fuerzas y, si es bastante intenso, aumenta su sección transversal y, finalmente, la rompe.
- **Flexión:** La flexión es el esfuerzo al cual está sometida una pieza por la acción de fuerzas que tienden a doblarla. Un esfuerzo de esta clase siempre hace que la pieza se curve y, si es bastante intenso, acaba por romperla.
- **Torsión:** La torsión es el esfuerzo al cual está sometida una pieza por la acción de dos fuerzas que tienden a retorcerla, a deformarla alrededor de un eje. Un esfuerzo

de esta clase siempre produce deformaciones en la pieza y, si es bastante intenso, acaba por romperla.

### **RESPUESTA A LOS ESFUERZOS.**

Cada material responde de una manera característica a los distintos tipos de esfuerzo, según su intensidad.

A pesar de estas diferencias, pueden extraerse algunas conclusiones generales. A medida que la intensidad del esfuerzo aumenta, los materiales muestran primero sus propiedades elásticas, después sus propiedades plásticas y, finalmente, sus propiedades de resistencia.

- **Elasticidad:** La elasticidad es la propiedad que tienen los materiales de deformarse cuando soportan un esfuerzo y volver a su forma inicial cuando dejan de soportarlo. Un material se comporta de manera elástica cuando padece esfuerzos de intensidad baja hasta un determinado límite, denominado límite de elasticidad, que es característico de cada material. Si se supera, la deformación se hace permanente y el material puede llegar a romperse.
- **Plasticidad:** La plasticidad es la propiedad que tienen los materiales de conservar las deformaciones producidas por la acción de un esfuerzo cuando lo dejan de soportar. Un material se comporta de manera plástica cuando padece esfuerzos de intensidad superior a su límite de elasticidad para el tipo concreto de esfuerzo. Los materiales dúctiles permiten obtener varillas o hilos fácilmente.
- **Resistencia:** La resistencia es la propiedad que tienen los materiales de soportar esfuerzos sin romperse. Sean cuales sean el material y el tipo de esfuerzo que se le aplique, finalmente se producirá la rotura. Respecto a la resistencia, la única cosa importante es la intensidad del esfuerzo que la provoca. Se dice que los materiales que soportan esfuerzos de una gran intensidad sin romperse son muy resistentes y que los materiales que se rompen con esfuerzos de intensidad baja son poco resistentes.
- **Dureza:** La dureza es la propiedad que tienen los materiales de oponerse a ser rayados o penetrados.
- **Tenacidad:** La tenacidad es la resistencia a la rotura que presenta un material cuando se lo golpea. La respuesta de los materiales cuando los esfuerzos que se les

aplican son súbitos es, en general, bastante diferente a la que muestran cuando se aplican poco a poco. Por lo tanto, esta respuesta se caracteriza mediante propiedades diferentes a la elasticidad, la plasticidad y la resistencia. Una de estas otras propiedades es la tenacidad.

- **Fatiga:** La fatiga es la resistencia a la rotura que presenta un material cuando se lo somete a esfuerzos repetidos. Los materiales tampoco se comportan igual bajo esfuerzos cuando se los aplica repetidamente. En general, se necesita un esfuerzo más intenso para romper una pieza con una única aplicación que para romperla aplicándolo insistentemente.

### **ESPECIFICACIONES DE LOS AGREGADOS PARA SUB-BASES Y BASES.**

La construcción de la capa Sub-base consiste en el suministro, transporte, colocación, sobre la subrasante definida en los diseños, conformación y compactación de grava, piedra partida, arenilla u otro material granular aprobado por la Norma.

La construcción de la capa Base consiste en el suministro, transporte, colocación, conformación y compactación de una o varias capas de base para pavimento, sobre una sub-base o una subrasante compactada y aprobada por la Norma, de acuerdo con estas especificaciones y conforme con los alineamientos, espesores y perfiles indicados en los planos.

### **VALORES ESPECÍFICOS PARA MATERIALES PARA SUB-BASES Y BASES.**

Los agregados deben satisfacer una rigurosa especificación, en cuanto a su granulometría, dureza, caras fracturadas, índice de plasticidad, porcentaje que pasa el tamiz No. 200, porcentaje de vacíos.

**CUADRO 2.1** Valores específicos

| <b>PRUEBA</b>                 | <b>PARA SUB-BASE</b> | <b>PARA BASE</b> |
|-------------------------------|----------------------|------------------|
| <b>CBR, mínimo</b>            | 20                   | 80               |
| <b>Limite Líquido, máximo</b> | 25                   | 25               |

|                                            |    |             |
|--------------------------------------------|----|-------------|
| <b>Índice Plástico, máximo</b>             | 6  | No plástico |
| <b>Equivalente de Arena, mínimo</b>        | 25 | 35          |
| <b>Material que pasa Tamiz 200, máximo</b> | 10 | 5           |

*Fuente: Norma ABC*

## **TAMAÑO DE PARTÍCULAS Y GRADUACIÓN DE LOS AGREGADOS.**

Una propiedad clave de los agregados que se usan en las bases y superficies de las carreteras es la distribución de los tamaños de partículas al mezclarlos. La graduación de los agregados, esto es, la combinación de tamaños de partículas en la mezcla, afecta la densidad, la resistencia, y la economía de la estructura del pavimento. Se usa un análisis granulométrico para determinar las propiedades relativas de los diferentes tamaños de partículas en una mezcla de agregados minerales. Para llevarlo a cabo, se pasa una muestra pesada de agregado seco a través de un juego de mallas o tamices cuyo tamaño de abertura ha sido seleccionado previamente. Los tamices se agrupan colocando hasta arriba los que tienen la abertura mayor y debajo aquellos con aberturas sucesivamente más pequeñas. La muestra de agregado se agita con un vibrador mecánico de mallas y se determina el peso del material retenido en cada tamiz, el cual se expresa como un porcentaje de la muestra original.

El material para **sub-base** se compondrá de fragmentos de roca, gravas, arenas y limos. En cada caso, sean suelos naturales o mezclados, debe obtenerse una capa uniforme, compacta, libre de terrones de arcilla, materia orgánica, basuras, escombros, u otros elementos objetables.

Estos materiales deben cumplir las siguientes propiedades:

**CUADRO 2.2** Granulometría de capa Sub Base

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| <b>TAMIZ</b> | <b>MATERIAL</b> |
|--------------|-----------------|

|        | GRANULAR |
|--------|----------|
| 2"     | 100      |
| 1-1/2" | -        |
| 1"     | 55-100   |
| 3/4"   | -        |
| 3/8"   | 30 – 75  |
| Nº 4   | 20-65    |
| Nº 10  | 10-50    |
| Nº 40  | 5-10     |
| Nº 200 | 0-20     |

*Fuente: Norma ABC*

**Límites de Consistencia:** La fracción del material que pasa el tamiz No. 40 debe tener un índice de plasticidad menor de 6 y un límite líquido menor de 25.

**Desgaste:** El material al ser sometido al ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles, debe presentar un desgaste menor del 50%.

**Valor Relativo de Soporte, CBR:** El CBR será mayor de 25% para una densidad seca mínima del 95% con relación a la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado.

La gradación de los materiales para la **capa base** será la siguiente, excepto cuando en las especificaciones particulares se indique otra distinta.

**CUADRO 2.3** Granulometría de Capa Base

| TAMICES | LIMITES (% QUE PASA) |                   |
|---------|----------------------|-------------------|
|         | Material Natural     | Material Chancado |

|         |        |        |
|---------|--------|--------|
| 2"      | 100    | 100    |
| 1-1/2"  | 70-100 | -      |
| 1"      | 55-85  | 70-100 |
| 3/4"    | 45-75  | 60-90  |
| 3/8"    | 35-65  | 40-75  |
| No. 4   | 25-55  | 30-60  |
| No. 10  | 15-45  | 15-45  |
| No. 40  | 10-30  | 10-30  |
| No. 200 | 0-10   | 0-15   |

*Fuente: Norma ABC*

**Valor Relativo de Soporte CBR:** El material deberá presentar un CBR de laboratorio superior al 80% para una muestra remoldeada y sometida a inmersión para el 100% de compactación con relación a la densidad máxima seca del ensayo Proctor Modificado.

**Límites de Consistencia:** La fracción del material que pasa por el tamiz No. 40 debe ser NP y tener un límite líquido menor de 25%.

### **ENSAYOS PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS.**

En el Laboratorio se realizan ensayos de laboratorio y de campo para determinar algunas propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la construcción de obras civiles.

El estudio de las propiedades físicas y mecánica de los suelos, nos permite tener una acertada apreciación del tipo de suelo con el que se va a trabajar; pues, se debe considerar que todo suelo es sometido a deformaciones y tensiones internas, debido a sus propiedades como también a la influencia del medio ambiente.

Comprender las características y el comportamiento que presenta cada tipo de suelo estudiado como un elemento prescindible en la vida diaria del Ingeniero Civil. Analizar las propiedades físico-mecánicas de los suelos y así poder evaluar su capacidad de resistencia.

Los ensayos que se realizan para poder determinar dichas propiedades son:

- 1. Granulometría**
- 2. Límites de Consistencia**
- 3. Equipo para ensayo PROCTOR**
- 4. CBR**

### **ANÁLISIS GRANULOMETRICO MÉTODO MECÁNICO.**

Granulometría es la determinación de los porcentajes de grava, arena, limo y arcilla que se encuentra en cierta masa de suelo.

El método mecánico se usa en caso de que los suelos sean granulares lo que permite fácilmente determinar los porcentajes de grava y arena mediante el uso de un juego de tamices. Estos tamices con aberturas calibradas, varían desde 10.16 cm. que equivale a 4' hasta 0.074 mm. que equivale al tamiz No 200 que significa que una pulgada está dividida en 200 partes iguales.

La manera de hacer esta determinación es por medio de tamices de abertura cuadrada. El procedimiento de ejecución del ensayo es simple y consiste en tomar una muestra de suelo de peso conocido, colocarlo en el juego de tamices ordenados de mayor a menor abertura, pesando los retenidos parciales de suelo en cada tamiz. Esta separación física de la muestra en dos o más fracciones que contiene cada una de las partículas de un solo tamaño, es lo que se conoce como “Fraccionamiento”.

La determinación del peso de cada fracción que contiene partículas de un solo tamaño es llamado “Análisis Mecánico”. Este es uno de los análisis de suelo más antiguo y común, brindando la información básica por revelar la uniformidad o graduación de un material dentro de rangos establecidos, y para la clasificación por textura de un suelo.

Los materiales que se utilizan son los siguientes:

- Muestra de suelo 3000 gr.

- Juego de tamices
- Balanza de sensibilidad 0.1 gr.
- Bandejas

El procedimiento que se sigue en el desarrollo de esta práctica es el siguiente:

- Pesamos aproximadamente 3000 gr. del material para luego realizar tamizarlo.
- Tamizamos manualmente con la serie de tamices para agregado grueso, separando el agregado grueso del fino en el Tamiz No 4; obtenidos los retenidos en los respectivos tamices se procedió a pesarlos.
- Obtenidos los pesos retenidos en los diferentes tamices, se procederá a calcular los porcentajes retenidos en cada tamiz, los porcentajes retenidos acumulados, y el porcentaje que pasa a través de cada tamiz; como también determinar en base a la granulometría del suelo los coeficientes de uniformidad y curvatura.



### Ensayo de Granulometría

#### LÍMITES DE ATTERBERG.

Se define Límites de Atterberg o Límites de Consistencia como las diferentes fronteras convencionales entre cualquier de los estados o fases que un suelo pueda estar, según su

contenido de agua en orden decreciente; los estados de consistencia definidos por Atterberg son: estado líquido, estado semilíquido, estado plástico, estado semisólido y estado sólido. Llamándose límites de plasticidad a las fronteras (límite líquido y límite plástico) que definen el intervalo plástico.

Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia:

- **Estado líquido**, con las propiedades y apariencia de una suspensión.
- **Estado semilíquido**, con las propiedades de un fluido viscoso.
- **Estado plástico**, en que el suelo se comporta plásticamente.
- **Estado semisólido**, en que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado.
- **Estado sólido**, en que el volumen del suelo no varía con el secado.

Existen suelos que al ser remoldeados, cambiando su contenido de agua si es necesario, adoptan una consistencia característica, que desde épocas antiguas se ha denominado Plástica. Estos suelos han sido llamados arcillas, originalmente por los hombres dedicados a la cerámica.

En Mecánica de Suelos puede definirse la plasticidad como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

En esta práctica el procedimiento que se sigue es el siguiente:

Se procede a tamizar el suelo por medio del tamiz de malla No 40 y trabajar con el material que pasa dicho tamiz.

Los materiales utilizados en esta práctica son los siguientes:

- Aparato de Casagrande
- Espátula
- Recipiente de porcelana
- 5 taras o recipientes de aluminio
- Placa de vidrio

- Horno a temperatura de 110° C
- Tamiz No 40
- 100 gr. de suelo
- Balanza con precisión de 0,01 gr.

### **Límite Líquido.**

- Se procede a pasar cierta cantidad de material a través del tamiz No 40, el cual se utilizará para determinar el límite líquido y el límite plástico.
- A continuación se verifica si el aparato de Casagrande está debidamente calibrado, si no es así se deberá calibrar la altura de caída de la cazuela, con ayuda del extremo superior del ranurador patrón, esta altura deberá ser exactamente 1 cm.
- Se coloca el material tamizado en un recipiente de porcelana, se añade un poco de agua y se mezcla cuidadosamente con el suelo hasta lograr una pasta uniforme y una apariencia cremosa (suelo arcilloso).
- Se procede a colocar dentro de la cazuela una pequeña cantidad de suelo hasta la profundidad adecuada para el trabajo de la herramienta ranuradora, a continuación se debe emparejar la superficie de la pasta de suelo cuidadosamente con una espátula, y mediante el uso de la herramienta ranuradora, cortar una ranura clara, recta, que separe completamente la masa del suelo en dos partes, hacer el conteo de golpes hasta que la masa se cierre una longitud de 1 cm.
- Se toma una muestra para medir el contenido de humedad, se coloca en una tara la zona donde se cerró la ranura, se procede a pesar la tara con el material y se lo introduce en el horno por un periodo de 24 horas.
- Pasadas las 24 horas se extrae la muestra del horno y se procede a su pesaje correspondiente, siendo el resultado el peso de la muestra seca más la tara. Este procedimiento se repite en su totalidad con cinco muestras del mismo suelo, pero con diferentes contenidos de humedad.

### **Límite Plástico.**

- Se coloca el mismo material tamizado del ensayo anterior en un recipiente de vidrio se añade agua al suelo, se mezcla cuidadosamente hasta obtener una textura uniforme y cremosa.

- Se divide en varios pedazos o porciones pequeñas la muestra, con la mano extendida sobre una placa de vidrio enrollamos el suelo con presión suficiente para moldearlo en forma de cilindro o hilo de diámetro uniforme por la acción de los movimientos de la mano.
- Cuando el diámetro del cilindro llega a 3 mm., se deberá volver a moldear y enrollar nuevamente con otra porción de suelo, este proceso se hace hasta que el cilindro de suelo se rompa bajo la presión del enrollamiento.
- La muestra o el cilindro, que se rompa nos define el límite plástico, luego este cilindro se coloca en una tara previamente pesada, efectuando el pesaje de la tara más el cilindro de suelo, luego se introduce al horno, por un periodo de 24 horas para calcular el contenido de humedad de la muestra.



Lím  
ites  
de  
Att  
erb  
erg

## RELACIÓN HUMEDAD-DENSIDAD COMPACTACIÓN

### T-180.

Se entiende por compactación de los suelos el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos. Se distingue de la consolidación de los suelos en que, en este último proceso el peso específico del material crece gradualmente bajo la acción natural de sobrecargas impuestas que provocan expulsión de agua por un proceso de difusión; ambos procesos involucran disminución de volumen, por lo que en el fondo son equivalentes.

La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de la capacidad de deformación que se obtienen al sujetar el suelo a técnicas

convenientes que aumenten su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos. Por lo general, las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales, tales como cortinas de presas de tierra, diques, terraplenes para caminos y ferrocarriles, bordos de defensa, muelles, pavimentos, etc. Algunas veces se hace necesario compactar el terreno natural, como en el caso de cimentaciones sobre arenas sueltas.

La estabilidad de una obra vial exige, entre otras cosas, que los terraplenes y las diferentes capas de rodamientos se hallen debidamente compactados.

A fin de que el material a compactarse alcance la mayor densidad posible en el terreno, deberá tener una humedad adecuada en el momento de la compactación.

Esta humedad, previamente determinada en un laboratorio de suelos, se llama “humedad óptima” y la densidad obtenida se conoce con el nombre de “densidad máxima”.

El objetivo principal de la compactación es obtener un suelo estructurado que posea y conserve un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra.

Las propiedades requeridas pueden variar de un caso a otro pero la resistencia, la compresibilidad y una adecuada relación esfuerzo – deformación figuran entre aquellas cuyo mejoramiento se busca siempre, es menos frecuente, aunque a veces no menos importante, que también se compacte para obtener unas características idóneas de permeabilidad y flexibilidad.

El equipo empleado en la realización de esta práctica es el siguiente:

- Molde de 6” de diámetro, altura 5 pulg.
- Pisón o apisonador.
- Balanza.
- Horno.
- Regla de acero para enrasar.
- Cíncel para extraer la muestra compactada.
- Probeta y pipeta.
- 5 taras.
- Recipientes para colocar los correspondientes suelos húmedos para su respectiva compactación.

El procedimiento que se sigue para realizar el ensayo de compactación T-180 es el siguiente:

- Primeramente se pasa la muestra por el tamiz N° 4, la cantidad de muestra a ser utilizada es de 30 Kg.
- Una vez tamizado el material, se procede inmediatamente a determinar la humedad natural del suelo.
- Una vez determinada la humedad natural del suelo, se procede a pesar el molde que se utiliza para compactación.
- De la muestra de suelo tamizada se separan en 5 recipientes 6 Kg. aproximadamente de suelo, los cuales se utilizaran para compactar a diferentes contenidos de humedad.
- Para el primer porcentaje de humedad se mezcla los 6 Kg. de muestra con una cierta cantidad de agua dependiendo de la humedad natural del suelo, se mezcla lo suficiente hasta formar una pasta homogénea.
- Con la ayuda de una cuchara se procede a colocar parte de esa muestra en el molde de compactación dando 56 golpes por capa, se deberán realizar cinco capas.
- Luego se quita la extensión del molde, con la regla de acero se procede a enrasar la muestra compactada que sobrepasa del molde.
- Se pesa seguidamente la muestra compactada más el molde, luego se toma una pequeña porción de muestra del centro del molde y se pesa en una tara previamente pesada, esta tara con muestra compactada después de ser pesada se la introduce en el horno para poder determinar el contenido de humedad de cada muestra.
- Se repite el mismo procedimiento 5 veces, con la única diferencia de que en cada muestra se aumentará más agua para poder tener diferentes contenidos de humedad y así poder realizar la curva de compactación.



**Compactación T-180**

### **ENSAYO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).**

El ensayo CBR se lo denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, pero de la aseveración anterior es evidente que este número no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. De paso, es interesante comentar que el experimento puede hacerse en el terreno o en un suelo compactado.

El número CBR (o simplemente, CBR) se obtiene como la relación de la carga unitaria (en libras por pulgada cuadrada) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón de penetración dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

El ensayo de valor relativo soporte, se emplea en la caracterización de la resistencia del material de cimiento de una vía o de los diferentes materiales que se emplearan en un pavimento, con vista a dimensionar los espesores de los suelos que formarán parte del mismo empleando el método de diseño de pavimentos basado en dicho ensayo.

El C.B.R. se determina como la relación en porcentaje entre la fuerza utilizada para la penetración de 0.25 cm (0.1 pulgada) con un vástago de 19.35 cm<sup>2</sup> (3 pulg<sup>2</sup>) de área con

una velocidad de penetración de 1.27 mm/minutos (0.05 pulg/min) y la fuerza ejercida en un material patrón (piedra triturada) para esa misma penetración.

$$\text{CBR (\%)} = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patron}} * 100$$

El material que se utilizó para este ensayo es el siguiente:

- Tamices  $\frac{3}{4}$ " y No 4 para la compensación respectiva de la muestra de suelo a ser compactado.
- Moldes de compactación de 15.2 cm. de diámetro por 17.8 cm. de altura (o equivalente, con collarín).
- Disco espaciador de 15.1 cm. de diámetro por 6.14 cm. de altura ( o 5.1 cm. De altura si este está disponible).
- Martillo de compactación (de 24.5 N o el de 44.5 N según designe el docente).
- Balanza de precisión 0.1 gr.
- Horno eléctrico.
- Taras.
- Pesos para sobrecargar.
- Máquina de compresión equipada con pistón de penetración CBR.
- Un recipiente con agua para la saturación del suelo.

El procedimiento que se sigue es el siguiente:

Para el ensayo de CBR se preparan 3 moldes, debiendo anotarse primero el número de cada molde, el número de capas de acuerdo al método a utilizarse y el número de golpes para cada molde.

#### **Condiciones de la Muestra.**

Se humedece el material, si es posible con rociador, con la cantidad de agua calculada y se mezcla de manera uniforme.

- Se prepara un molde “Molde N°” de peso “Peso del Molde N°” y volumen “Volumen de la Muestra” conocidos, ajustándolo a su base y colocándole su respectivo collarín.
- Se deposita dentro un disco espaciador de 2½” con un papel filtro que evitará que la muestra compactada se pegue al disco.
- Se coloca dentro el suelo húmedo y se compacta según los golpes y capas que la compactación así lo requiera, tratando que la muestra sobrepase el molde un par de centímetros. Acabado éste, se saca el collarín y se enrasa con una regla metálica el sobrante tratando de dejar una superficie lisa.
- Se deja libre el molde y la base del collarín y se lo pesa.
- Restando el peso del molde del peso muestra húmeda más molde, tendremos el peso muestra húmeda.
- El peso unitario de la muestra húmeda será el peso muestra húmeda sobre el volumen de la muestra.

#### **Muestra para determinar la Humedad del suelo.**

- Se toman dos cápsulas o taras “Tara N°” de peso conocido “Peso de la tara N°” y se las llena con muestra secas del fondo, del centro y de la superficie del suelo húmedo.
- Se pesa las cápsulas con las muestras “Peso muestra húmeda más tara” y se las seca en horno.
- Se pesa las cápsulas con las muestras ya secas “Peso muestra seca más tara”.
- Se resta el valor de la cápsula con el suelo seco, de la cápsula con el suelo húmedo, encontrándose el “Peso del agua”.
- Se resta el peso de la tara al peso del suelo seco más tara hallándose así el “Peso de la Muestra seca”.
- Multiplicando el “Peso del agua” por 100 y dividiendo el resultado entre el “Peso de la muestra seca”, se obtendrá el “contenido de humedad”.
- Sacando la media de los contenidos de humedad de las tres cápsulas se sabrá el “Promedio del contenido de humedad”.

- El “Peso Unitario de la Muestra Seca” se encuentra multiplicando el “Peso Unitario de la muestra húmeda” por 100, dividido todo entre 100 más el “Promedio del contenido de humedad”.

## **CBR**

- Se pesa el molde libre de la base, plato con vástago y pesos.
- Se coloca el molde en la base y se lo lleva a la prensa de ensayo provista del aro dinamométrico adecuado. Se pone la sobrecarga anular de ensayo, sobre la superficie y se asienta el pistón de penetración a través del orificio central.
- Se regula la altura del conjunto tal que el dial del extensómetro que mide la resistencia a la deformación del aro dinamométrico esté en cero. El extensómetro que mide las penetraciones y que está sujeto al marco, apoyará su vástago sobre el borde la base haciendo coincidir su dial a cero.
- Se aplicarán cargas a una velocidad de avance del pistón igual a 1.27 mm./min. (0.5pulg./min.), anotándose las lecturas del dial del aro dinamométrico obtenidas para penetraciones de 0.025”; 0.05”; 0.075”; 0.1”; 0.2”; 0.3”; 0.4”; 0.5”.
- Las cuatro primeras lecturas servirán posteriormente para efectuar la corrección de la curva penetración-cargas en el caso de que la misma resulte cóncava hacia arriba.
- Se descarga la prensa a penetración, se retira el molde y se quitan las sobrecargas. Se toma una muestra de suelo del lugar donde penetró el pistón y, en una cápsula de peso conocido, se hace secar en horno hasta anotando todos los valores encontrados.
- Buscando en el formulario propio de cada aro dinamométrico el equivalente de la lectura de deformación dada por el extensómetro del mismo, tendremos la carga ensayo en KN, que nos servirá para el diseño de la curva penetración vs. Carga.
- En caso de que la curva penetración vs. Carga diseñada se corrija, se anotaran los valores de corrección.
- Sabiendo que la resistencia que presenta el material de comparación a la línea del pistón de 0.1” y 0.2” de penetración y el área del pistón tendremos que para sacar el CBR de la carga unitaria correspondiente a dichas penetraciones expresado en porcentaje, debemos utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{CBR (\%)} = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patron}} * 100$$

### **Curva: % CBR – Peso Unitario.**

- Tomando los “Pesos Unitarios Secos” de cada una de las muestras, se busca una escala apropiada a los mismos; de igual manera para los % de CBR de 0.2” de penetración.
- Luego definidos los puntos, se los unirá mediante una curva que se denominará Curva % CBR – Peso Unitario.
- Sabiendo el valor de la densidad máxima, hallada mediante el ensayo de compactación, se traza una recta horizontal que lo defina, siendo la proyección vertical de la intersección de ésta y la curva diseñada, el valor porcentual de CBR al 100% de la densidad máxima, en igual forma se puede trazar para una compactación del 95%.



Ensayo  
o  
CBR

### **NORMA ABC ESPECIFICACIONES PARA BASES Y SUB-BASES.**

Estas especificaciones definen las calidades y graduaciones de mezclas de arena y arcillas; gravas o escorias seleccionadas; arenas o material triturado proveniente de pétreos o escorias o cualquier combinación de estos materiales, para ser utilizados como sub-bases, bases y capas de rodadura. Estos requerimientos son aplicables únicamente a materiales que

tienen densidades netas entre 2.000 y 3.000 Kg./m<sup>3</sup> y absorciones y graduaciones características.

### **REQUERIMIENTOS GENERALES.**

Los áridos gruesos, retenidos sobre tamiz 4,75mm (N°4), deben ser partículas resistentes, durables, constituidas de fragmentos de roca, grava o escorias. Materiales que se quiebran con los ciclos alternados de hielo -deshielo y humedad - sequedad, no deben ser usados.

Los áridos finos, que pasan por tamiz 4,75mm (N°4), deben estar constituidos por arenas naturales o trituradas y por partículas minerales que pasan por tamiz 0,075mm (N°200).

Las fracciones que pasan por tamiz 0,075mm (N° 200) no deberán ser mayores que los dos tercios de la fracción que pasa por tamiz 0,475mm (N° 40). Los límites de consistencia de la fracción que pasa por tamiz 0,475mm estarán conformes a lo indicado en el cuadro 2.6.1.

**CUADRO 2.6.1. Límites de Atterberg**

|                         | <b>Límite líquido</b> | <b>Índice de plasticidad</b> |
|-------------------------|-----------------------|------------------------------|
| <b>SUB BASE</b>         | Max 35                | Max 8                        |
| <b>BASE</b>             | Max 35                | Max 6                        |
| <b>CAPA DE RODADURA</b> | Max 35                | 5-10                         |

*Fuente: Norma ABC*

### **MATERIALES PARA SUB BASE.**

Los materiales para sub-base deberán cumplir con los requerimientos estipulados en "Requerimientos generales" y en "Materiales para sub-base" y con la graduación TM-50a del Cuadro 2.6.2.

En cuanto a las propiedades mecánicas, el material deberá tener un soporte CBR mayor o igual a 40% y la fracción gruesa deberá tener una resistencia al desgaste, medida por el ensaye de Los Ángeles de no más de 40%.

## MATERIALES PARA BASE GRANULAR.

Los materiales para base granular (estabilización hidráulica) cumplirán con los requerimientos indicados en "Requerimientos generales" y en "Materiales para sub-base".

Las granulometrías deberán ajustarse a una de las siguientes bandas: TM50-b, TM-50c o TM-25 del Cuadro 2.6.2 el porcentaje de chancado, no deberá ser menor que 50%. Cuando el material se use como base para tratamiento superficial doble el contenido mínimo de chancado será de 70%, su tamaño máximo absoluto será de 40 mm. y su índice de Plasticidad máximo será de 4%, salvo que el proyecto estipule otro valor, debidamente justificado, el que en ningún caso podrá exceder el 6 %.

En cuanto a las propiedades mecánicas, el material deberá tener un soporte CBR > 80%; la fracción gruesa deberá tener una resistencia al desgaste, medida por el ensaye de Los Ángeles, de no más de 35%. En caso de tratamiento superficial doble, el soporte deberá ser CBR > 100%.

**CUADRO 2.6.2. Requerimiento de materiales para Capa Sub-base y Base.**

| TAMIZ |             | TM-50a | TM-50b | TM-50c |
|-------|-------------|--------|--------|--------|
| (mm)  | Alternativo |        |        |        |
| 50    | 2"          | 100    | 100    | 100    |
| 37.5  | 1 ½"        | -      | 70-100 | -      |
| 25    | 1"          | 55-100 | 55-85  | 70-100 |
| 19    | ¾"          | -      | 45-75  | 60-90  |
| 9.5   | 3/8"        | 30-75  | 35-65  | 40-75  |
| 4.75  | Nº4         | 20-65  | 25-55  | 30-60  |
| 2.36  | Nº8         | -      | -      | -      |
| 2     | Nº10        | 10-50  | 15-45  | 15-45  |
| 0.425 | Nº40        | 5-10   | 10-30  | 10-30  |
| 0.075 | Nº200       | 0-20   | 0-10   | 0-15   |

Fuente: Norma ABC

# **ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA CAPAS**

## **SUB-BASE Y BASE**

### **INTRODUCCIÓN.**

Cuando un suelo presenta resistencia suficiente para no sufrir deformaciones ni desgastes inadmisibles por la acción del uso o de los agentes atmosféricos y conserva además esta condición bajo los efectos climatológicos normales en la localidad, se dice que el suelo es estable.

El suelo natural posee a veces la composición granulométrica y la plasticidad así como el grado de humedad necesario para que, una vez apisonado, presente las características mecánicas que lo hacen utilizable como firme de un camino.

En general puede decirse que todos los suelos pueden ser estabilizados, pero si la estabilización ha de lograrse por aportaciones de otros suelos o por medios de otros elementos (por ejemplo cemento, cal, cloruro de sodio) el costo de la operación puede resultar demasiado alto si el suelo que se trata de corregir no posee determinadas condiciones.

Entre las aplicaciones de un suelo modificado o estabilizado se encuentran la mejora de los suelos granulares susceptibles a las heladas y el tratamiento de los suelos limosos y/o arcillosos para reducir los cambios de volumen.

### **ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.**

Podemos en términos amplios, definir las estabilizaciones de suelos como la combinación y manipulación de suelos con o sin mezclas para producir una masa firme capaz de soportar el tránsito en todas las condiciones climatológicas sin que sufra deformaciones excesivas, y en caso de resultar expuesta, con la capacidad de soportar los efectos abrasivos del tránsito y de la intemperie.

## **OBJETO DE LA ESTABILIZACIÓN.**

El propósito de recurrir a la estabilización de suelos, pone de manifiesto el énfasis con el cual el ingeniero vial recurre al aprovechamiento de los materiales locales, por razones de índole económicas o ambientales.

El criterio de elección del tipo de estabilizado, se sustenta en razones de eficacia del agente estabilizante sobre el suelo a estabilizar, de disponibilidad de dicho recurso y fundamentalmente del costo comparativo con otros agentes estabilizantes.

Decimos que debemos recurrir a la estabilización de suelos en primera medida, cuando el material local en su condición natural no es apto para su empleo, ya sea por su escaso valor portante, por ser susceptible de variar considerablemente su volumen, por ser susceptible a congelarse, por bombear bajo pavimentos rígidos, por su excesiva absorción, por su escasa durabilidad, etc.

## **TIPOS DE ESTABILIZACIONES.**

La técnica vial nos provee de herramientas que nos permiten mitigar estas falencias de manera económica, sin tener que recurrir al reemplazo de los suelos locales a grandes rasgos, distinguimos los siguientes tipos de estabilización de suelos:

- Estabilización Física
- Estabilización Química
- Estabilización Mecánica

## **ESTABILIZACIÓN FÍSICA.**

Este se utiliza para mejorar el suelo produciendo cambios físicos en el mismo. Hay varios métodos como lo son:

- a) **MEZCLAS DE SUELOS:** este tipo de estabilización es de amplio uso pero por si sola no logra producir los efectos deseados, necesitándose siempre de por lo menos la compactación como complemento. Por ejemplo, los suelos de grano grueso como las grava-arenas tienen una alta fricción interna lo que lo hacen soportar grandes esfuerzos, pero esta cualidad no hace que sea estable como para ser firme de una

carretera ya que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar e incluso salirse del camino.

Las arcillas, por lo contrario, tienen una gran cohesión y muy poca fricción lo que provoca que pierdan estabilidad cuando hay mucha humedad. La mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede dar como resultado un material estable en el que se puede aprovechar la gran fricción interna de uno y la cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas.

**b) GEOTEXTILES:** El geotextil es un material textil permeable de estructura plana usado como parte integral de los suelos y cimentaciones en aplicaciones relacionadas a proyectos de ingeniería.

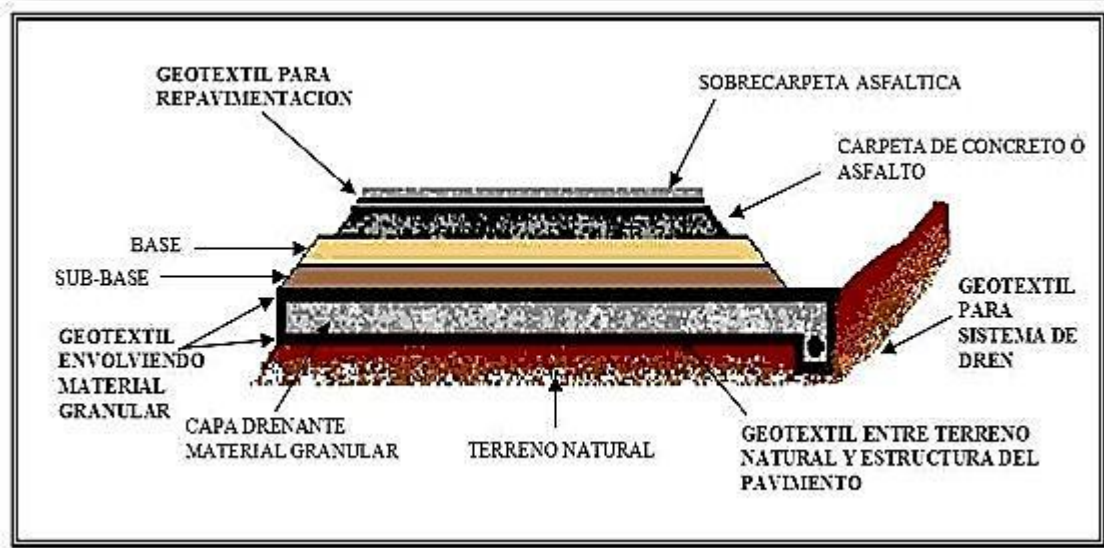
Los geotextiles se han convertido en las capas filtrantes más adecuadas porque superan las desventajas de los filtros de arena y los de agregados pétreos. Para empezar, se fabrican ya con propiedades hidráulicas específicas y de retención de tierra, las cuales pueden seleccionarse fácilmente para complementar el suelo que necesite protección, también pueden instalarse con facilidad sobre taludes aún bajo el agua.



Uso de Geotextil para estabilización y separación de caminos.

### Aplicaciones de Geotextiles no tejidos en caminos.

- Superficies Pavimentadas.
- Entre el subsuelo y capas de estructura del pavimento de carreteras, estacionamientos y aeropuertos.
- Sobre superficies deterioradas de concreto hidráulico ó carpetas asfálticas en colocación de sobre carpetas de asfalto
- Superficies no Pavimentadas:
- Entre el subsuelo y base de caminos no pavimentados
- Filtro envolvente en sub-drenes para eliminación de presencia de agua en las capas de caminos.
- Capa de rompimiento de capilaridad entre el terreno y capas de caminos para evitar humedecimiento de la estructura del pavimento.



Colocación de geotextil

### ESTABILIZACIÓN QUÍMICA.

Se refiere principalmente a la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso.

a) **Cal:** Es un método económico para disminuir la plasticidad de los suelos y darle un aumento en la resistencia. Los porcentajes por agregar varían del 2 al 6% con respecto al suelo seco del material por estabilizar, con estos porcentajes se consigue estabilizar la actividad de las arcillas obteniéndose un descenso en el índice plástico y un aumento en la resistencia. Es recomendable no usar más del 6% ya que con esto se aumenta la resistencia pero también tenemos un incremento en la plasticidad.

Los estudios que se deben realizar a suelos estabilizados con cal son: límites de Atterberg, granulometría, valor cementante, equivalente de arena, VRS, compresión. Además también se realizan estos estudios para suelos estabilizados con puzolanas, cloruro de sodio y calcio, y cemento Pórtland del tipo flexible. **Procedimiento constructivo empleando cal:** La capa inferior a la que se va a estabilizar, deberá estar totalmente terminada, el mezclado puede realizarse en una planta adecuada o en campo, obteniéndose mejores resultados en el primer caso, la cual puede agregarse en forma de lechada, a granel o en sacada. Cuando se efectúa el mezclado en el campo, el material que se va a mejorar deberá estar disgregado y acamellonado, se abre una parte y se le agrega el estabilizador distribuyéndolo en el suelo para después hacer un mezclado en seco, se recomienda agregar una ligera cantidad de agua para evitar los polvos. Después de esto se agrega el agua necesaria y se tiende la mezcla debiendo darle un curado de hasta 48 horas de acuerdo con el tipo de arcilla de que se trate. Se tiende la mezcla y se compacta a lo que marca el proyecto para después aplicarle un curado final, el cual consiste en mantener la superficie húmeda por medio de un ligero rocío. Se recomienda no estabilizar cuando amenace lluvia o cuando la temperatura ambiente sea menor a 5 ° C, además se recomienda que la superficie mejorada se abra al tránsito vehicular en un tiempo de 24 a 48 horas.



### Estabilización con Cal

**b) Cemento Pórtland:** Al mejorar un material con cemento Pórtland se piensa principalmente en aumentar su resistencia, pero además de esto, también se disminuye la plasticidad, es muy importante para que se logren estos efectos, que el material por mejorar tenga un porcentaje máximo de materia orgánica del 34%. Existen dos formas o métodos para estabilizar con cemento Pórtland, unas llamadas estabilizaciones del *tipo flexible*, en el cual el porcentaje de cemento varía del 1 al 4%, con esto solo se logra disminuir la plasticidad y el incremento en la resistencia resulta muy bajo, las pruebas que se les efectúan a este tipo de muestras son semejantes a las que se hacen a los materiales estabilizados con cal.

Otra forma de mejorar el suelo con cemento, se conoce como *estabilización rígida*, en ella el porcentaje de cemento varía del 6 al 14%, este tipo de mejoramiento es muy común en las bases, ya que resulta muy importante que éstas y la carpeta presenten un módulo de elasticidad semejante, ya que con ello se evita un probable fracturamiento de la carpeta, ya que ambos trabajan en conjunto; para conocer el porcentaje óptimo por emplear se efectúan pruebas de laboratorio con diferentes contenidos de cemento.



#### **Estabilización con Cemento**

- c) **Productos Asfálticos:** El material asfáltico que se emplea para mejorar un suelo puede ser el cemento asfáltico o bien las emulsiones asfálticas, el primero es el residuo último de la destilación del petróleo. Para eliminarle los solventes volátiles y los aceites. Para ser mezclado con material pétreo deberá calentarse a temperaturas que varían de 140 a 160° C.

En las estabilizaciones, las emulsiones asfálticas son las más usadas ya que este tipo de productos si pueden emplearse con pétreos húmedos y no se necesitan altas temperaturas para hacerlo maniobrable, en este tipo de productos se encuentra en suspensión con el agua, además se emplea un emulsificante que puede ser el sodio o el cloro, para darle una cierta carga a las partículas y con ello evitar que se unan dentro de la emulsión; cuando se emplea sodio, se tiene lo que se conoce como emulsión aniónica con carga negativa y las que tienen cloro son las emulsiones catiónicas que presentan una carga positiva, siendo estas últimas las que presentan una mejor resistencia a la humedad que contienen los pétreos.



#### **Estabilización con Asfalto**

**d) Cloruro de Sodio:** impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.

El cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) se presenta en forma de cristales fácilmente solubles en agua, los cuales son higroscópicos y fáciles de conseguir.

Los cambios en el agua, debidos a la adición de cloruro de sodio, tanto en el punto de congelación como en la tensión superficial y la tensión de vapor, dependen de la solubilidad de la sal. El cloruro de sodio se adiciona al agua en pequeños porcentajes, ésta se disuelve rápidamente, pero a medida que el porcentaje adicionado va siendo más elevado, se disuelve con más dificultad y se tendrá un cierto porcentaje más allá del cual el cloruro de sodio ya no se disuelve.

La sal es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98% de NaCl y un 2% de arcillas y limos, cuya propiedad fundamental al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que la rodean, para reducir el punto de evaporación y mejorar la cohesión del suelo.



#### **Estabilización con Sal**

**e) Cloruro de Calcio:** impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.

El cloruro de calcio se obtiene como un subproducto en forma de salmuera en algunos procesos industriales, aunque también se puede obtener de algunos arroyos y pozos naturales siendo la fuente más común el obtenido en la elaboración de carbonato de sodio mediante procedimientos químicos.

La solubilidad del cloruro de calcio es de 60 g aproximadamente, por cada 100 c.c. de agua destilada a 0° C, o de 159 g aproximadamente, por cada 100 c.c. de agua destilada a 100° C.

Se ha demostrado que con la adición de cloruro de calcio disminuyen las fuerzas de repulsión entre las arcillas, pero hay autores que inclusive aseguran que la película de agua que rodea a las partículas se ve eléctricamente reforzada con la adición del cloruro de calcio, a tal grado que se incrementa notablemente la cohesión aparente.

Se tiene sin embargo que existen limitaciones para el empleo del cloruro de calcio, entre las más importantes se tienen:

- Que en el medio ambiente se tenga una humedad relativa superior al 30%.
- Que se tengan minerales que pasen la malla 200 y que estos reaccionen favorablemente con la sal.
- Que el nivel freático no se encuentre a distancias que provoquen la emigración de la sal.

**f) Polímeros:** este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

La utilización de mezclas de poliuretano, resinas epóxicas de inyección y recubrimientos de polyurea resulta de gran beneficio en la actualidad, siendo métodos no destructivos con magníficas ventajas técnicas, económicas y sobre todo de gran rapidez en su aplicación en comparación a los métodos convencionales.

Con inyección de Polímeros podemos resolver problemas de hundimientos y/o colapso en las estructuras, estos problemas se generan por el deterioro de los suelos (oquedades y debilitamiento del suelo) provocado por malas compactaciones o por la erosión a causa de lluvias o fugas. Podemos estabilizar suelos de manera muy efectiva saturando el suelo con polímero de baja densidad, es decir el polímero se mezcla con la tierra o el material del subsuelo y reacciona con el agua inyectada y/o presente en el mismo.



### Inyección de Polímeros

#### ESTABILIZACIÓN MECÁNICA.

Es aquella con la que se logra mejorar considerablemente un suelo sin que se produzcan reacciones químicas de importancia.

**a) Compactación:** este mejoramiento generalmente se hace en la sub-base, base y en las carpetas asfálticas.

Mediante un ensayo de laboratorio se determina para el suelo la variación de la humedad para una Energía Específica de compactación preestablecida (ensayo de compactación de Proctor). Cada tipo de suelo reaccionará a dicho estímulo de una manera particular, por lo que la eficiencia otorgada por los equipos de compactación, la podemos evaluar en términos de: Densidad Relativa y Densidad de Equilibrio.

Generalmente el esfuerzo de compactación imparte al suelo:

- Un incremento a la resistencia al corte, pues ella es función de la densidad.
- Un incremento en el potencial de expansión.

- Un incremento en la densidad.
- Una disminución de la contracción.
- Una disminución de la permeabilidad.
- Una disminución en la compresibilidad.



#### **Estabilización mecánica (Compactación)**

**b) Estabilización Granulométrica:** Una estabilización granulométrica es la combinación de piedras partidas, arenas silíceas y suelos cohesivos, conformando una curva granulométrica resultante de mínimos vacíos.

En función de su tamaño máximo, distinguimos:

- Estabilizados Granulométricos Gruesos (Tamaño Máximo = 2")
- Estabilizado Granulométrico Standard (Tamaño Máximo = 1")
- Estabilizado Granulométrico Fino (Tamaño máximo = 0,1")

El mecanismo resistente es la suma de la trabazón de las piedras partidas, la fricción de las arenas y la cohesión de los suelos.



**Estabilización mecánica (Granulometría)**

### **ESTABILIZACIÓN GRANULOMÉTRICA.**

Consiste en la mezcla de varios tipos de suelos de diferente granulometría para formar un suelo con las características deseadas

Hay mezclas binarias y terciarias. Sólo suelen ser viables mezclas binarias por el costo. Se busca una combinación de material granular y limo-arcilloso.

Si hay exceso de material limo-arcilloso hay problemas por entumecimiento. Si hay exceso de material granular hay una falta de cohesión y la única interacción es el rozamiento.

Se llegó a la conclusión de que la capacidad de compactación (mayor o menor posibilidad de compactar un suelo, es decir, conseguir mayor o menor densidad) tiene relación con la granulometría de la mezcla. Una buena compacidad va a implicar que sea mayor la densidad seca, con lo que la permeabilidad es menor, lo mismo que la sensibilidad al agua. Además aumentamos el rozamiento interno de las partículas y hay mayor capacidad cementante de la arcilla.

En ocasiones resulta necesario mejorar artificialmente las características de un determinado material granular para que sea apto para integrar una determinada capa del firme. Para ello se recurre a las técnicas de estabilización, que básicamente pueden ser mecánicas, mezclando dos o más suelos de características complementarias.

El proceso de estabilización que inicialmente se aplicaba solamente a suelos y materiales de escasa calidad se ha extendido actualmente a capas granulares formadas por áridos de calidad, originando las gravas tratadas. Este tipo de materiales se fabrican en plantas especiales y están sometidos a continuos controles de calidad, siendo posteriormente transportados a obra.

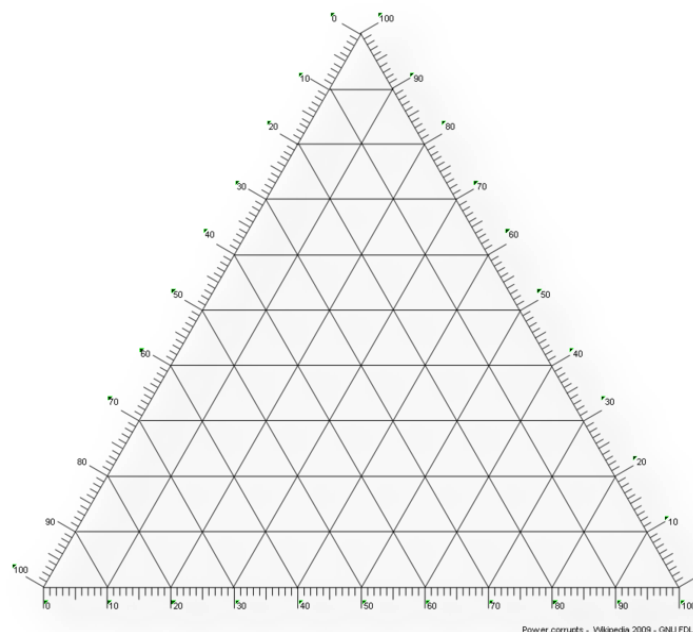
### **MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN GRANULOMÉTRICA.**

Para la estabilización granulométrica de 3 suelos existen 2 métodos:

- Método del Triángulo
- Método del Rectángulo

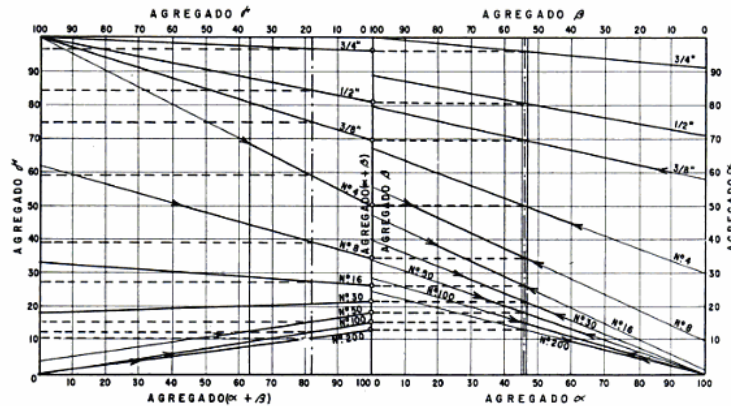
#### **MÉTODO DEL TRIÁNGULO.**

Denominado también grafica o grafico temario o triangular, es un diagrama baricéntrico en tres variables. Representa gráficamente los valores de tres variables como las posiciones en un triángulo equilátero y se lo utiliza en varias ciencias físicas para mostrar la composición de sistemas compuestos de tres especies.



## MÉTODO DEL RECTÁNGULO.

Son diagramas que pueden servir para contar todas las opciones posibles de combinar dos cosas o para determinar la probabilidad de que dos eventos sucedan.



## PROPIEDADES CON LA ESTABILIZACIÓN.

Buscamos la estabilización para mejorar varias propiedades esenciales de los suelos; pero también puede aparecer el caso de que algunas de estas propiedades lleguen a deteriorarse inmediatamente o con el paso del tiempo. Para evitar esta situación, es importante elegir o especificar un sistema de estabilización y ver que sea el más correcto posible.

Además, es necesario determinar el porcentaje óptimo de estabilizante, y tener la seguridad que sea el adecuado para cada caso particular. Por otro lado es importante realizar la investigación del comportamiento de los materiales estabilizados, analizando a corto y largo plazo las propiedades que se mejoran y se mantienen al paso del tiempo, estando conscientes del costo que implica la tarea, de las múltiples propiedades del suelo las más importantes que se buscan mejorar con las estabilizaciones son las siguientes:

### a) Disminuir la Plasticidad.

La plasticidad del suelo está relacionada con el concepto de límites de Atterberg, término conocido en la mecánica de suelos. Estos parámetros relacionan la capacidad que tienen los suelos cohesivos para adsorber agua sobre la superficie de sus partículas, ya que cuanto mayor es la cantidad de agua que contiene un suelo, menores la interacción entre sus partículas adyacentes y más se aproxima el suelo en su comportamiento al de un

material líquida por lo tanto, una alteración en los valores de estos límites indicara una modificación del agua adsorbida por el suelo.

#### **b) Estabilidad Volumétrica.**

Esta propiedad se refiere al apreciable cambio de volumen que sufren los suelos, debido al cambio de humedad y los esfuerzos internos afectados por el agua.

Cuando un suelo saturado se seca, cambia su volumen (retracción). Esta pérdida de volumen se debe a la desecación ocurrida en el suelo, que provoca una modificación en la tensión capilar del menisco formado en cada, poro de la superficie. .Luego se produce una tracción en el agua del suelo y la correspondiente compresión en la estructura del mismo, siendo ésta última bastante considerable e inclusive actúa como una carga en el mismo.

Se produce la expansión o hinchamiento cuando un suelo seco, cohesivo aumenta su humedad; este fenómeno se debe a diversos factores como la atracción del agua por los minerales arcillosos, la repulsión eléctrica de las partículas de arcilla y de sus cationes absorbidos.

La estabilidad volumétrica está íntimamente relacionada con la composición mineralógica de los suelos y los cambios climatológicos de la región, esta propiedad es propia de los suelos que contienen un alto porcentaje de minerales arcillosos.

La estabilidad volumétrica se modifica cementando el material de modo que disminuya la capacidad del material de adsorber agua, siendo más efectivos en las arcillas profundas.

#### **c) Compresibilidad.**

La compresibilidad es una propiedad que está relacionada íntimamente con el cambio volumétrico del suelo, el cual se manifiesta a través de un asentamiento. Este asentamiento es producido por el peso propio del material o por cargas externas superficiales que originan un cambio en la relación de vacíos, flexión y la distorsión, cambio de formas de la fase sólida del suelo inmediatamente debajo de la carga. Asimismo, la estructura de los sólidos especialmente en los puntos de contacto de un factor irreversible con la compresibilidad de todos los suelos no cohesivos.

Sin embargo, en las arcillas el factor más importante de la compresibilidad es la repulsión eléctrica entre sus partículas que tienen cargas iguales o, que están rodeadas de cationes con cargas semejantes que las mantienen apartadas.

La reducción de la compresibilidad del suelo puede lograrse llenando los poros del mismo, es decir, cementando los granos con un material rígido. Pero también, es posible reducir esta propiedad cambiando las fuerzas del agua absorbida por el mineral de arcilla.

En términos generales, todos los métodos de estabilización revisados en anteriores secciones pueden incluir en esta propiedad, pero frecuentemente la compactación y la estabilización química son las que más se utilizan.

#### **d) Permeabilidad.**

La permeabilidad es una propiedad que indica la mayor o menor facilidad que tiene el agua de fluir a través de los vacíos del suelo, estando sujeta a un gradiente hidráulico determinado. Esta propiedad depende de una serie de factores y propiedades físicas del suelo, algunas de ellas como la temperatura, - viscosidad del agua, el tamaño, la forma y el área de los conductores través de los cuales circula el agua, son factores determinantes de esta propiedad.

La permeabilidad puede reducirse llenando los poros con un material impermeable o, modificando la estructura del mineral de arcilla con el fin de impedir la floculación de las partículas. Por otro lado, se puede aumentar la permeabilidad quitando los granos finos del suelo o creando una estructura conglomerada.

Los métodos de estabilización tales como la compactación y el uso de algunas sustancias químicas, pueden modificar significativamente la permeabilidad; pero el uso de esta última técnica debe ser cuidadosamente analizado, ya que en algunos casos puede ejercer efectos desfavorables y otras propiedades de los suelos.

#### **e) Resistencia o Capacidad Portante.**

Esta propiedad se refiere a la capacidad que tiene el suelo de soportar cargas continuas de tráfico, para no sufrir fallas y deformaciones inadmisibles en su estructura.

En general, todas las formas de estabilización química revisadas anteriormente, pueden mejorar en mayor y menor grado de resistencia del suelo; pero mucho depende de la cantidad de materia orgánica que contiene el mismo, ya que el efecto de la materia orgánica en el suelo estabilizado por medios químicos, reduce la reacción con el aditivo empleado y disminuye considerablemente la resistencia normalmente adquirida.

**f) Durabilidad.**

Es la propiedad que tiene el suelo de mantener las propiedades mecánicas a través del tiempo, ofrecer resistencia al intemperismo, la erosión y abrasión del tráfico.

Esta propiedad se refiere a los suelos que están sujetos a solicitudes de trabajo, más específicamente en las superficies de rodadura, y su menor o mayor deterioro dependerá su menor o mayor calidad del mismo, de ahí que viene a la importancia del análisis de las estabilizaciones.

## CAPITULO III

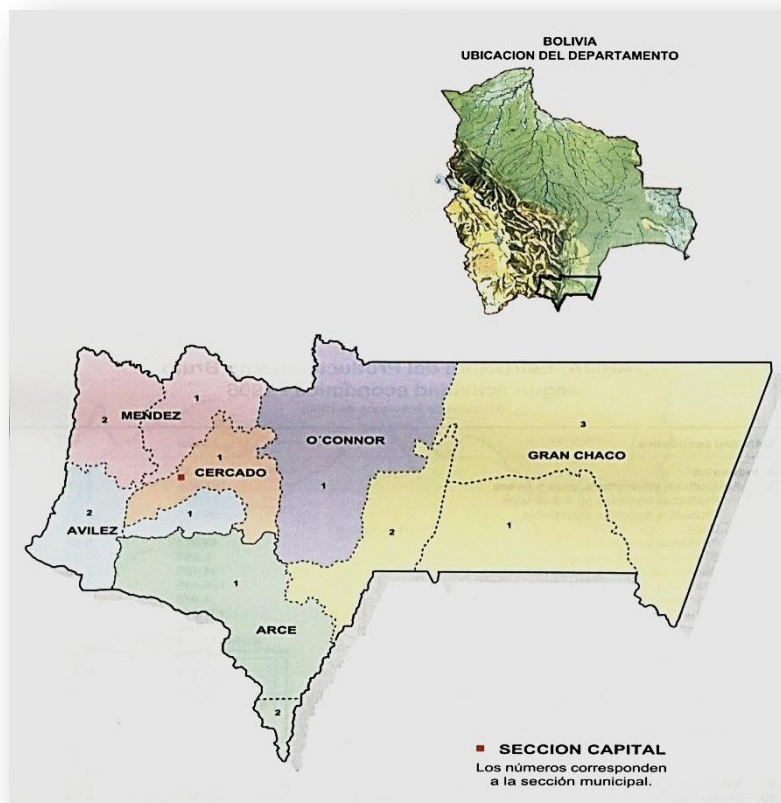
### APLICACIÓN PRÁCTICA

#### DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE APLICACIÓN.

La extracción de las muestras que se utilizaron en el presente proyecto fue realizada en 3 lugares de la ciudad de Tarija

Se tomó 4 diferentes muestras a las que se les determino “muestra A, B, C y D”, cada muestra una de diferentes características.

Cada muestra fue tomada de diferentes lugares que se encuentran dentro del departamento de la ciudad de Tarija.



### UBICACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA “A”.

Esta muestra fue extraída del río Guadalquivir, este material es un material grueso que es extraído directamente del río. La ubicación exacta del banco de material es en el barrio San Blas a unos 100 metros del colegio La Salle.



**Fuente: Google Earth**

### **UBICACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA “B”.**

La muestra B también sustraída del rio Guadalquivir, este material natural es de la localidad del rancho que se encuentra a 13 Km de la ciudad de Tarija.

Este material fue proporcionado por la empresa Erika S.R.L. es un material que no fue sometido a ningún tratamiento ni mezcla.



**Fuente: Google Earth**

### **UBICACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA “C”.**

La muestra C fue extraída de Santa Ana, esta localidad se encuentra a 14 Km de la ciudad de Tarija.

Es material es extraído de la quebrada de Santa Ana por la separadora de materiales perteneciente a la Alcaldía Municipal de Tarija.



**Fuente: Google Earth**

### UBICACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA “D”.

La muestra D al igual que la anterior muestra fue extraída de Santa Ana. Este material es un material procesado (chancado), que fue extraído de la quebrada de Santa Ana por la separadora de materiales perteneciente a la Alcaldía Municipal de Tarija.



Fuente: Google Earth



### CRITERIOS DE APLICACIÓN.

Sabiendo que existen tan solo dos métodos para la estabilización de suelos en la mezcla de tres suelos se trabajó con el método del Triángulo ya que este método es más exacto con los resultados que nos da debido a que se trabaja con las 3 muestras de suelo simultáneamente a diferencia del método del rectángulo que trabaja las muestras de 2 en 2 y esto podría causar algún pequeño error en los resultados.

### METODOLOGÍA EMPLEADA.

La metodología adoptada en el presente proyecto comienza con la realización de las granulometrías de las muestras ya mencionadas anteriormente, de cada acopio de material se realizó tres análisis granulométricos obteniendo así las granulometrías integrales (naturales) de cada muestra.

### GRANULOMETRÍA INTEGRAL MUESTRA “A”

#### GRANULOMETRÍA N°1

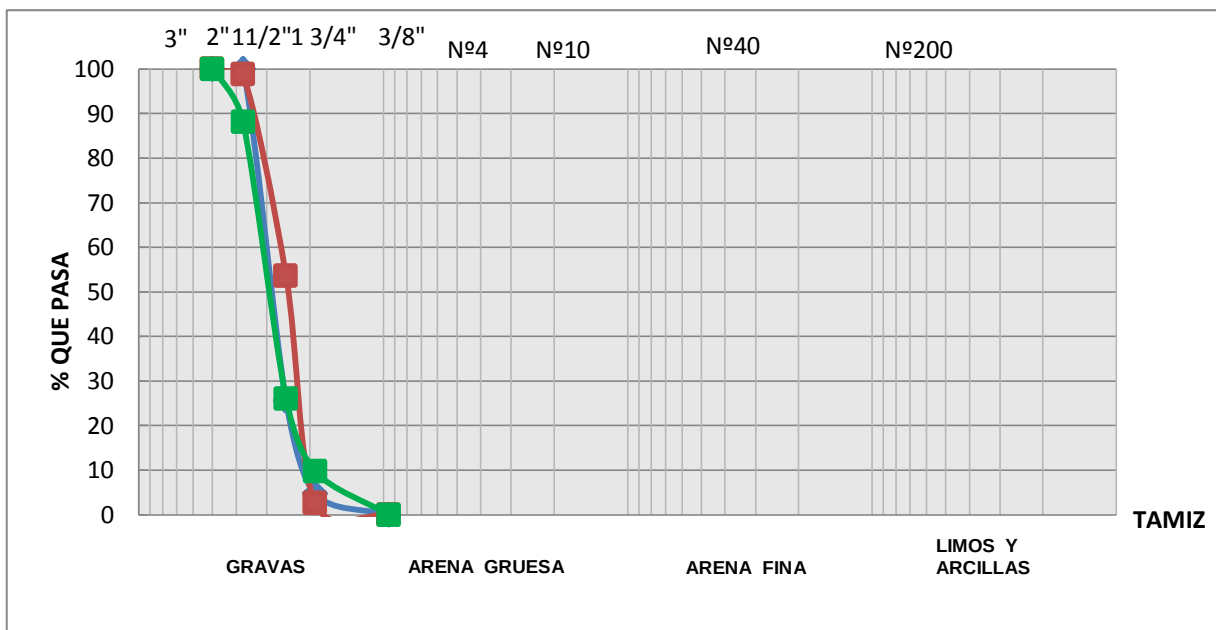
| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |        |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|--------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret  | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |        | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0,00      | 0,00      | 0,00   | <b>100,00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0,00      | 0,00      | 0,00   | <b>100,00</b> |
| 1"                                     | 25,00  | 2235,00   | 2235,00   | 74,50  | <b>25,50</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 623,45    | 2858,45   | 95,28  | <b>4,72</b>   |
| 3/8"                                   | 9,50   | 141,55    | 3000,00   | 100,00 | <b>0,00</b>   |
| N°4                                    | 4,75   | 0,00      | 0,00      | 0,00   | 0,00          |
| N°10                                   | 2,00   | 0,00      | 0,00      | 0,00   | 0,00          |
| N°40                                   | 0,425  | 0,00      | 0,00      | 0,00   | 0,00          |
| N°200                                  | 0,075  | 0,00      | 0,00      | 0,00   | 0,00          |

**GRANULOMETRÍA N°2**

| <b>Tamices</b> | <b>Tamaño</b> | <b>Peso Ret.</b> | <b>Ret. Acum</b> | <b>% Ret</b> | <b>% Que Pasa</b> |
|----------------|---------------|------------------|------------------|--------------|-------------------|
|                | <b>(mm)</b>   | <b>(gr)</b>      | <b>(gr)</b>      |              | <b>del Total</b>  |
| 2"             | 50            | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 1 1 /2"        | 37,50         | 35,64            | 35,64            | 1,19         | <b>98,81</b>      |
| 1"             | 25,00         | 1356,50          | 1392,14          | 46,40        | <b>53,60</b>      |
| 3/4"           | 19,00         | 1532,00          | 2924,14          | 97,47        | <b>2,53</b>       |
| 3/8"           | 9,50          | 75,86            | 3000,00          | 100,00       | <b>0,00</b>       |
| N°4            | 4,75          | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |
| N°10           | 2,00          | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |
| N°40           | 0,425         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |
| N°200          | 0,075         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |

**GRANULOMETRÍA N°3**

| <b>Tamices</b> | <b>Tamaño</b> | <b>Peso Ret.</b> | <b>Ret. Acum</b> | <b>% Ret</b> | <b>% Que Pasa</b> |
|----------------|---------------|------------------|------------------|--------------|-------------------|
|                | <b>(mm)</b>   | <b>(gr)</b>      | <b>(gr)</b>      |              | <b>del Total</b>  |
| 2"             | 50            | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 1 1 /2"        | 37,50         | 356,48           | 356,48           | 11,88        | <b>88,12</b>      |
| 1"             | 25,00         | 1861,48          | 2217,96          | 73,93        | <b>26,07</b>      |
| 3/4"           | 19,00         | 489,45           | 2707,41          | 90,25        | <b>9,75</b>       |
| 3/8"           | 9,50          | 292,59           | 3000,00          | 100,00       | <b>0,00</b>       |
| N°4            | 4,75          | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |
| N°10           | 2,00          | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |
| N°40           | 0,425         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |
| N°200          | 0,075         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |



### GRANULOMETRÍA INTEGRAL MUESTRA "B"

#### GRANULOMETRÍA N°1

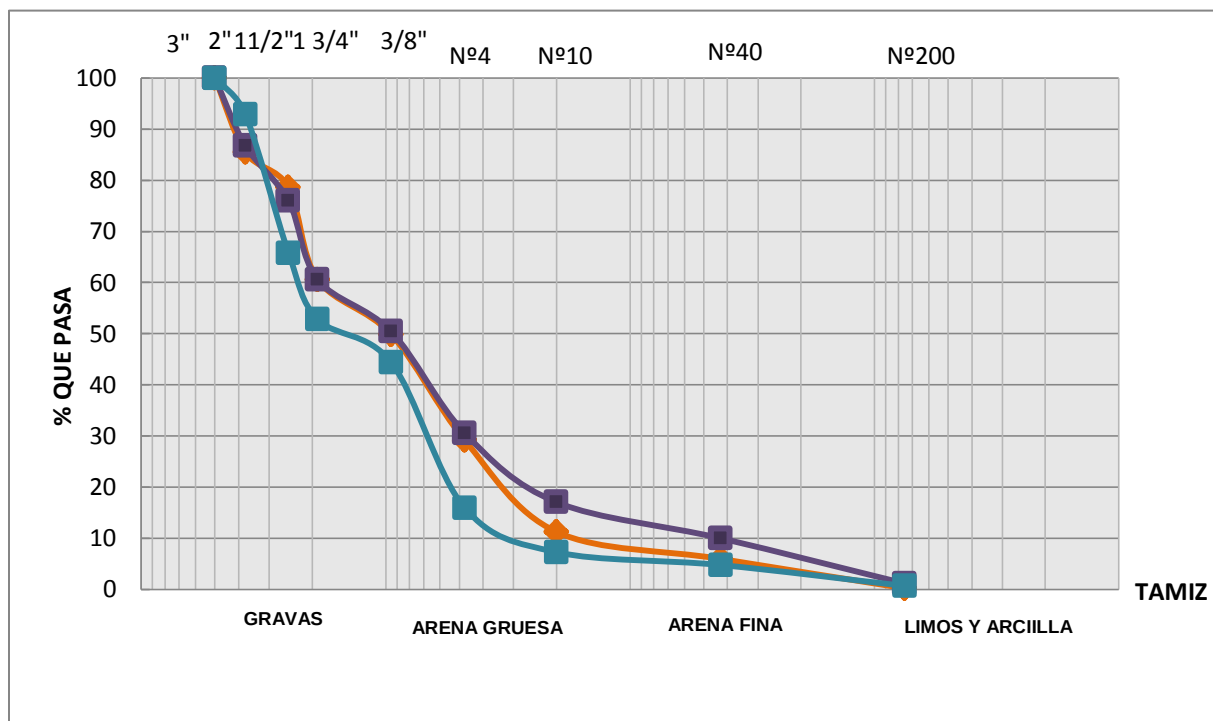
| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0,00      | 0,00      | 0,00  | <b>100,00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 723,45    | 723,45    | 14,47 | <b>85,53</b>  |
| 1"                                     | 25,00  | 346,10    | 1069,55   | 21,39 | <b>78,61</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 900,20    | 1969,75   | 39,40 | <b>60,61</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 536,65    | 2506,40   | 50,13 | <b>49,87</b>  |
| N°4                                    | 4,75   | 1035,10   | 3541,50   | 70,83 | <b>29,17</b>  |
| N°10                                   | 2,00   | 896,47    | 4437,97   | 88,76 | <b>11,24</b>  |
| N°40                                   | 0,425  | 264,80    | 4702,77   | 94,06 | <b>5,94</b>   |
| N°200                                  | 0,075  | 287,23    | 4990,00   | 99,80 | <b>0,20</b>   |

**GRANULOMETRIA N°2**

| <b>Tamices</b> | <b>Tamaño</b> | <b>Peso Ret.</b> | <b>Ret. Acum</b> | <b>% Ret</b> | <b>% Que Pasa</b> |
|----------------|---------------|------------------|------------------|--------------|-------------------|
|                | <b>(mm)</b>   | <b>(gr)</b>      | <b>(gr)</b>      |              | <b>del Total</b>  |
| 2"             | 50            | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 1 1 /2"        | 37,50         | 662,30           | 662,30           | 13,25        | <b>86,75</b>      |
| 1"             | 25,00         | 537,80           | 1200,10          | 24,00        | <b>76,00</b>      |
| 3/4"           | 19,00         | 770,40           | 1970,50          | 39,41        | <b>60,59</b>      |
| 3/8"           | 9,50          | 508,00           | 2478,50          | 49,57        | <b>50,43</b>      |
| N°4            | 4,75          | 993,80           | 3472,30          | 69,45        | <b>30,55</b>      |
| N°10           | 2,00          | 675,80           | 4148,10          | 82,96        | <b>17,04</b>      |
| N°40           | 0,425         | 353,00           | 4501,10          | 90,02        | <b>9,98</b>       |
| N°200          | 0,075         | 442,30           | 4943,40          | 98,87        | <b>1,13</b>       |

**GRANULOMETRIA N°3**

| <b>Tamices</b> | <b>Tamaño</b> | <b>Peso Ret.</b> | <b>Ret. Acum</b> | <b>% Ret</b> | <b>% Que Pasa</b> |
|----------------|---------------|------------------|------------------|--------------|-------------------|
|                | <b>(mm)</b>   | <b>(gr)</b>      | <b>(gr)</b>      |              | <b>del Total</b>  |
| 2"             | 50            | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 1 1 /2"        | 37,50         | 356,48           | 356,48           | 7,13         | <b>92,87</b>      |
| 1"             | 25,00         | 1354,00          | 1710,48          | 34,21        | <b>65,79</b>      |
| 3/4"           | 19,00         | 648,30           | 2358,78          | 47,18        | <b>52,82</b>      |
| 3/8"           | 9,50          | 421,50           | 2780,28          | 55,61        | <b>44,39</b>      |
| N°4            | 4,75          | 1423,50          | 4203,78          | 84,08        | <b>15,92</b>      |
| N°10           | 2,00          | 432,80           | 4636,58          | 92,73        | <b>7,27</b>       |
| N°40           | 0,425         | 125,70           | 4762,28          | 95,25        | <b>4,75</b>       |
| N°200          | 0,075         | 204,72           | 4967,00          | 99,34        | <b>0,66</b>       |



## GRANULOMETRÍA INTEGRAL MUESTRA "C"

### GRANULOMETRÍA N° 1

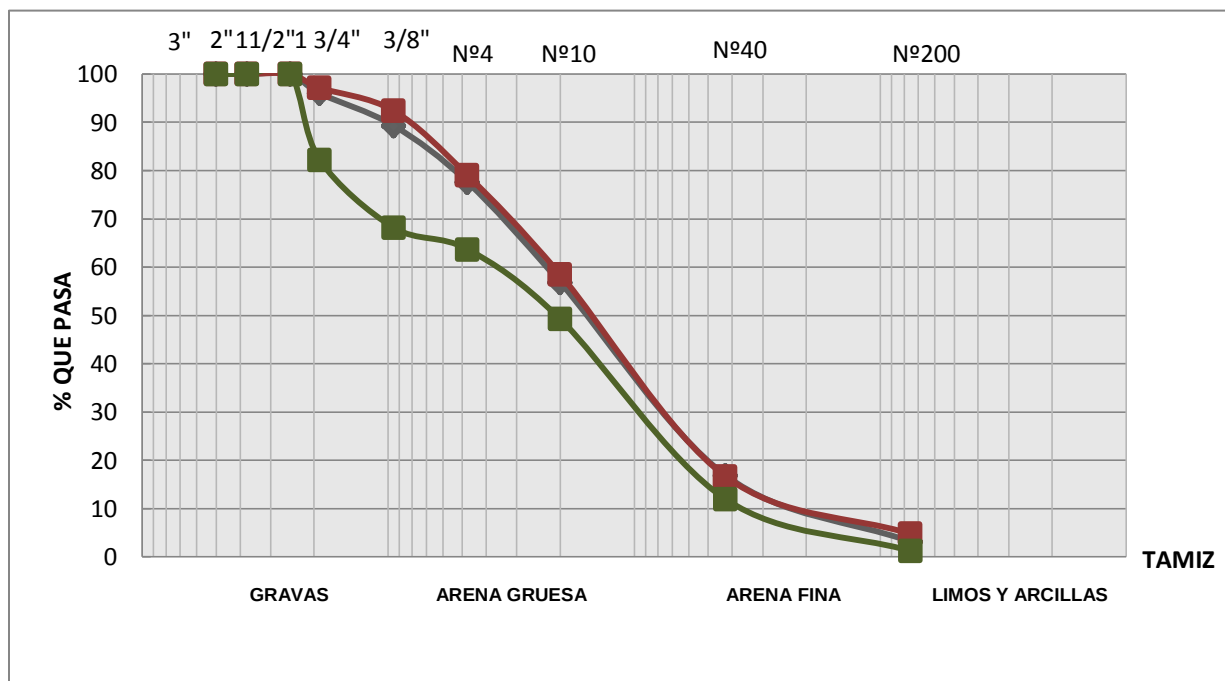
| Peso Total (gr.)<br>3000 |        |           |           |       |            |
|--------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                  | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                          | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                       | 50     | 0,00      | 0,00      | 0,00  | 100,00     |
| 1 1 /2"                  | 37,50  | 0,00      | 0,00      | 0,00  | 100,00     |
| 1"                       | 25,00  | 0,00      | 0,00      | 0,00  | 100,00     |
| 3/4"                     | 19,00  | 120,30    | 120,30    | 4,01  | 95,99      |
| 3/8"                     | 9,50   | 200,54    | 320,84    | 10,69 | 89,31      |
| Nº4                      | 4,75   | 352,20    | 673,04    | 22,43 | 77,57      |
| Nº10                     | 2,00   | 621,40    | 1294,44   | 43,15 | 56,85      |
| Nº40                     | 0,425  | 1200,00   | 2494,44   | 83,15 | 16,85      |
| Nº200                    | 0,075  | 412,30    | 2906,74   | 96,89 | 3,11       |

**GRANULOMETRÍA N° 2**

| <b>Tamices</b> | <b>Tamaño</b> | <b>Peso Ret.</b> | <b>Ret. Acum</b> | <b>% Ret</b> | <b>% Que Pasa</b> |
|----------------|---------------|------------------|------------------|--------------|-------------------|
|                | <b>(mm)</b>   | <b>(gr)</b>      | <b>(gr)</b>      |              | <b>del Total</b>  |
| 2"             | 50            | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 1 1 /2"        | 37,50         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 1"             | 25,00         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 3/4"           | 19,00         | 85,50            | 85,50            | 2,85         | <b>97,15</b>      |
| 3/8"           | 9,50          | 143,00           | 228,50           | 7,62         | <b>92,38</b>      |
| N°4            | 4,75          | 402,20           | 630,70           | 21,02        | <b>78,98</b>      |
| N°10           | 2,00          | 614,50           | 1245,20          | 41,51        | <b>58,49</b>      |
| N°40           | 0,425         | 1255,60          | 2500,80          | 83,36        | <b>16,64</b>      |
| N°200          | 0,075         | 357,30           | 2858,10          | 95,27        | <b>4,73</b>       |

**GRANULOMETRÍA N° 3**

| <b>Tamices</b> | <b>Tamaño</b> | <b>Peso Ret.</b> | <b>Ret. Acum</b> | <b>% Ret</b> | <b>% Que Pasa</b> |
|----------------|---------------|------------------|------------------|--------------|-------------------|
|                | <b>(mm)</b>   | <b>(gr)</b>      | <b>(gr)</b>      |              | <b>del Total</b>  |
| 2"             | 50            | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 1 1 /2"        | 37,50         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 1"             | 25,00         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 3/4"           | 19,00         | 532,70           | 532,70           | 17,76        | <b>82,24</b>      |
| 3/8"           | 9,50          | 421,50           | 954,20           | 31,81        | <b>68,19</b>      |
| N°4            | 4,75          | 135,10           | 1089,30          | 36,31        | <b>63,69</b>      |
| N°10           | 2,00          | 432,60           | 1521,90          | 50,73        | <b>49,27</b>      |
| N°40           | 0,425         | 1120,30          | 2642,20          | 88,07        | <b>11,93</b>      |
| N°200          | 0,075         | 321,50           | 2963,70          | 98,79        | <b>1,21</b>       |



### GRANULOMETRÍA INTEGRAL MUESTRA "D"

#### GRANULOMETRÍA N° 1

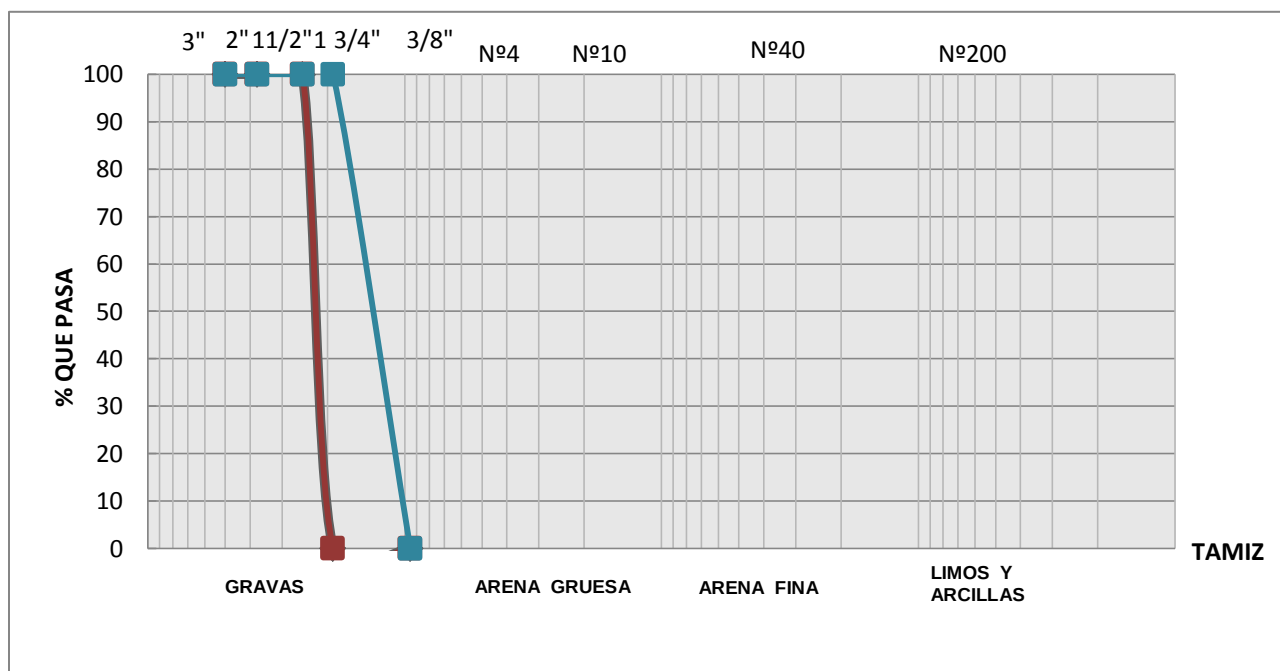
| Peso Total (gr.)<br>3000 |        |           |           |       |            |
|--------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                  | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                          | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                       | 50     | 0,00      | 0,00      | 0,00  | 100,00     |
| 1 1/2"                   | 37,50  | 0,00      | 0,00      | 0,00  | 100,00     |
| 1"                       | 25,00  | 0,00      | 0,00      | 0,00  | 100,00     |
| 3/4"                     | 19,00  | 5,00      | 5,00      | 0,17  | 99,83      |
| 3/8"                     | 9,50   | 2994,0    | 2999,0    | 99,97 | 0,03       |
| N°4                      | 4,75   | 1,00      | 3000,0    | 100,0 | 0,00       |
| N°10                     | 2,00   | 0,00      | 0,00      | 0,00  | 0,00       |
| N°40                     | 0,425  | 0,00      | 0,00      | 0,00  | 0,00       |
| N°200                    | 0,075  | 0,00      | 0,00      | 0,00  | 0,00       |

**GRANULOMETRÍA N° 2**

| <b>Tamices</b> | <b>Tamaño</b> | <b>Peso Ret.</b> | <b>Ret. Acum</b> | <b>% Ret</b> | <b>% Que Pasa</b> |
|----------------|---------------|------------------|------------------|--------------|-------------------|
|                | <b>(mm)</b>   | <b>(gr)</b>      | <b>(gr)</b>      |              | <b>del Total</b>  |
| 2"             | 50            | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 1 1 /2"        | 37,50         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 1"             | 25,00         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 3/4"           | 19,00         | 1,00             | 1,00             | 0,03         | <b>99,97</b>      |
| 3/8"           | 9,50          | 2999,0           | 3000,0           | 100,0        | <b>0,00</b>       |
| Nº4            | 4,75          | 0,00             | 3000,0           | 100,0        | <b>0,00</b>       |
| Nº10           | 2,00          | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |
| Nº40           | 0,425         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |
| Nº200          | 0,075         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |

**GRANULOMETRIA N° 3**

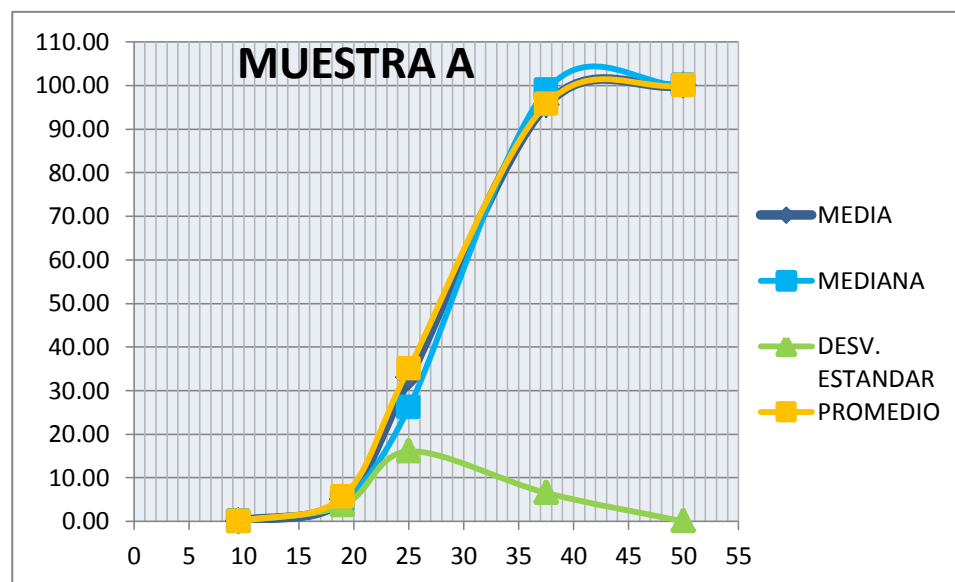
| <b>Tamices</b> | <b>Tamaño</b> | <b>Peso Ret.</b> | <b>Ret. Acum</b> | <b>% Ret</b> | <b>% Que Pasa</b> |
|----------------|---------------|------------------|------------------|--------------|-------------------|
|                | <b>(mm)</b>   | <b>(gr)</b>      | <b>(gr)</b>      |              | <b>del Total</b>  |
| 2"             | 50            | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 1 1 /2"        | 37,50         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 1"             | 25,00         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | <b>100,00</b>     |
| 3/4"           | 19,00         | 1,10             | 1,10             | 0,04         | <b>99,96</b>      |
| 3/8"           | 9,50          | 2998,50          | 2999,60          | 99,99        | <b>0,01</b>       |
| Nº4            | 4,75          | 0,40             | 3000,0           | 100,0        | <b>0,00</b>       |
| Nº10           | 2,00          | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |
| Nº40           | 0,425         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |
| Nº200          | 0,075         | 0,00             | 0,00             | 0,00         | 0,00              |



### 3.5. INTERPRETACIÓN ESTADÍSTICA PARA SELECCIÓN.

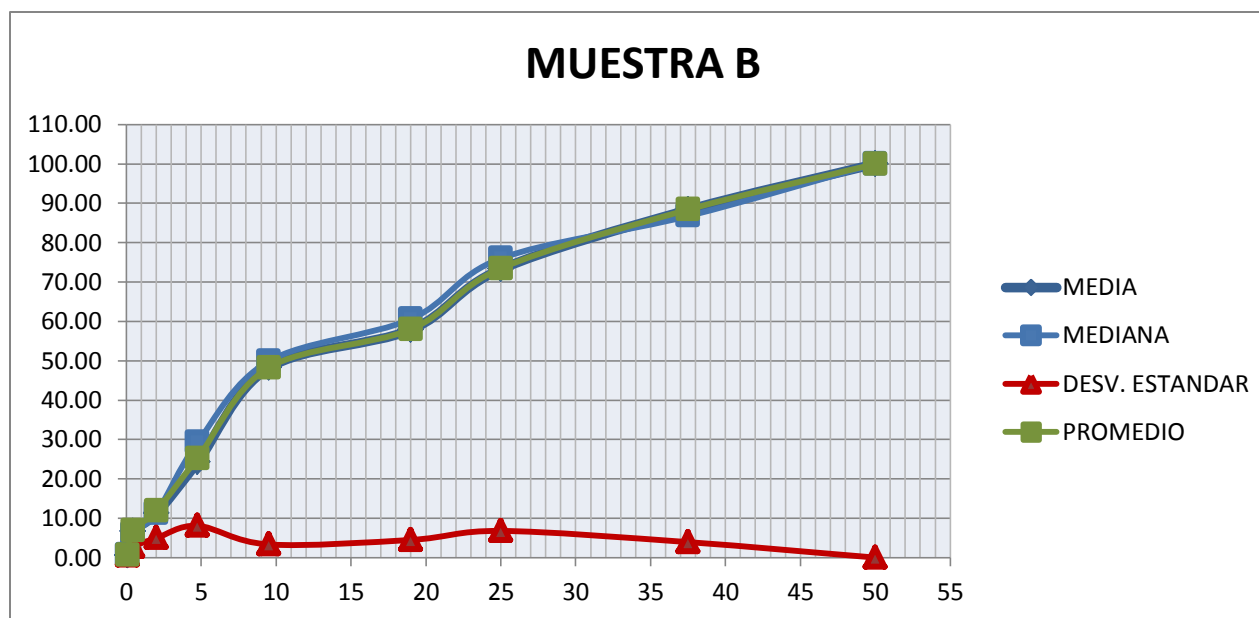
#### MUESTRA A

| TAMICES | % QUE PASA DEL TOTAL |        |        | MEDIA  | MEDIANA | DESVIACIÓN ESTANDAR | PROMEDIO |
|---------|----------------------|--------|--------|--------|---------|---------------------|----------|
|         | A1                   | A2     | A3     |        |         |                     |          |
| 2"      | 100.00               | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00  | 0.00                | 100.00   |
| 1 1/2"  | 100.00               | 98.81  | 88.12  | 95.49  | 98.81   | 6.54                | 95.64    |
| 1"      | 25.50                | 53.60  | 26.07  | 32.90  | 26.07   | 16.06               | 35.05    |
| 3/4"    | 4.72                 | 2.53   | 9.75   | 4.88   | 4.72    | 3.70                | 5.67     |
| 3/8"    | 0.00                 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00                | 0.00     |
| N° 4    | 0.00                 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00                | 0.00     |
| N° 10   | 0.00                 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00                | 0.00     |
| N° 40   | 0.00                 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00                | 0.00     |
| N° 200  | 0.00                 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00                | 0.00     |



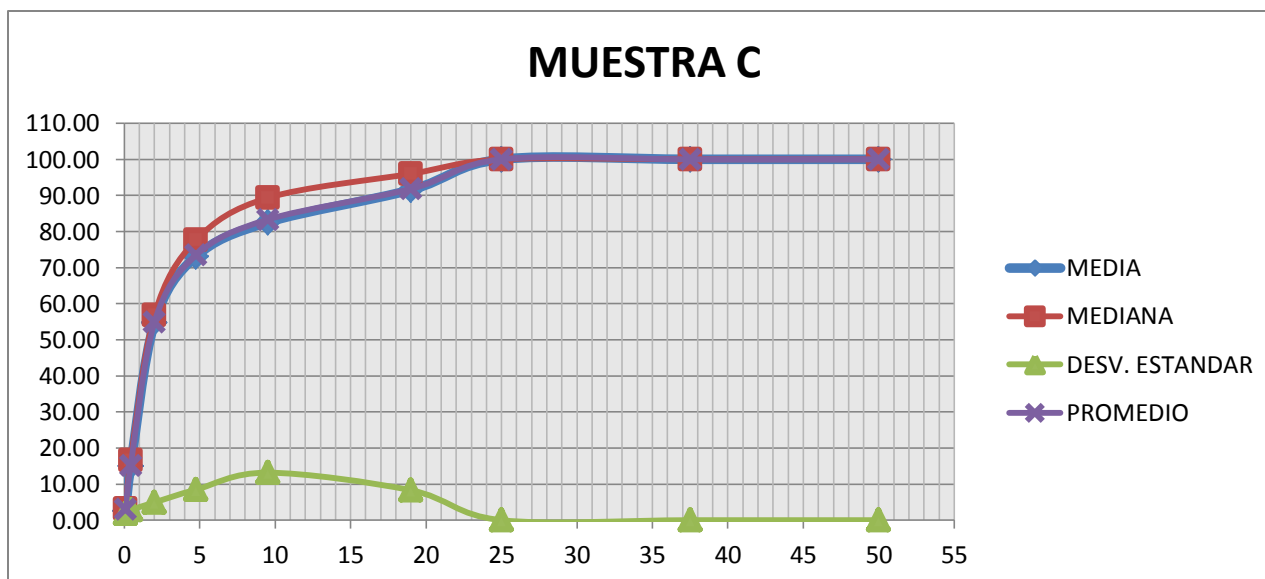
**MUESTRA B**

| TAMICES | % QUE PASA DEL TOTAL |        |         | MEDIA  | MEDIANA | DESVIACIÓN ESTANDAR | PROMEDIO |
|---------|----------------------|--------|---------|--------|---------|---------------------|----------|
|         | B1                   | B2     | B3      |        |         |                     |          |
| 2"      | 100.00               | 100.00 | 100.00  | 100.00 | 100.00  | 0.00                | 100.00   |
| 1 1/2"  | 85.53                | 86.75  | 92.87   | 88.33  | 86.75   | 3.93                | 88.39    |
| 1"      | 78.61                | 76.00  | 65.79   | 73.25  | 76.00   | 6.77                | 73.47    |
| 3/4"    | 60.61                | 60.59  | 52.82   | 57.89  | 60.59   | 4.49                | 58.01    |
| 3/8"    | 49.87                | 50.43  | 44.39   | 48.15  | 49.87   | 3.34                | 48.23    |
| Nº4     | 29.17                | 30.554 | 15.9244 | 24.21  | 29.17   | 8.08                | 25.22    |
| Nº10    | 11.2406              | 17.038 | 7.2684  | 11.17  | 11.24   | 4.91                | 11.85    |
| Nº40    | 5.9446               | 9.978  | 4.7544  | 6.56   | 5.94    | 2.74                | 6.89     |
| Nº200   | 0.2                  | 1.132  | 0.66    | 0.53   | 0.66    | 0.47                | 0.66     |



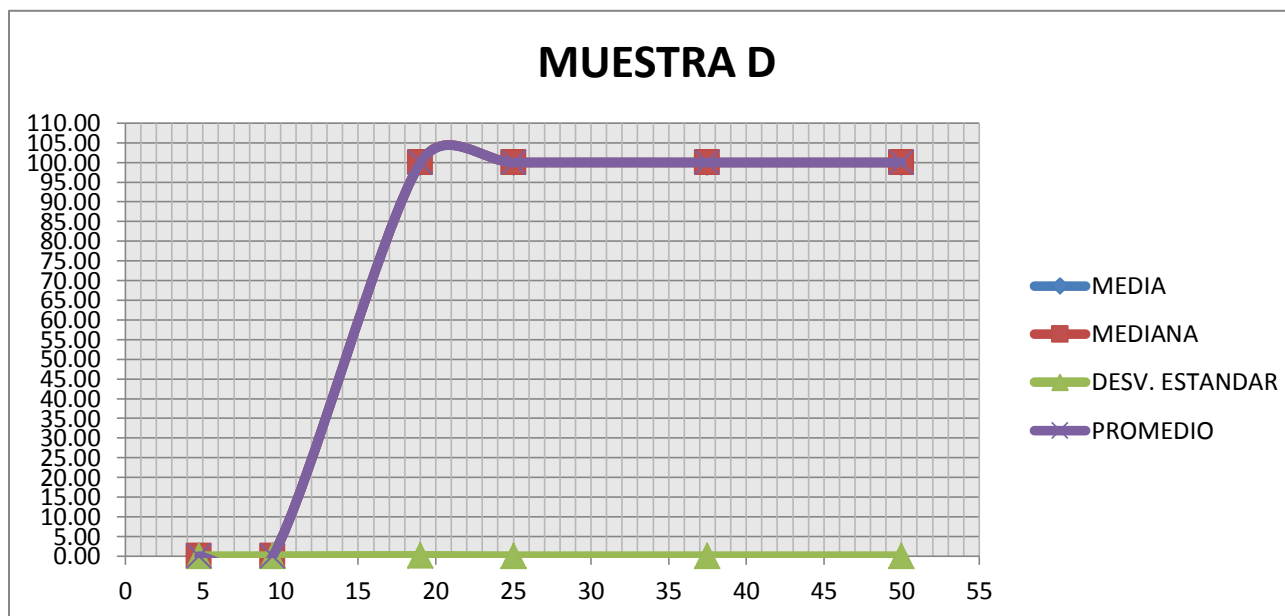
**MUESTRA C**

| TAMICES | % QUE PASA DEL TOTAL |        |        | MEDIA  | MEDIANA | DESVIACION<br>ESTANDAR | PROMEDIO |
|---------|----------------------|--------|--------|--------|---------|------------------------|----------|
|         | C1                   | C2     | C3     |        |         |                        |          |
| 2"      | 100.00               | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00  | 0.00                   | 100.00   |
| 1 1/2"  | 100.00               | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00  | 0.00                   | 100.00   |
| 1"      | 100.00               | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00  | 0.00                   | 100.00   |
| 3/4"    | 95.99                | 97.15  | 82.24  | 91.54  | 95.99   | 8.29                   | 91.79    |
| 3/8"    | 89.31                | 92.38  | 68.19  | 82.55  | 89.31   | 13.17                  | 83.29    |
| Nº4     | 77.57                | 78.98  | 63.69  | 73.07  | 77.57   | 8.45                   | 73.41    |
| Nº10    | 56.85                | 58.49  | 49.27  | 54.72  | 56.85   | 4.92                   | 54.87    |
| Nº40    | 16.85                | 16.64  | 11.93  | 14.95  | 16.64   | 2.78                   | 15.14    |
| Nº200   | 3.11                 | 4.73   | 1.21   | 2.61   | 3.11    | 1.76                   | 3.02     |



**MUESTRA D**

| TAMICES | % QUE PASA DEL TOTAL |        |        | MEDIA  | MEDIANA | DESVIACION<br>ESTANDAR | PROMEDIO |
|---------|----------------------|--------|--------|--------|---------|------------------------|----------|
|         | D1                   | D2     | D3     |        |         |                        |          |
| 2"      | 100.00               | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00  | 0.00                   | 100.00   |
| 1 1/2"  | 100.00               | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00  | 0.00                   | 100.00   |
| 1"      | 100.00               | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00  | 0.00                   | 100.00   |
| 3/4"    | 99.83                | 99.97  | 99.96  | 99.92  | 99.96   | 0.08                   | 99.92    |
| 3/8"    | 0.03                 | 0.00   | 0.01   | 0.00   | 0.01    | 0.02                   | 0.01     |
| N° 4    | 0.00                 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00                   | 0.00     |
| N° 10   | 0.00                 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00                   | 0.00     |
| N° 40   | 0.00                 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00                   | 0.00     |
| N° 200  | 0.00                 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00                   | 0.00     |



Luego de analizar los resultados estadísticos obtenidos de los diferentes métodos, se vio conveniente trabajar con la Mediana que en el ámbito de la estadística representa el valor de la variable de posición central que divide una distribución de datos ordenados en dos partes iguales, es decir, el 50% de los datos se ubican sobre la mediana o hacia los puntajes altos y el 50% restante hacia los puntajes bajos. La Mediana no tiene propiedades que le permite intervenir en desarrollos algebraicos como la media aritmética, sin embargo, posee propiedades que ponen en evidencia ciertas cualidades de un conjunto de datos, lo cual no ocurre con la media aritmética que promedia todos los valores y suprime sus individualidades. En cambio, la mediana destaca los valores individuales.

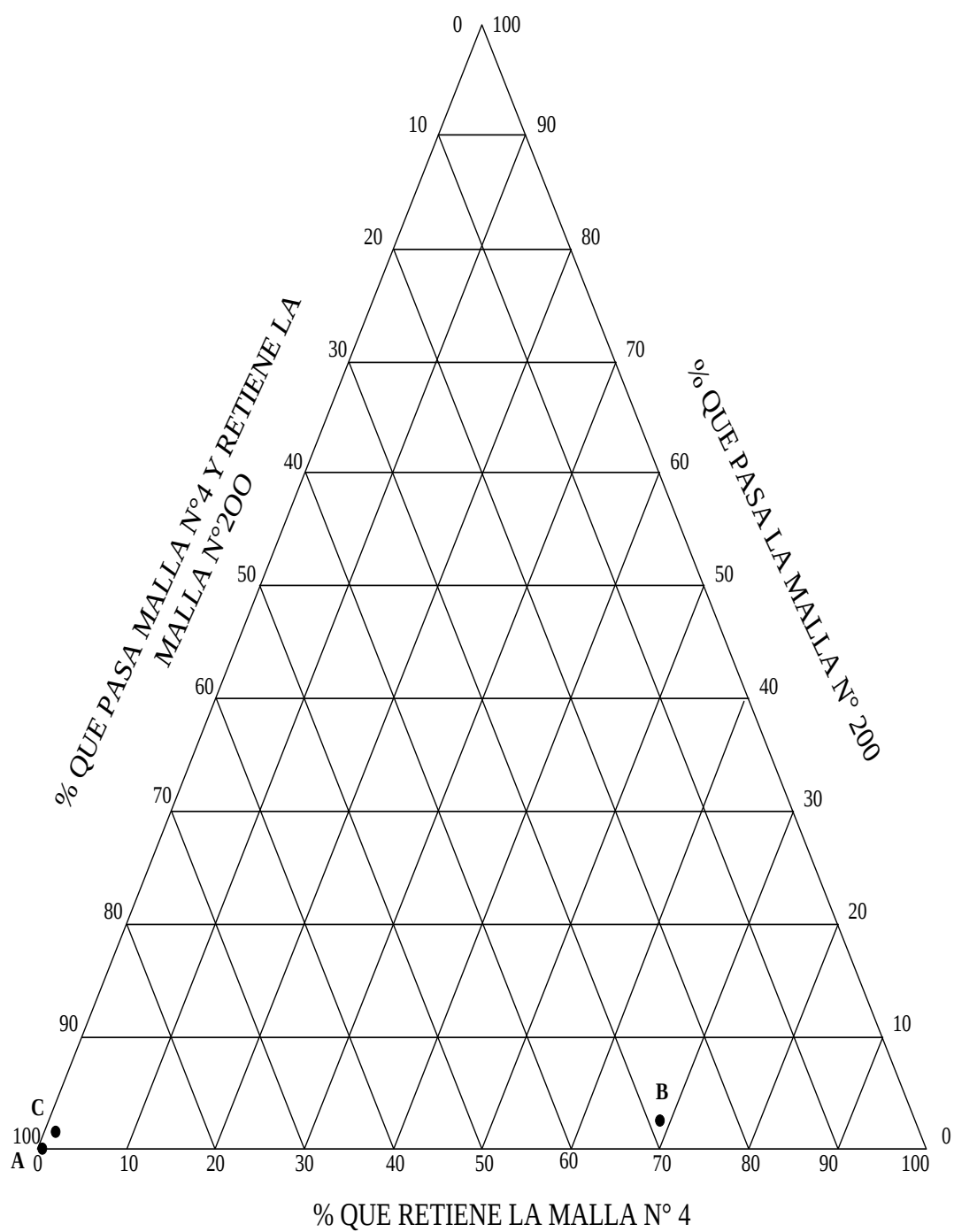
Tiene la ventaja de no estar afectada por las observaciones extremas, ya que no depende de los valores que toma la variable, sino del orden de las mismas.

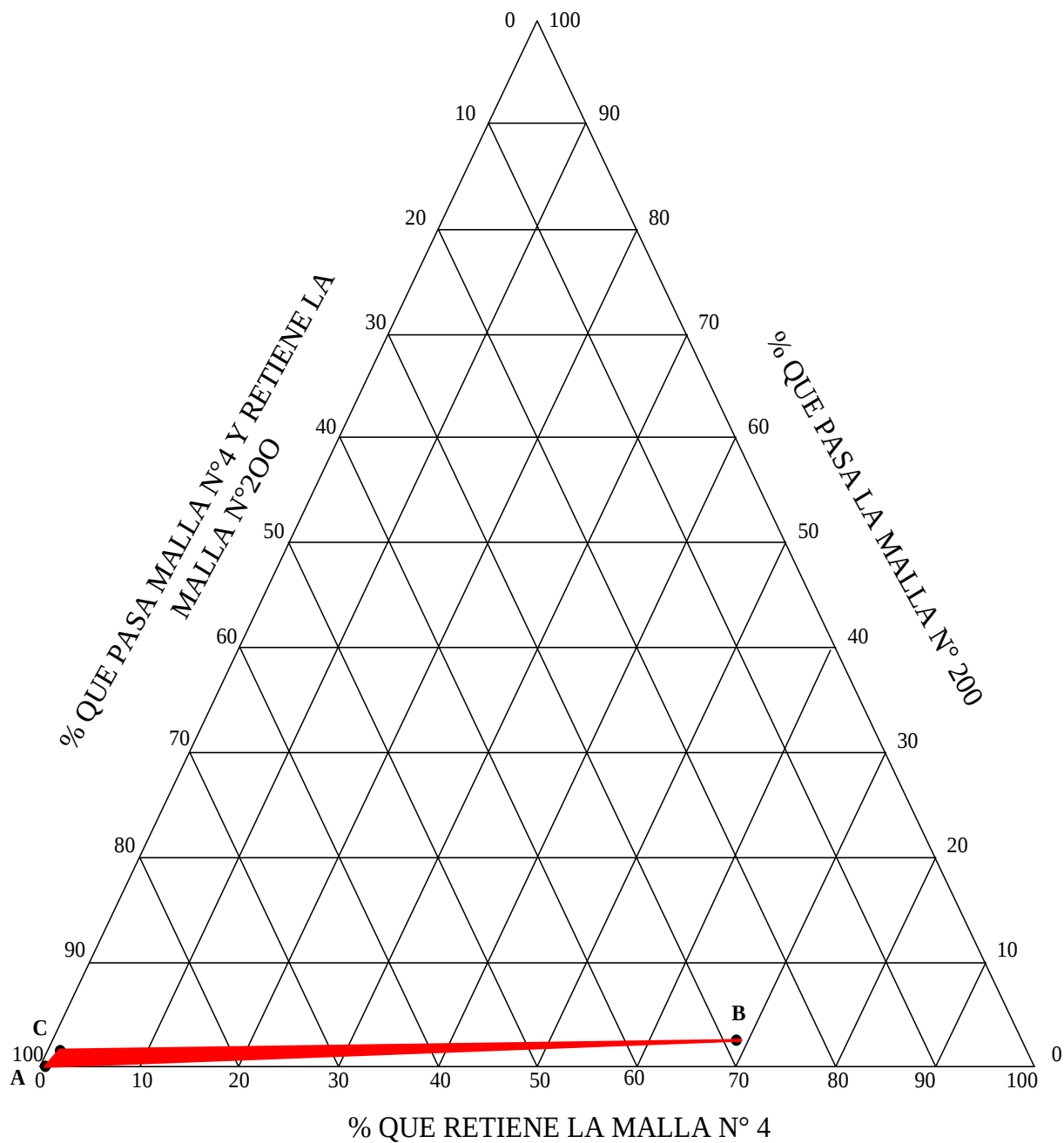
### **METODOLOGÍA PARA LA MEZCLA DE 3 SUELOS.**

Luego de seleccionar la granulometrías con las que trabajaremos graficamos estas en nuestro triangulo, para empezar a graficar seleccionamos los porcentajes retenidos en el tamiz N°4, lo que pasa el N°4 y retiene en N°200 y lo que pasa el tamiz N°200.

Con estos 3 porcentajes de cada muestra graficamos los 3 puntos que nos mostraran el área de solución.

| <b>Muestra</b> | <b>Retenido tamiz N°4</b> | <b>Pasa tamiz N°4 retiene N° 200</b> | <b>Pasa tamiz N° 200</b> |
|----------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Muestra A      | 0                         | 0                                    | 0                        |
| Muestra B      | 69.45                     | 29.42                                | 1.13                     |
| Muestra C      | 2.58                      | 96.99                                | 0.43                     |
| Muestra D      | 0                         | 0                                    | 0                        |



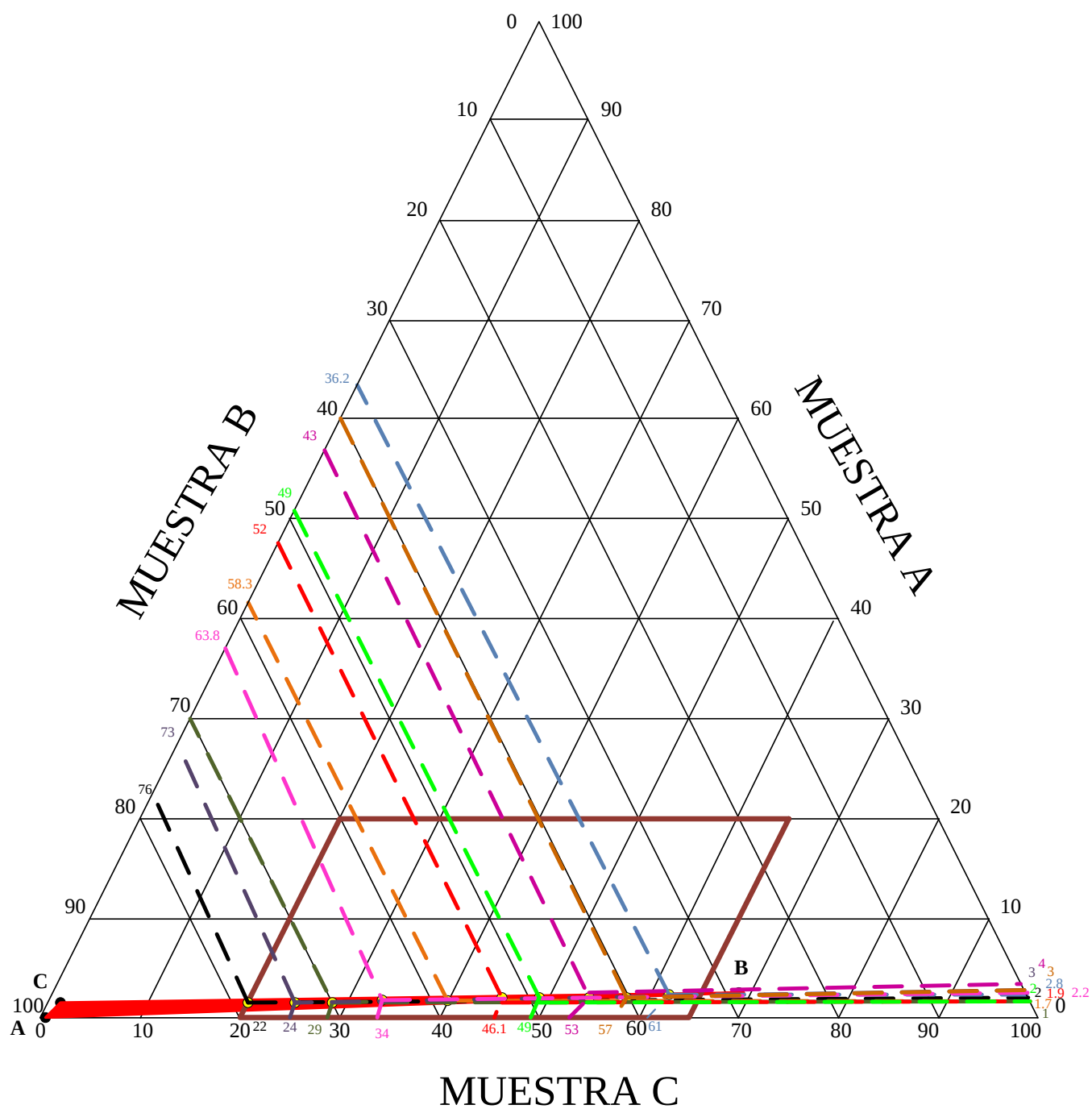


#### ÁREA DE SOLUCIÓN

Teniendo el área de solución graficamos un rectángulo que nos muestra los límites que nos especifica que nos da la norma ABC para las granulometrías de capa sub-base y base y seleccionamos puntos que se encuentren dentro del rectángulo para determinar los porcentajes con los que vamos a trabajar.

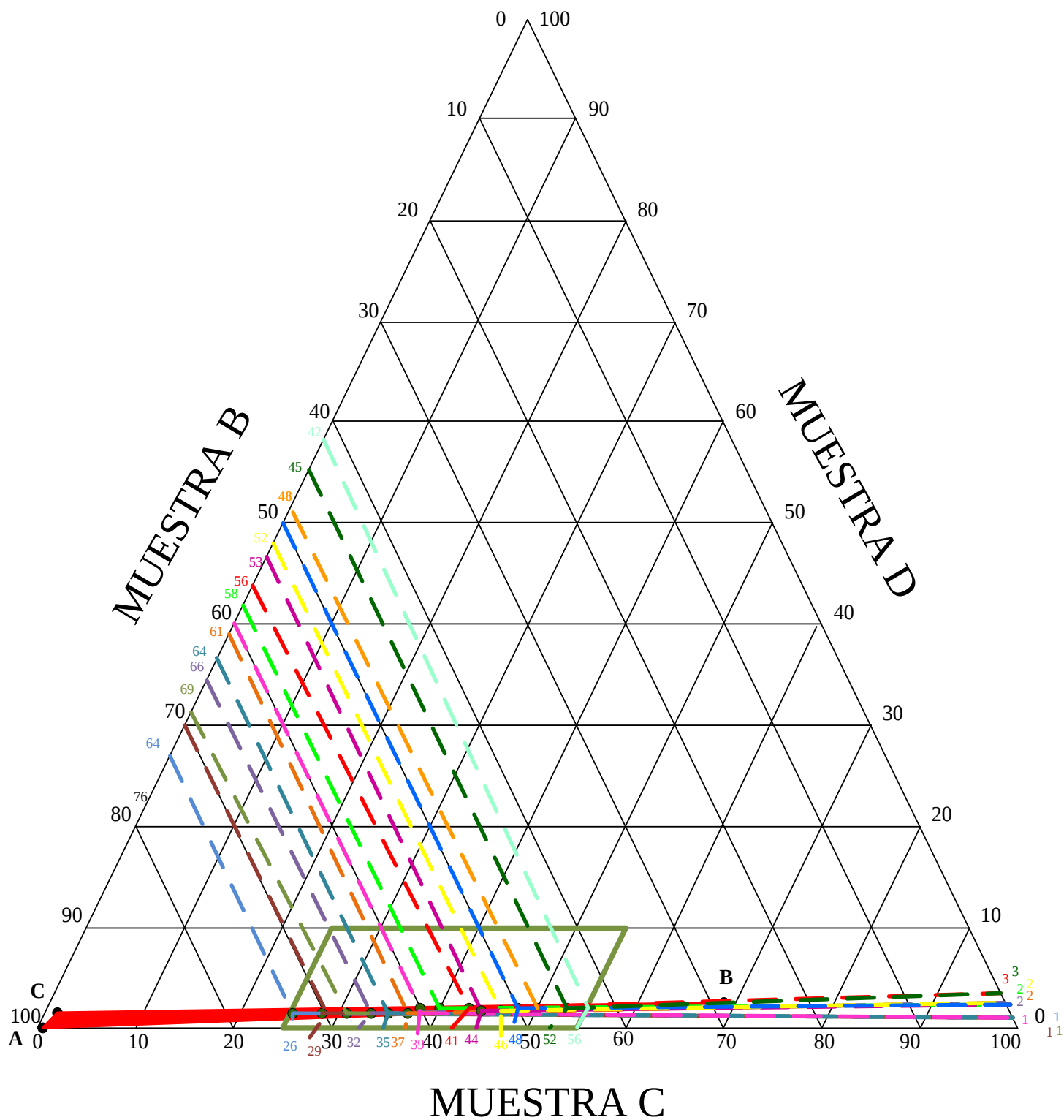


CAPASUB-BASE:





**CAPA BASE MATERIAL CHANCADO:**



**COMBINACIONES ELEGIDAS.****CAPA SUB BASE**

| <b>Tamaño Agregado</b> | <b>1° Combinación</b> | <b>2° Combinación</b> | <b>3° Combinación</b> | <b>4° Combinación</b> | <b>5° Combinación</b> |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Muestra A              | 2 %                   | 1.7 %                 | 2.8 %                 | 3%                    | 1.9%                  |
| Muestra B              | 76 %                  | 58.3 %                | 36.2 %                | 73%                   | 52%                   |
| Muestra C              | 22 %                  | 40 %                  | 61 %                  | 24%                   | 46.1%                 |

| <b>Tamaño Agregado</b> | <b>6° Combinación</b> | <b>7° Combinación</b> | <b>8° Combinación</b> | <b>9° Combinación</b> | <b>10° Combinación</b> |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Muestra A              | 1%                    | 2.2%                  | 2%                    | 4%                    | 3%                     |
| Muestra B              | 70%                   | 63.8%                 | 49%                   | 43%                   | 40%                    |
| Muestra C              | 29%                   | 34%                   | 49%                   | 53%                   | 57%                    |

**CAPA BASE****MATERIAL NATURAL**

| <b>Tamaño Agregado</b> | <b>1° Combinación</b> | <b>2° Combinación</b> | <b>3° Combinación</b> | <b>4° Combinación</b> | <b>5° Combinación</b> |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Muestra A              | 1.5 %                 | 2 %                   | 3 %                   | 1.7%                  | 2%                    |
| Muestra B              | 68.5 %                | 59 %                  | 47 %                  | 64%                   | 52%                   |
| Muestra C              | 30 %                  | 39 %                  | 50 %                  | 34.3%                 | 46%                   |

### MATERIAL CHANCADO

| <b>Tamaño Agregado</b> | <b>1° Combinación</b> | <b>2° Combinación</b> | <b>3° Combinación</b> | <b>4° Combinación</b> | <b>5° Combinación</b> |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Muestra D              | 1%                    | 1%                    | 1%                    | 2%                    | 1%                    |
| Muestra B              | 73%                   | 70%                   | 69%                   | 66%                   | 64%                   |
| Muestra C              | 26%                   | 29%                   | 30%                   | 32%                   | 35%                   |

| <b>Tamaño Agregado</b> | <b>6° Combinación</b> | <b>7° Combinación</b> | <b>8° Combinación</b> | <b>9° Combinación</b> | <b>10° Combinación</b> |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Muestra D              | 2%                    | 1%                    | 2%                    | 3%                    | 3%                     |
| Muestra B              | 61%                   | 60%                   | 58%                   | 56%                   | 53%                    |
| Muestra C              | 37%                   | 39%                   | 40%                   | 41%                   | 44%                    |

| <b>Tamaño Agregado</b> | <b>11° Combinación</b> | <b>12° Combinación</b> | <b>13° Combinación</b> | <b>14° Combinación</b> | <b>15° Combinación</b> |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Muestra D              | 2%                     | 2%                     | 2%                     | 3%                     | 2%                     |
| Muestra B              | 52%                    | 50%                    | 48%                    | 45%                    | 42%                    |
| Muestra C              | 46%                    | 48%                    | 50%                    | 52%                    | 56%                    |

### VERIFICACIÓN DE COMBINACIONES.

Para verificar que las combinaciones elegidas nos darán una granulometría dentro de los rangos que nos da la norma realizamos una verificación utilizando la fórmula:

$$A(\%de\ comb) + B(\%de\ comb) + C(\%de\ comb) = 100\%$$

El resultado de dicha fórmula debe ser igual a 100 o a una cantidad que se encuentre dentro de lo establecido dependiendo al tamaño de malla que corresponda.

### **1° COMBINACION CAPA SUB-BASE**

**A= 2%**

**B=76%**

**C=22%**

❖ **2"**

$$100(0.02) + 100(0.76) + 100(0.22) = 100$$

❖ **1 ½"**

$$98.81(0.02) + 86.75(0.76) + 100(0.22) = 89.91$$

❖ **1"**

$$26.07(0.02) + 76(0.76) + 100(0.22) = 80.28$$

❖ **¾"**

$$4.72(0.02) + 60.59(0.76) + 95.99(0.22) = 67.26$$

❖ **3/8"**

$$0(0.02) + 49.87(0.76) + 89.31(0.22) = 57.55$$

❖ **N° 4**

$$0(0.02) + 29.17(0.76) + 77.57(0.22) = 39.23$$

❖ **N° 10**

$$0(0.02) + 11.24(0.76) + 56.85(0.22) = 21.05$$

❖ **N° 40**

$$0(0.02) + 5.94(0.76) + 16.64(0.22) = 8.18$$

❖ **N° 200**

$$0(0.02) + 0.66(0.76) + 3.11(0.22) = 1.19$$

| Malla | Resultado de Fórmula            |                                 |                                 |                                 |                                 |
|-------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|       | 1° Combinación<br>capa Sub-base | 2° Combinación<br>capa Sub-base | 3° Combinación<br>capa Sub-base | 4° Combinación<br>capa Sub-base | 5° Combinación<br>capa Sub-base |
| 2"    | 100                             | 100                             | 100                             | 100                             | 100                             |
| 1 ½"  | 89.3                            | 92.28                           | 95.20                           | 90.29                           | 93.09                           |
| 1"    | 80.27                           | 84.74                           | 89.23                           | 80.26                           | 86.12                           |
| ¾"    | 67.52                           | 74.26                           | 81.33                           | 67.41                           | 75.85                           |
| 3/8"  | 58.65                           | 66.35                           | 74.61                           | 57.84                           | 67.10                           |
| N° 4  | 40.59                           | 49.40                           | 59.24                           | 39.91                           | 50.93                           |
| N°10  | 25.82                           | 33.33                           | 41.85                           | 21.85                           | 32.05                           |
| N°40  | 11.25                           | 12.47                           | 13.76                           | 8.33                            | 10.76                           |
| N°200 | 1.9                             | 2.55                            | 3.29                            | 1.23                            | 1.78                            |

| Malla | Resultado de Fórmula            |                                 |                                 |                                 |                                  |
|-------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
|       | 6° Combinación<br>capa Sub-base | 7° Combinación<br>capa Sub-base | 8° Combinación<br>capa Sub-base | 9° Combinación<br>capa Sub-base | 10° Combinación<br>capa Sub-base |
| 2"    | 100                             | 100                             | 100                             | 100                             | 100                              |
| 1 ½"  | 90.71                           | 91.52                           | 93.48                           | 94.25                           | 94.66                            |
| 1"    | 83.06                           | 83.06                           | 86.76                           | 86.72                           | 88.18                            |
| ¾"    | 70.30                           | 71.40                           | 76.82                           | 77.12                           | 79.09                            |
| 3/8"  | 60.81                           | 62.18                           | 68.20                           | 68.78                           | 70.85                            |
| N° 4  | 42.91                           | 44.98                           | 52.30                           | 53.66                           | 55.88                            |
| N°10  | 24.35                           | 26.50                           | 33.36                           | 34.96                           | 36.90                            |
| N°40  | 8.98                            | 9.45                            | 11.06                           | 11.37                           | 11.86                            |
| N°200 | 1.36                            | 1.48                            | 1.85                            | 1.93                            | 2.04                             |

| Malla | Resultado de Fórmula        |                             |                             |                             |                             |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|       | 1° Combinación<br>capa Base | 2° Combinación<br>capa Base | 3° Combinación<br>capa Base | 4° Combinación<br>capa Base | 5° Combinación<br>capa Base |
| 2"    | 100                         | 100                         | 100                         | 100                         | 100                         |
| 1 ½"  | 90.92                       | 92.18                       | 93.77                       | 91.50                       | 93.07                       |
| 1"    | 82.44                       | 84.35                       | 84.48                       | 83.38                       | 84.1                        |
| ¾"    | 70.72                       | 73.73                       | 74.20                       | 71.78                       | 74.6                        |
| ⅜"    | 62.26                       | 63.78                       | 64.82                       | 62.55                       | 63.15                       |
| N° 4  | 44.62                       | 48.52                       | 53.84                       | 45.28                       | 50.85                       |
| N°10  | 29.22                       | 32.86                       | 37.25                       | 26.69                       | 31.99                       |
| N°40  | 11.83                       | 12.38                       | 13.01                       | 9.50                        | 10.74                       |
| N°200 | 2.2                         | 2.51                        | 2.89                        | 1.50                        | 1.77                        |

### MATERIAL CHANCADO

| Malla | Resultado de Fórmula        |                             |                             |                             |                             |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|       | 1° Combinación<br>capa Base | 2° Combinación<br>capa Base | 3° Combinación<br>capa Base | 4° Combinación<br>capa Base | 5° Combinación<br>capa Base |
| 2"    | 100                         | 100                         | 100                         | 100                         | 100                         |
| 1 ½"  | 90.33                       | 90.73                       | 90.86                       | 91.26                       | 91.52                       |
| 1"    | 82.48                       | 83.20                       | 83.44                       | 84.16                       | 84.64                       |
| ¾"    | 70.19                       | 71.25                       | 71.60                       | 72.71                       | 73.37                       |
| ⅜"    | 59.63                       | 60.81                       | 61.41                       | 61.49                       | 63.18                       |
| N° 4  | 41.46                       | 42.91                       | 43.39                       | 44.07                       | 45.82                       |
| N°10  | 22.98                       | 24.35                       | 24.81                       | 25.61                       | 27.09                       |
| N°40  | 11.25                       | 11.28                       | 11.31                       | 11.52                       | 11.86                       |
| N°200 | 1.29                        | 1.36                        | 1.38                        | 1.43                        | 1.51                        |

| Malla | Resultado de Fórmula        |                             |                             |                             |                              |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|       | 6° Combinación<br>capa Base | 7° Combinación<br>capa Base | 8° Combinación<br>capa Base | 9° Combinación<br>capa Base | 10° Combinación<br>capa Base |
| 2"    | 100                         | 100                         | 100                         | 100                         | 100                          |
| 1 ½"  | 91.92                       | 92.05                       | 92.32                       | 92.58                       | 92.98                        |
| 1"    | 85.36                       | 85.60                       | 86.08                       | 86.56                       | 87.28                        |
| ¾"    | 74.48                       | 74.79                       | 75.54                       | 76.29                       | 77.35                        |
| 3/8"  | 63.47                       | 64.75                       | 64.65                       | 64.54                       | 65.73                        |
| N° 4  | 46.49                       | 47.75                       | 47.95                       | 48.14                       | 49.59                        |
| N°10  | 27.89                       | 28.92                       | 29.26                       | 29.60                       | 30.97                        |
| N°40  | 11.95                       | 12                          | 12.1                        | 12.15                       | 12.47                        |
| N°200 | 1.55                        | 1.61                        | 1.63                        | 1.64                        | 1.72                         |

| Malla | Resultado de Fórmula         |                              |                              |                              |                              |
|-------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|       | 11° Combinación<br>capa Base | 12° Combinación<br>capa Base | 13° Combinación<br>capa Base | 14° Combinación<br>capa Base | 15° Combinación<br>capa Base |
| 2"    | 100                          | 100                          | 100                          | 100                          | 100                          |
| 1 ½"  | 93.11                        | 93.38                        | 93.64                        | 94.04                        | 94.44                        |
| 1"    | 87.52                        | 88                           | 88.48                        | 89.20                        | 89.92                        |
| ¾"    | 77.66                        | 78.36                        | 79.08                        | 80.18                        | 81.20                        |
| 3/8"  | 67.02                        | 67.80                        | 68.59                        | 68.88                        | 70.95                        |
| N° 4  | 50.85                        | 51.82                        | 52.79                        | 53.46                        | 55.69                        |
| N°10  | 31.99                        | 32.91                        | 33.82                        | 34.62                        | 36.56                        |
| N°40  | 12.74                        | 12.95                        | 13.17                        | 13.32                        | 13.81                        |
| N°200 | 1.77                         | 1.82                         | 1.87                         | 1.91                         | 2.02                         |

Finalmente realizada esta verificación podemos realizar los diferentes ensayos que nos permitirán conocer qué efectos tendrá la estabilidad granulométrica en cada combinación.

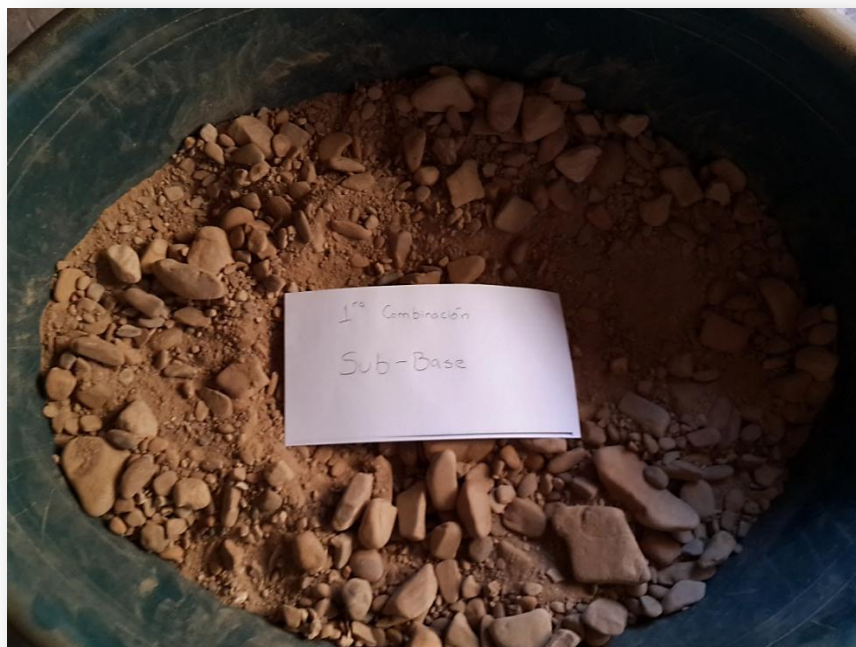
### TRABAJO DE LABORATORIO.

Teniendo ya nuestra combinación realizamos la mezcla de los materiales para la realización de los ensayos, para lo cual se preparó 50 Kg de cada combinación para trabajar en la granulometría, límites de Atterberg, compactación y CBR.

Para el preparado de la muestra simplemente se trabajó con una regla de tres simple, dándole el porcentaje correspondiente a cada combinación.

### ENSAYOS DE LABORATORIO COMBINACIONES PARA CAPA SUB-BASE.

#### PRIMERA COMBINACIÓN.

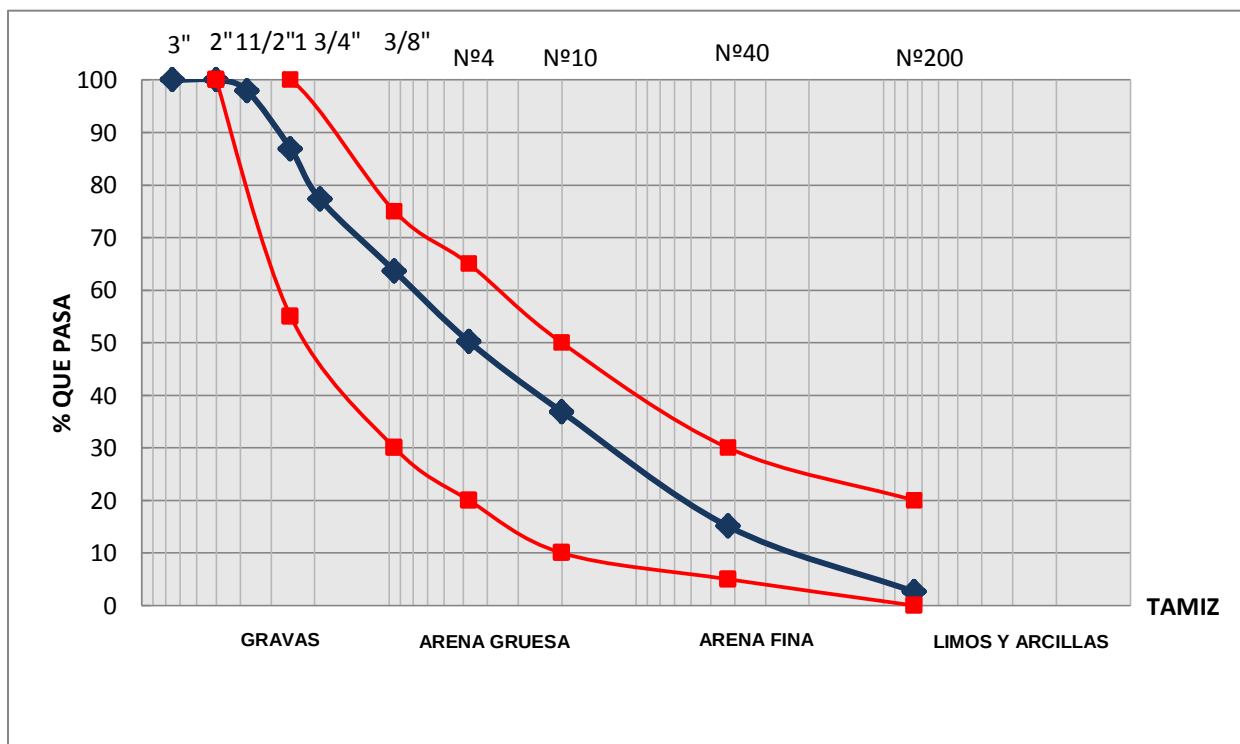


**GRA  
NUL**

**OMETRÍA:**

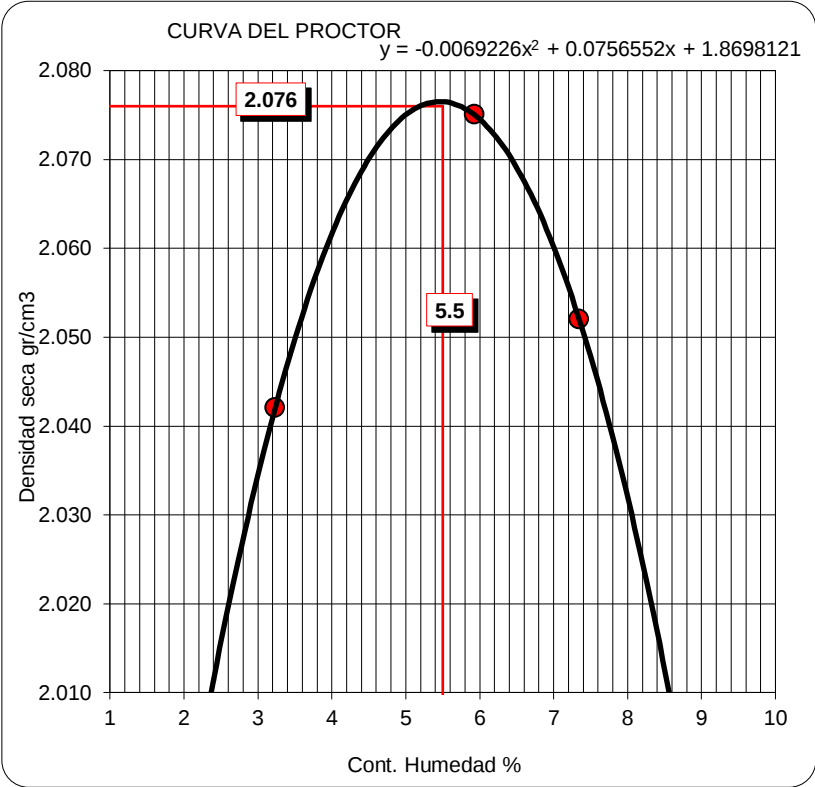
| Peso Total (gr.) |
|------------------|
|------------------|

| 5000    |        |           |           |       |            |
|---------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|         | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"      | 50     | 0,00      | 0,00      | 0,00  | 100,00     |
| 1 1/2"  | 37,50  | 104,80    | 104,80    | 2,10  | 97,90      |
| 1"      | 25,00  | 549,90    | 654,70    | 13,09 | 86,91      |
| 3/4"    | 19,00  | 479,80    | 1134,50   | 22,69 | 77,31      |
| 3/8"    | 9,50   | 682,10    | 1816,60   | 36,33 | 63,67      |
| Nº4     | 4,75   | 671,60    | 2488,20   | 49,76 | 50,24      |
| Nº10    | 2,00   | 668,40    | 3156,60   | 63,13 | 36,87      |
| Nº40    | 0,425  | 1090,00   | 4246,60   | 84,93 | 15,07      |
| Nº200   | 0,075  | 622,70    | 4869,30   | 97,39 | 2,61       |



**PROCTOR MODIFICADO T-180:**

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 5      | 6      | 8      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 228,30 | 238,60 | 231,50 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 224,60 | 231,60 | 223,50 |
| Peso del agua                                | 3,70   | 7,00   | 8,00   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 110,10 | 113,60 | 114,60 |
| Humedad (%)                                  | 3,23   | 5,93   | 7,35   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7870   | 8120   | 8105   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4525   | 4775   | 4760   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2,130  | 2,248  | 2,241  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 2,042  | 2,076  | 2,052  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2,076 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5,5   | %                  |

CALIFORNIA:

ENSAYO  
SOPORTE

RELACION  
DE

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 1          | 0,00 | 0,00 | 0             | 5,50%       | 2,076     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

| Molde N°                        | 23               |         | 24                 |                  | 26      |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         | 5                  |                  | 5       |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         | 25                 |                  | 56      |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11150            |         | 11385              | 11395            |         | 11445              |
| Peso del Molde                  | 6740             |         | 6740               | 6840             |         | 6840               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4410             |         | 4645               | 4555             |         | 4605               |
| Volumen de la Muestra           | 2128             |         | 2128               | 2093             |         | 2093               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2,072            |         | 2,183              | 2,176            |         | 2,200              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 4                |         | 10                 | 2                |         | 8                  |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 213,70           |         | 188,00             | 221,10           |         | 184,00             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 207,70           |         | 182,40             | 215,40           |         | 178,50             |
| Peso del Agua                   | 6,00             |         | 5,60               | 5,70             |         | 5,50               |
| Peso de la Lata                 | 88,10            |         | 102,30             | 104,00           |         | 100,10             |
| Peso de la Muestra Seca         | 119,60           |         | 80,10              | 111,40           |         | 78,40              |
| Contenido de Humedad %          | 5,02             |         | 5,1                | 5,12             |         | 5,21               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5,02             |         |                    | 5,12             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1,973            |         |                    | 2,060            |         |                    |

### C.B.R.

| PENETRACION |       | Carga Normal<br>Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|-------|------------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.   |                        | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |       |                        | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64  |                        | 4            | 65  |                |      | 6            | 97     |                |      | 11           | 177    |                |      |
| 0,050       | 1,27  |                        | 6            | 97  |                |      | 11           | 177    |                |      | 15           | 242    |                |      |
| 0,075       | 1,91  |                        | 8            | 129 |                |      | 15           | 242    |                |      | 29           | 468    |                |      |
| 0,1"        | 2,54  |                        | 11           | 177 |                | 13,1 | 18           | 290    |                | 21,4 | 45           | 726    |                | 53,6 |
| 0,2"        | 5,10  |                        | 18           | 290 |                | 14,3 | 28           | 452    |                | 22,2 | 66           | 1061   |                | 52,2 |
| 0,3"        | 7,60  |                        | 24           | 387 |                |      | 36           | 581    |                |      | 92           | 1455   |                |      |
| 0,4"        | 10,20 |                        | 29           | 468 |                |      | 43           | 694    |                |      | 118          | 1859   |                |      |
| 0,5"        | 12,70 |                        |              |     |                |      |              |        |                |      |              |        |                |      |

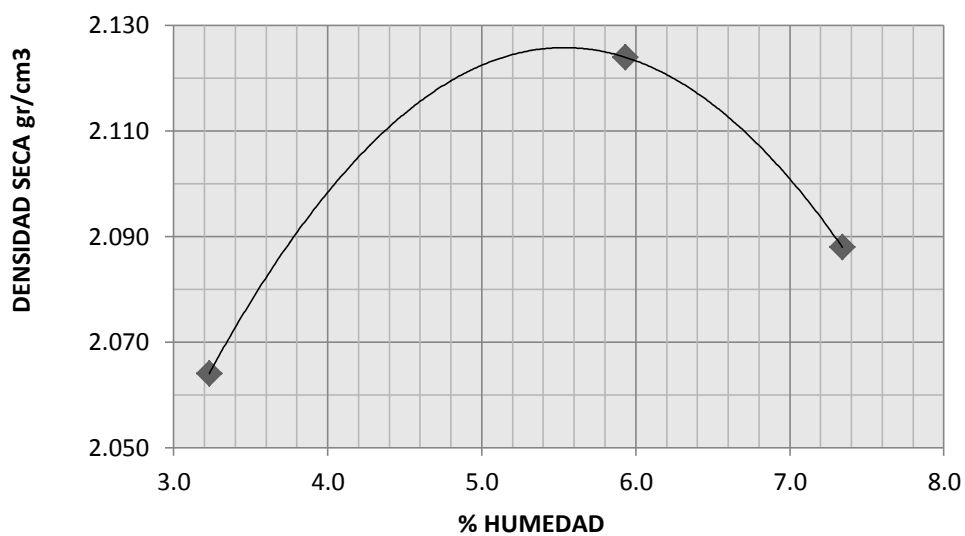
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION

**56 golpes**

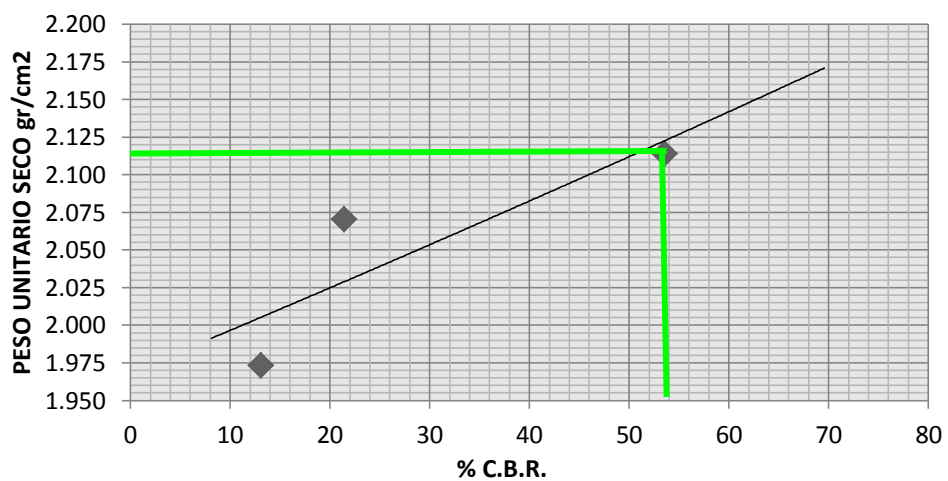
**25 golpes**

**12 golpes**

## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

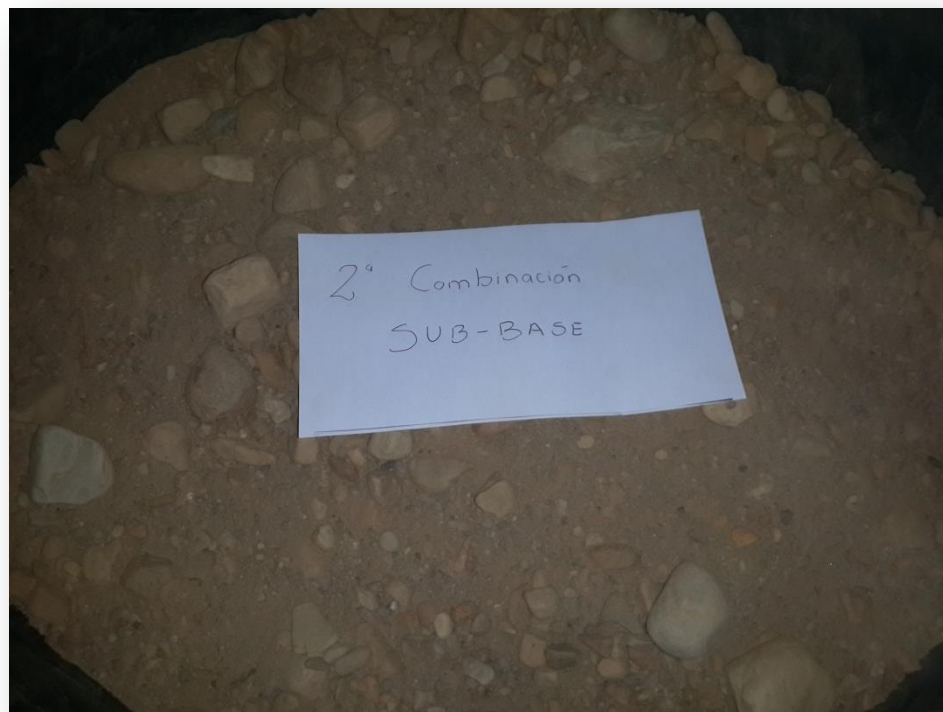


## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



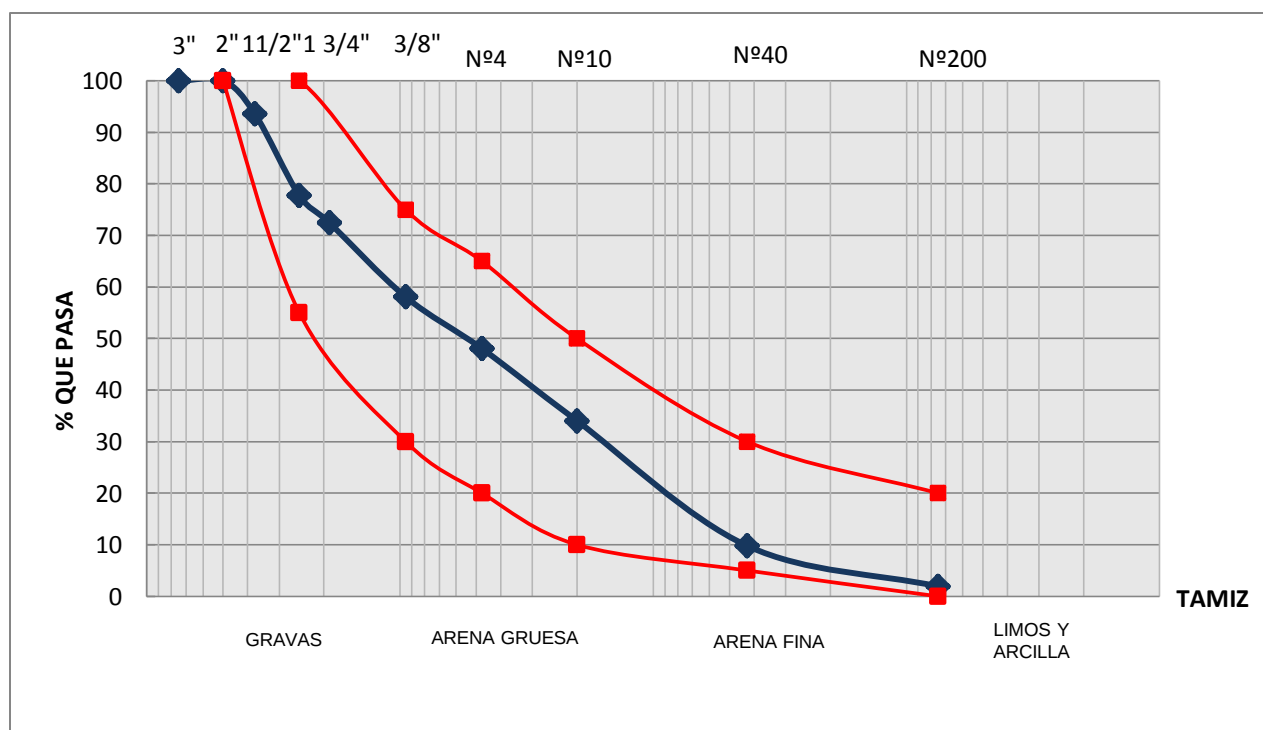
Al 95% Dmax.= 2,0178

## SEGUNDA COMBINACIÓN.



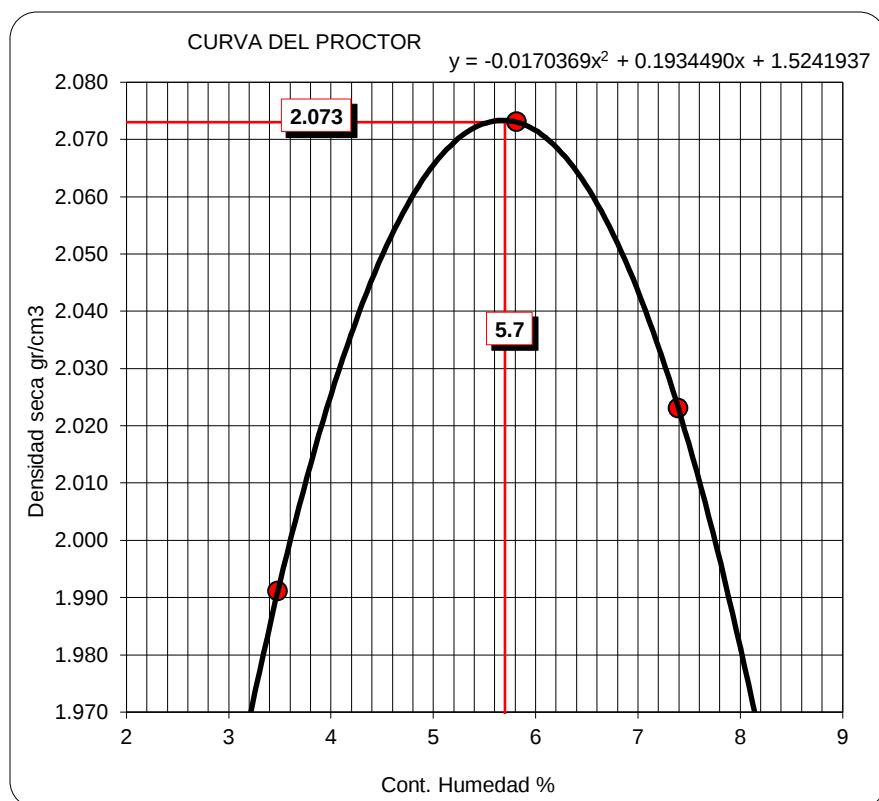
## GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0,00      | 0,00      | 0,00  | <b>100,00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 318,40    | 318,40    | 6,37  | <b>93,63</b>  |
| 1"                                     | 25,00  | 795,10    | 1113,50   | 22,27 | <b>77,73</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 264,20    | 1377,70   | 27,55 | <b>72,45</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 719,30    | 2097,00   | 41,94 | <b>58,06</b>  |
| Nº4                                    | 4,75   | 500,80    | 2597,80   | 51,96 | <b>48,04</b>  |
| Nº10                                   | 2,00   | 700,30    | 3298,10   | 65,96 | <b>34,04</b>  |
| Nº40                                   | 0,425  | 1212,90   | 4511,00   | 90,22 | <b>9,78</b>   |
| Nº200                                  | 0,075  | 392,90    | 4903,90   | 98,08 | <b>1,92</b>   |



**PROCTOR MODIFICADO T-180:**

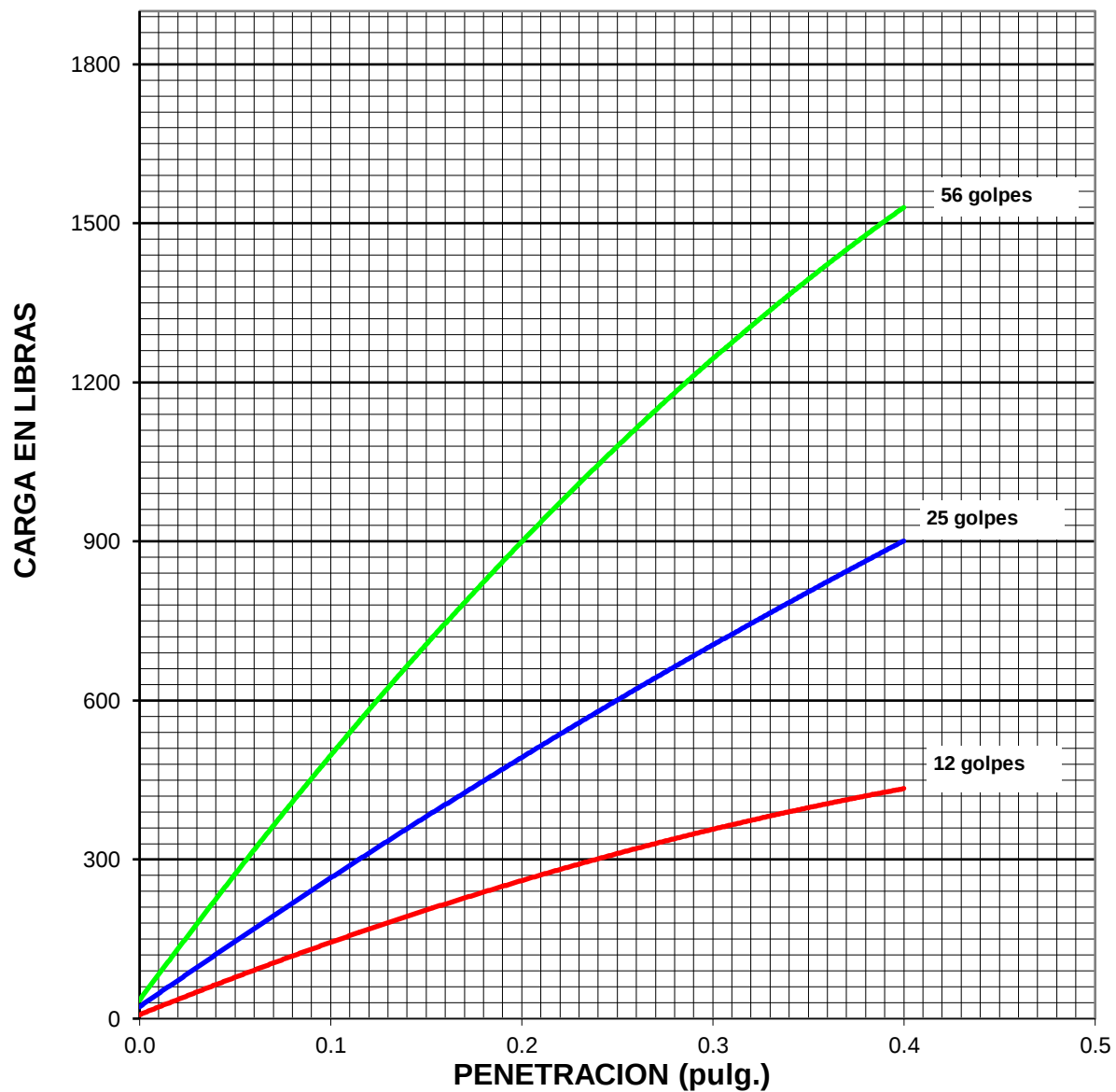
| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 5      | 3      | 7      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 227,50 | 234,70 | 221,60 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 223,60 | 227,90 | 214,30 |
| Peso del agua                                | 3,90   | 6,80   | 7,30   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 111,50 | 111,00 | 115,60 |
| Humedad (%)                                  | 3,48   | 5,76   | 7,40   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7720   | 8005   | 7960   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4375   | 4660   | 4615   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2,060  | 2,194  | 2,173  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1,991  | 2,073  | 2,023  |



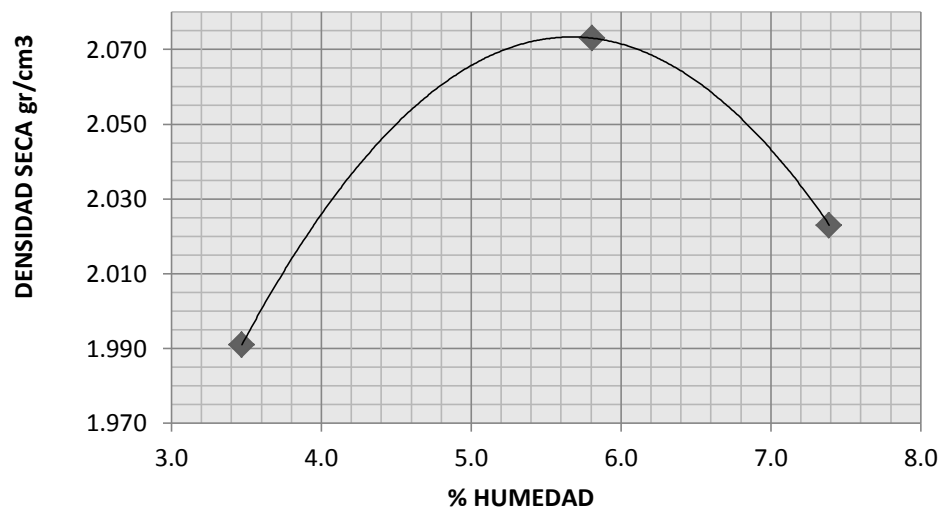
| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2,073 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5,7   | %                  |



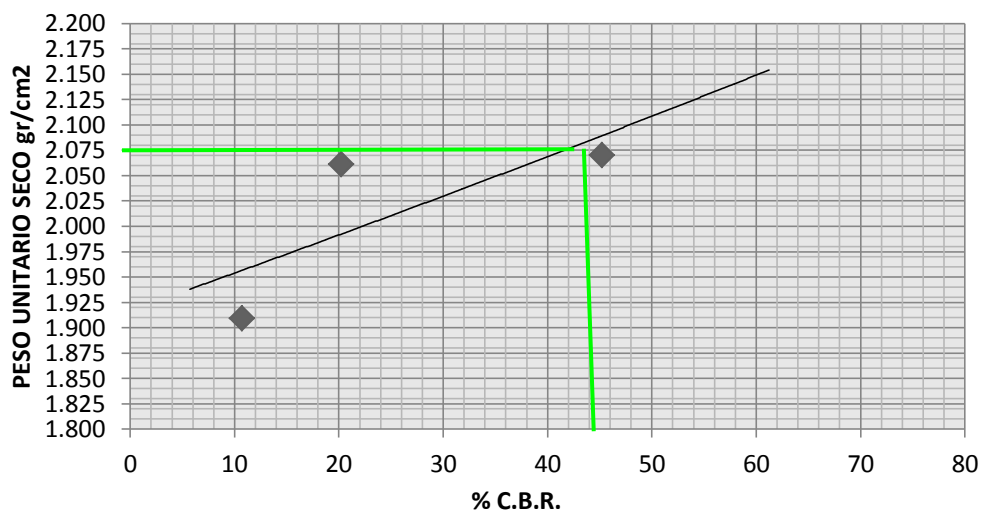
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



### DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

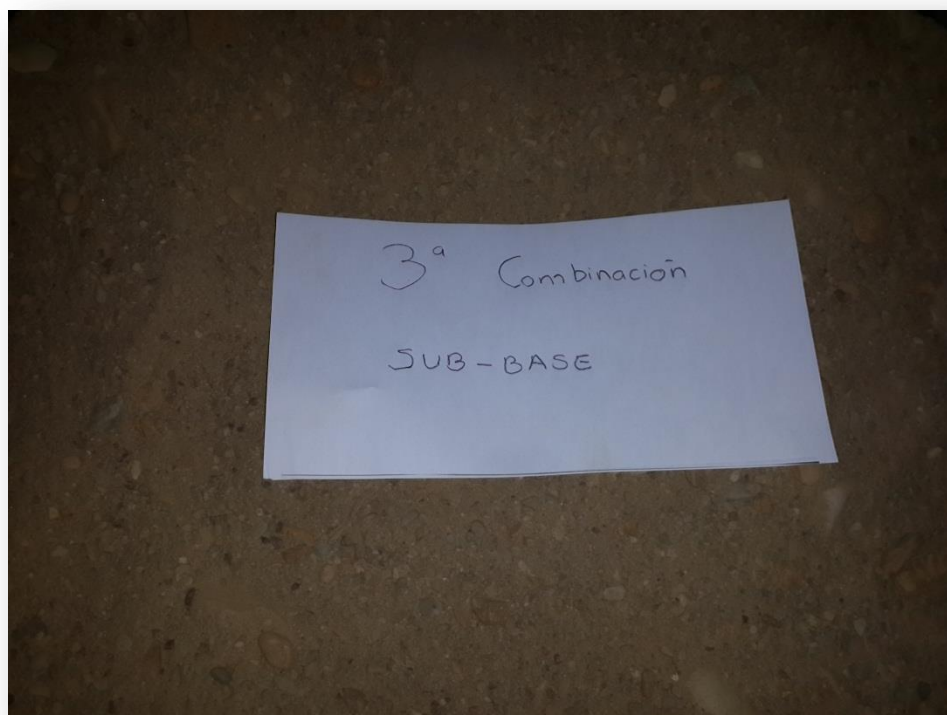


### CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



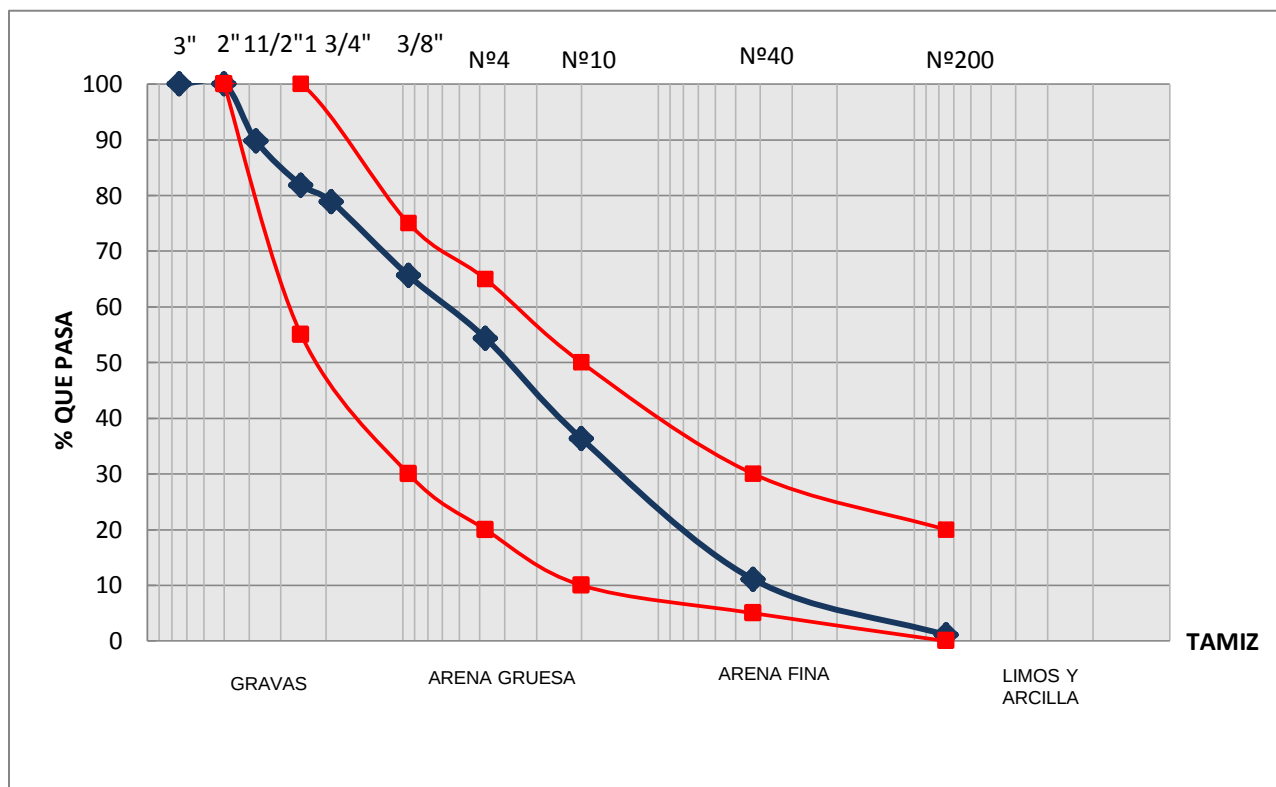
Al 95% Dmax.= 1,9693

### TERCERA COMBINACIÓN.



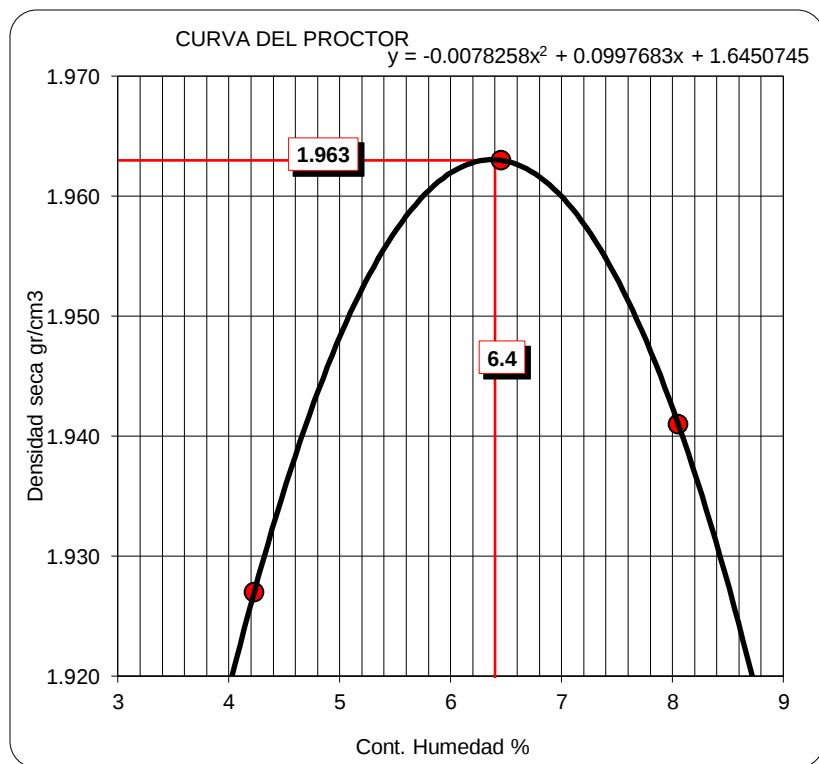
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0,00      | 0,00      | 0,00  | <b>100,00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 510,10    | 510,10    | 10,20 | <b>89,80</b>  |
| 1"                                     | 25,00  | 396,60    | 906,70    | 18,13 | <b>81,87</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 148,80    | 1055,50   | 21,11 | <b>78,89</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 663,10    | 1718,60   | 34,37 | <b>65,63</b>  |
| Nº4                                    | 4,75   | 562,20    | 2280,80   | 45,62 | <b>54,38</b>  |
| Nº10                                   | 2,00   | 902,80    | 3183,60   | 63,67 | <b>36,33</b>  |
| Nº40                                   | 0,425  | 1263,50   | 4447,10   | 88,94 | <b>11,06</b>  |
| Nº200                                  | 0,075  | 499,40    | 4946,50   | 98,93 | <b>1,07</b>   |



**PROCTOR MODIFICADO T-180:**

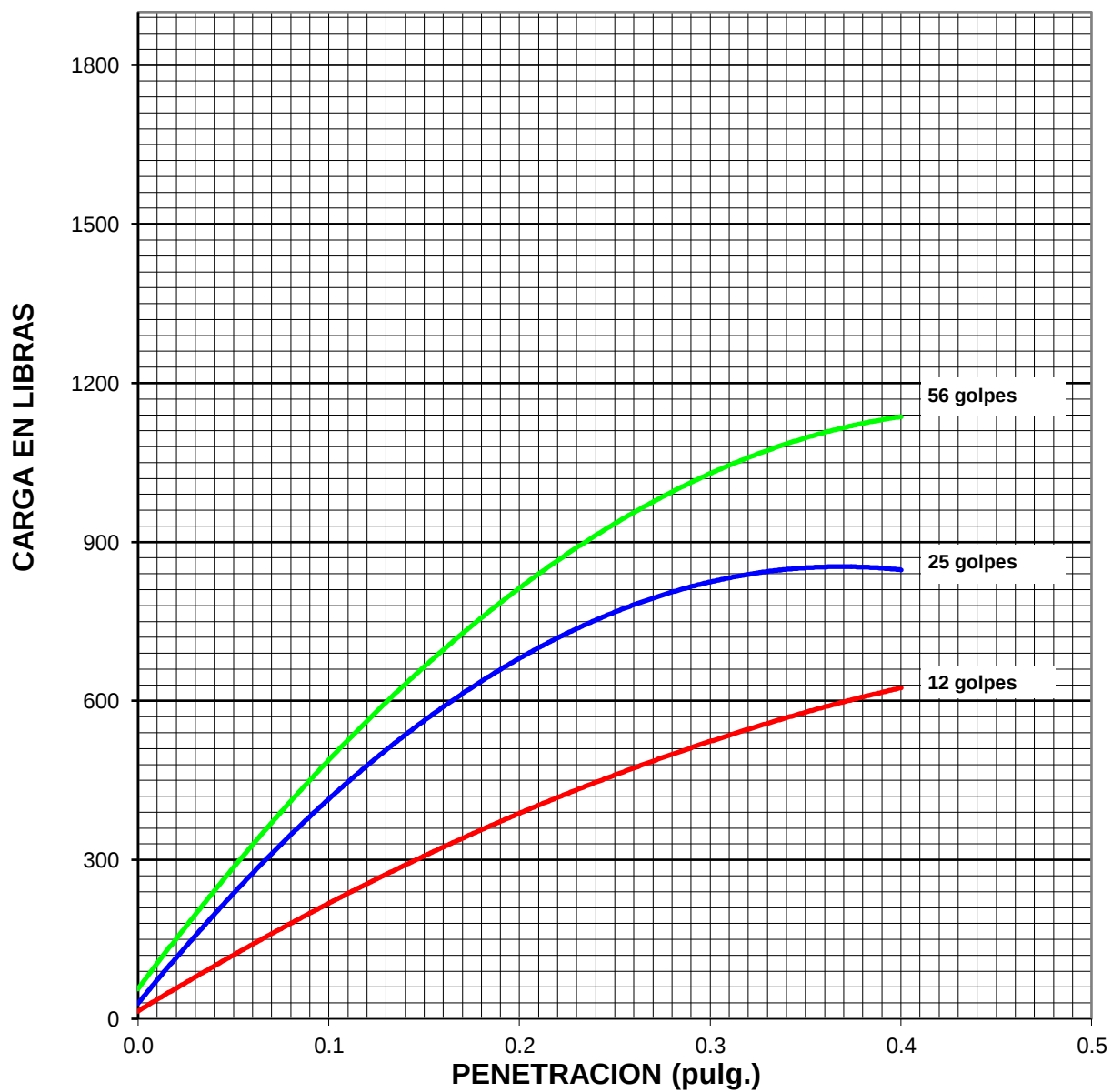
| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 1      | 2      | 4      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 225,60 | 231,40 | 235,60 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 221,00 | 224,40 | 226,50 |
| Peso del agua                                | 4,60   | 7,00   | 9,10   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 112,20 | 116,00 | 113,50 |
| Humedad (%)                                  | 4,23   | 6,46   | 8,05   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7610   | 7820   | 7800   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4265   | 4475   | 4455   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2,008  | 2,107  | 2,097  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1,927  | 1,963  | 1,941  |



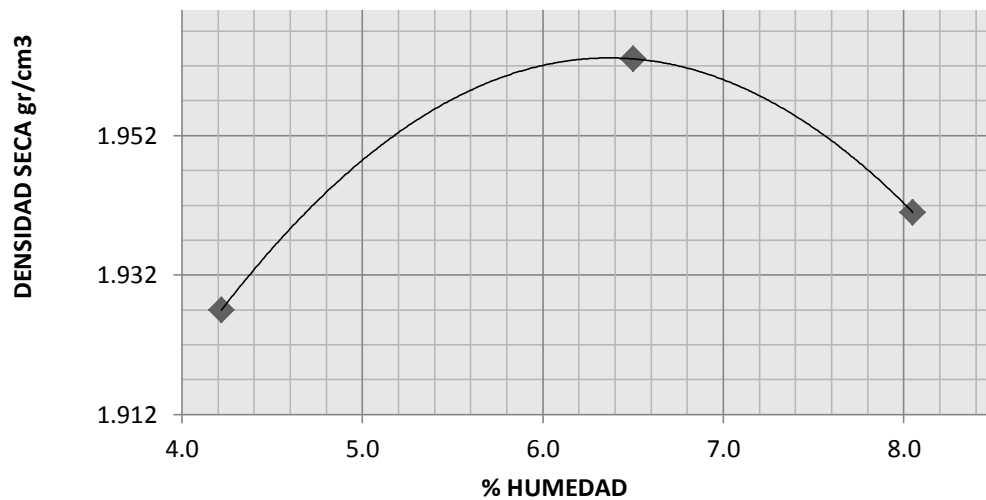
| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 1,963 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 6,4   | %                  |



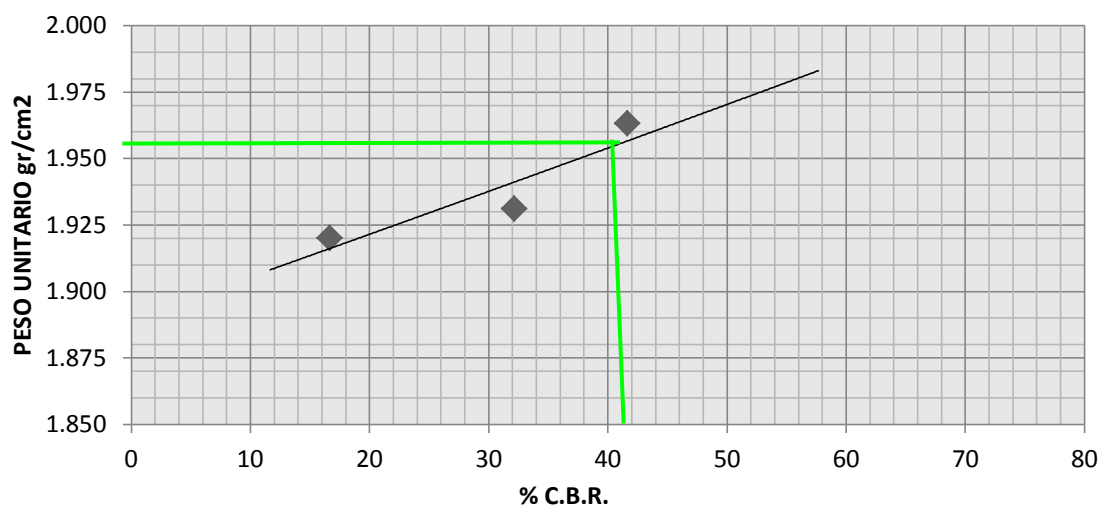
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



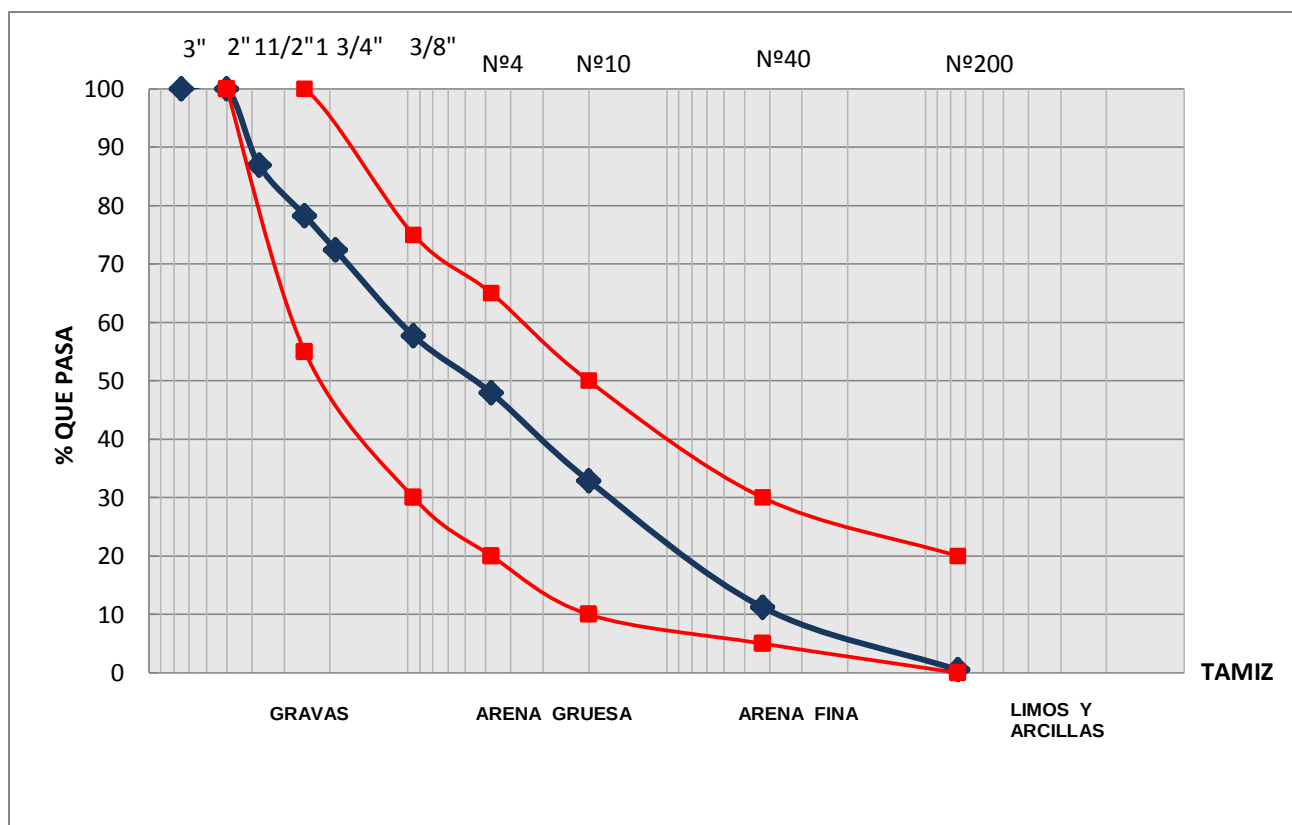
Al 95% Dmax.= 1,8648

### CUARTA COMBINACIÓN.



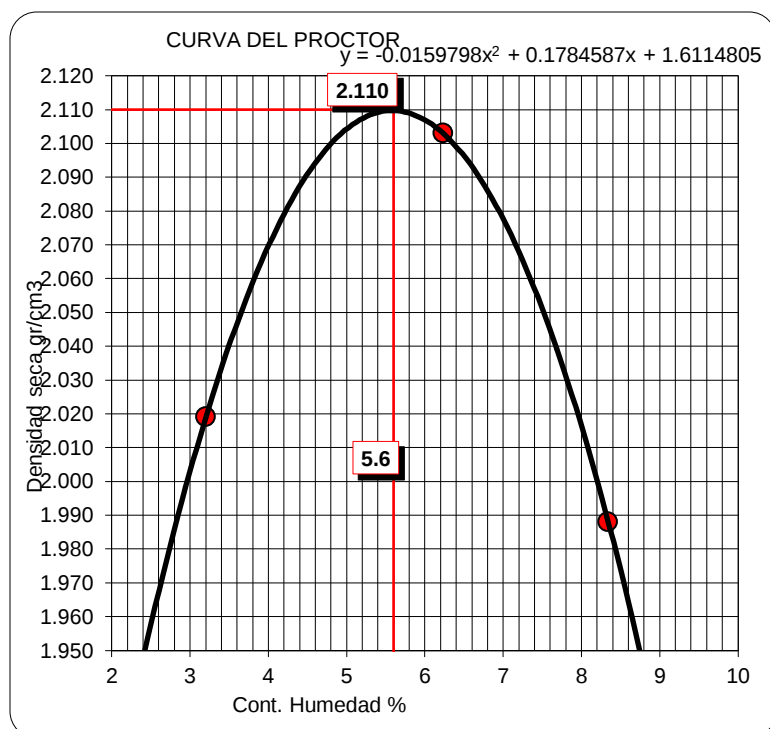
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0,00      | 0,00      | 0,00  | <b>100,00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 655       | 655       | 13,10 | <b>86,90</b>  |
| 1"                                     | 25,00  | 430       | 1085      | 21,70 | <b>78,30</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 295       | 1380      | 27,60 | <b>72,40</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 735       | 2115      | 42,30 | <b>57,70</b>  |
| Nº4                                    | 4,75   | 490       | 2605      | 52,10 | <b>47,90</b>  |
| Nº10                                   | 2,00   | 750       | 3355      | 67,10 | <b>32,90</b>  |
| Nº40                                   | 0,425  | 1085      | 4440      | 88,80 | <b>11,20</b>  |
| Nº200                                  | 0,075  | 535       | 4975      | 99,50 | <b>0,50</b>   |



**PROCTOR MODIFICADO T-180:**

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 11     | 20     | 16     |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 180.20 | 120.30 | 118.60 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 175.60 | 115.80 | 112.00 |
| Peso del agua                                | 4.60   | 4.50   | 6.60   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 31.90  | 43.60  | 32.90  |
| Humedad (%)                                  | 3.20   | 6.23   | 8.34   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7770   | 8090   | 7920   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4425   | 4745   | 4575   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.083  | 2.234  | 2.154  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 2.019  | 2.103  | 1.988  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.110 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5.6   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 4          | 0,00 | 0,00 | 0             | 5.30%       | 2.103     |

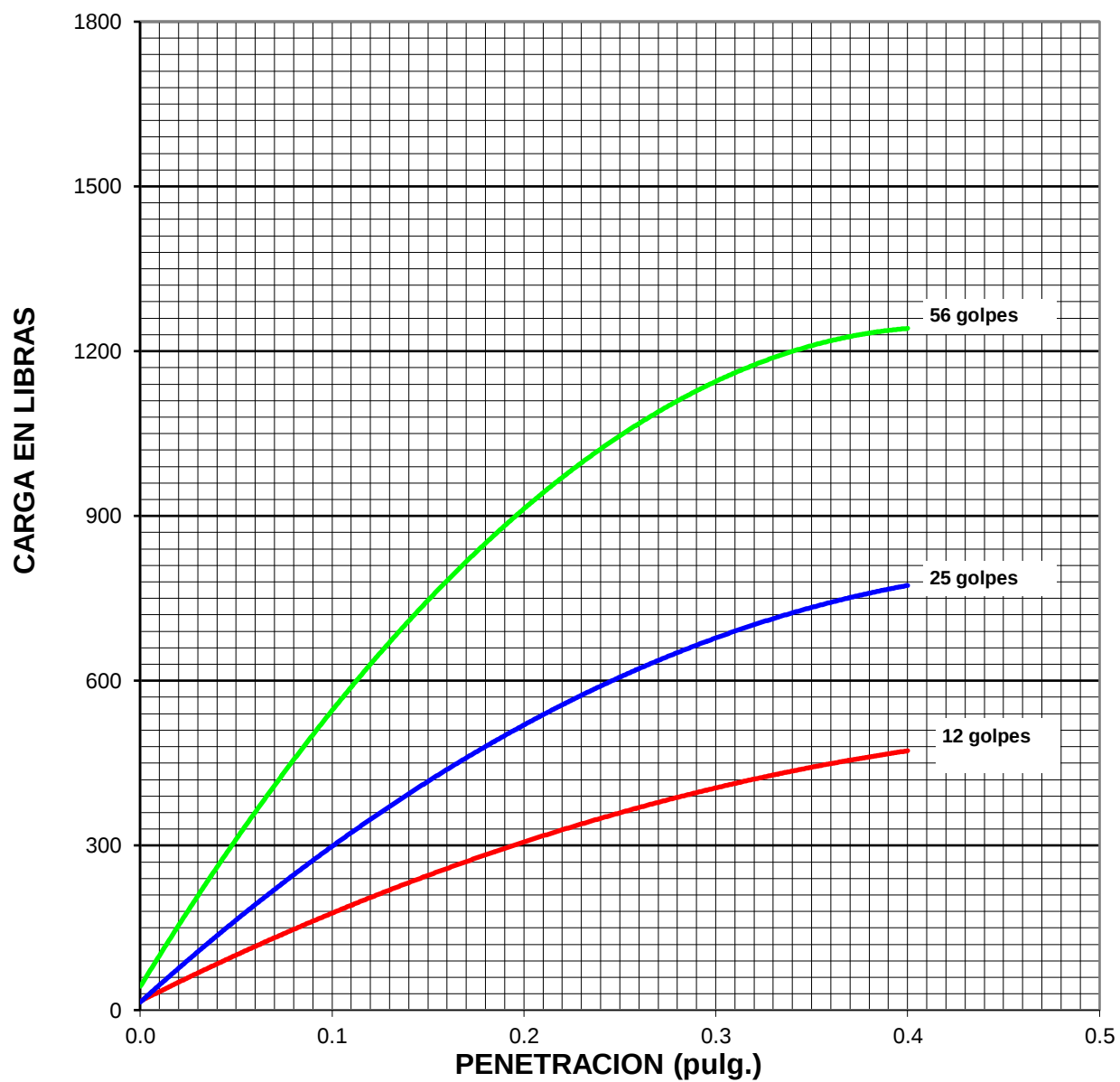
### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

| Molde N°                        | 23               |         | 24                 |                  | 26      |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         | 5                  |                  | 5       |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         | 25                 |                  | 56      |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11290            |         | 11410              | 11380            |         | 11480              |
| Peso del Molde                  | 6740             |         | 6740               | 6840             |         | 6840               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4550             |         | 4670               | 4540             |         | 4640               |
| Volumen de la Muestra           | 2128             |         | 2128               | 2093             |         | 2093               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.138            |         | 2.195              | 2.169            |         | 2.217              |
|                                 |                  |         |                    |                  |         |                    |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 14               |         | 11                 | 12               |         | 20                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 98.50            |         | 118.50             | 94.60            |         | 115.20             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 95.05            |         | 111.20             | 91.35            |         | 109.20             |
| Peso del Agua                   | 3.45             |         | 7.30               | 3.25             |         | 6.00               |
| Peso de la Lata                 | 32.80            |         | 31.90              | 32.40            |         | 43.60              |
| Peso de la Muestra Seca         | 62.25            |         | 79.30              | 58.95            |         | 65.60              |
| Contenido de Humedad %          | 5.54             |         | 5.60               | 5.51             |         | 5.60               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5.54             |         |                    | 5.51             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 2.026            |         |                    | 2.056            |         |                    |

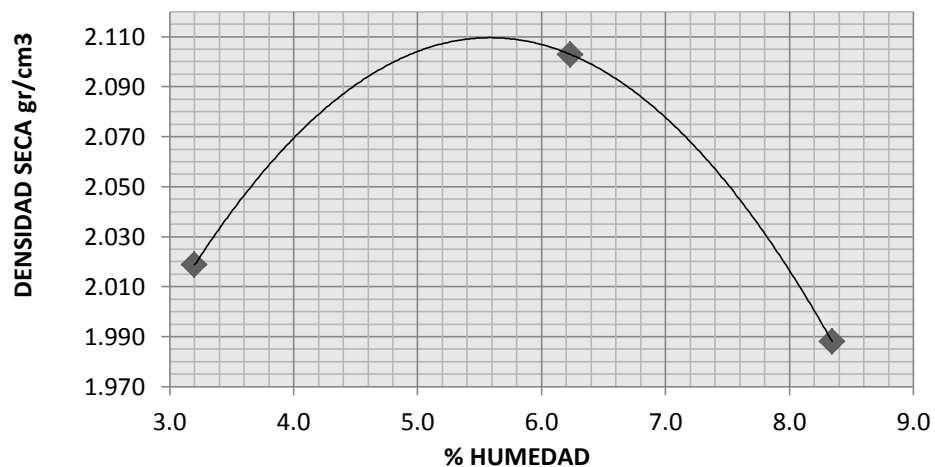
### C.B.R.

| PENETRACION |       | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|-------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.   |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |       |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64  |                     | 4            | 65  |                |      | 6            | 97     |                |      | 12           | 194    |                |      |
| 0,050       | 1,27  |                     | 6            | 97  |                |      | 9            | 145    |                |      | 19           | 306    |                |      |
| 0,075       | 1,91  |                     | 8            | 129 |                |      | 15           | 242    |                |      | 26           | 419    |                |      |
| 0,1"        | 2,54  |                     | 14           | 226 |                | 16.7 | 21           | 339    |                | 25.0 | 40           | 645    |                | 47.6 |
| 0,2"        | 5,10  |                     | 18           | 290 |                | 14.3 | 32           | 516    |                | 25.4 | 55           | 887    |                | 43.6 |
| 0,3"        | 7,60  |                     | 24           | 387 |                |      | 40           | 645    |                |      | 68           | 1091   |                |      |
| 0,4"        | 10,20 |                     | 30           | 484 |                |      | 49           | 790    |                |      | 80           | 1273   |                |      |
| 0,5"        | 12,70 |                     | 36           | 581 |                |      | 58           | 935    |                |      | 98           | 1547   |                |      |

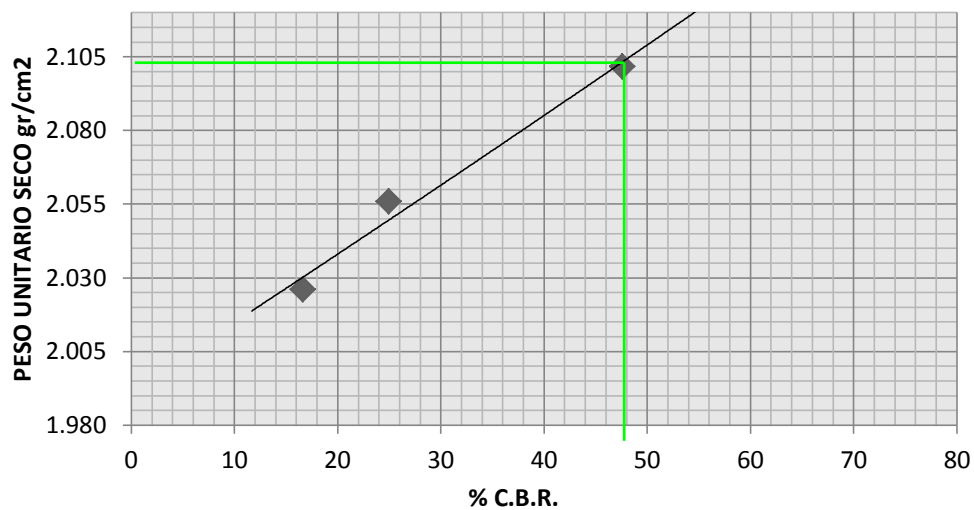
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



### DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

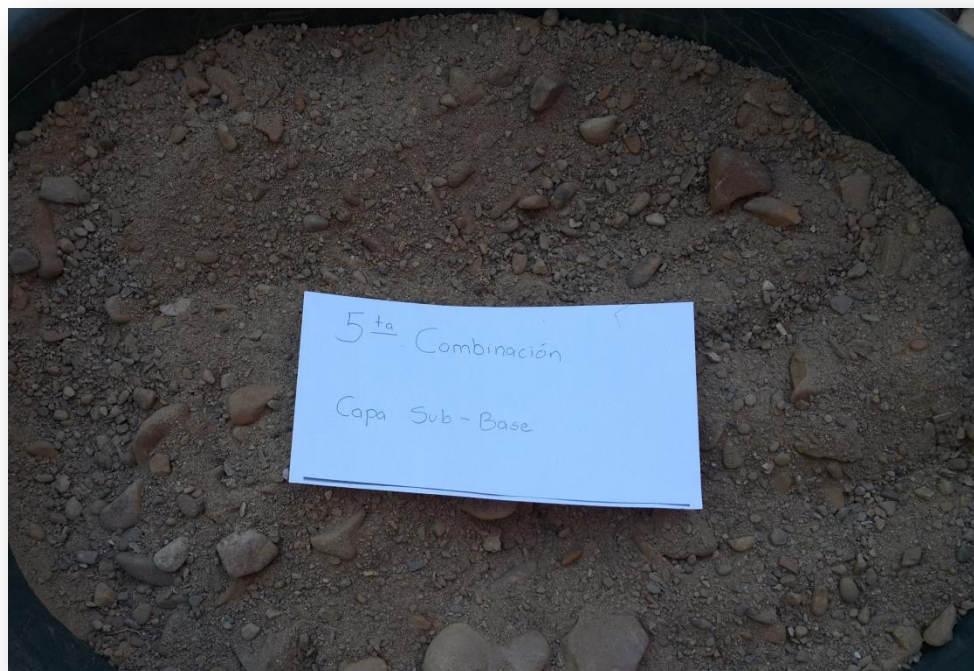


### CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



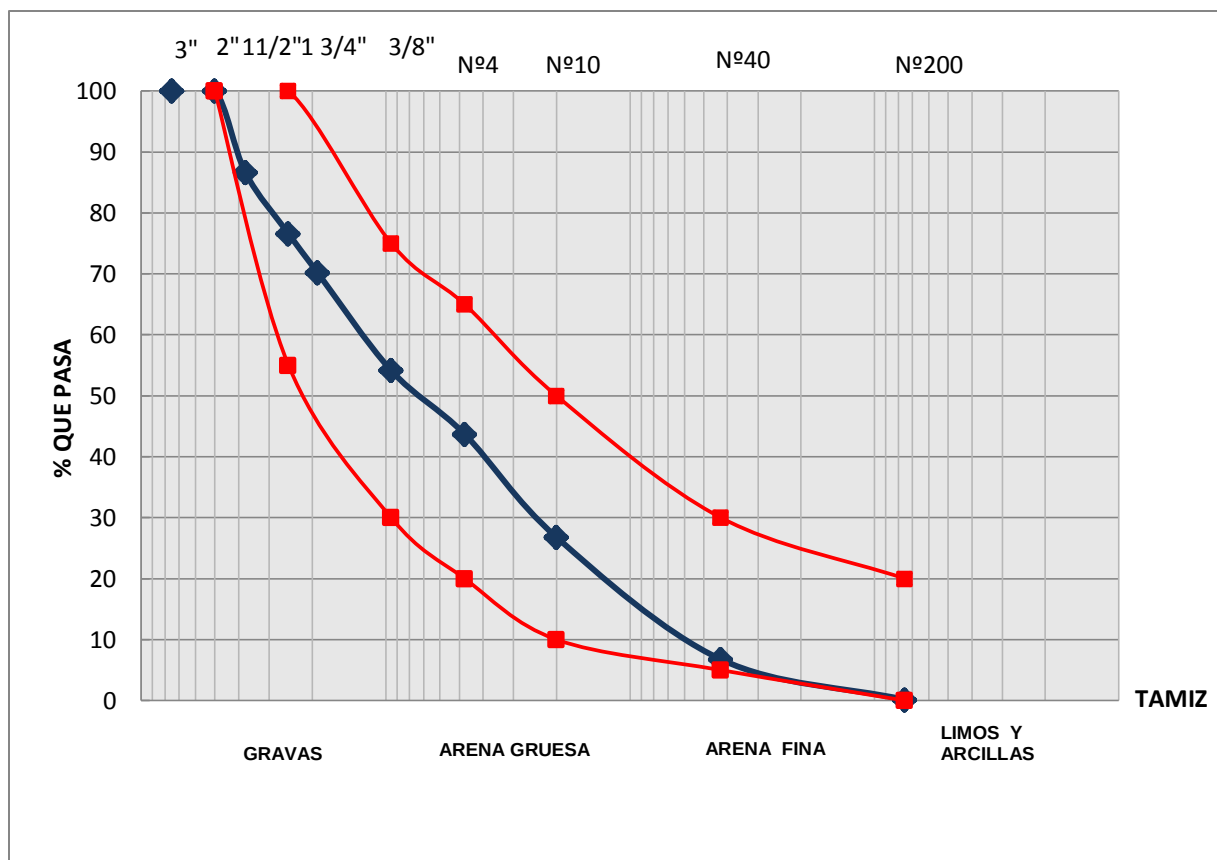
Al 95% Dmax.= 2.0045

### QUINTA COMBINACIÓN.



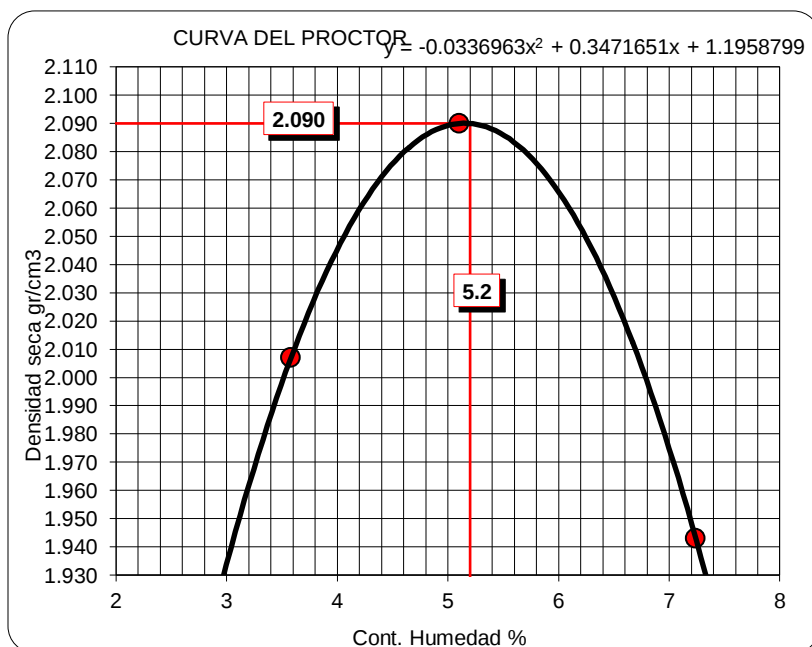
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 670.00    | 670.00    | 13.40 | <b>86.60</b>  |
| 1"                                     | 25,00  | 500.00    | 1170.00   | 23.40 | <b>76.60</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 320.00    | 1490.00   | 29.80 | <b>70.20</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 802.40    | 2292.40   | 45.85 | <b>54.15</b>  |
| Nº4                                    | 4,75   | 523.00    | 2815.40   | 56.31 | <b>43.69</b>  |
| Nº10                                   | 2,00   | 845.00    | 3660.40   | 73.21 | <b>26.79</b>  |
| Nº40                                   | 0,425  | 1002.00   | 4662.40   | 93.25 | <b>6.75</b>   |
| Nº200                                  | 0,075  | 330.60    | 4993.00   | 99.86 | <b>0.14</b>   |



**PROCTOR MODIFICADO T-180:**

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 12     | 16     | 11     |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 145.20 | 152.30 | 165.20 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 141.30 | 146.50 | 156.20 |
| Peso del agua                                | 3.90   | 5.80   | 9.00   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 32.40  | 32.90  | 31.90  |
| Humedad (%)                                  | 3.58   | 5.11   | 7.24   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7760   | 8010   | 7770   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4415   | 4665   | 4425   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.079  | 2.196  | 2.083  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 2.007  | 2.090  | 1.943  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.090 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5.2   | %                  |

ENSAYO

RELACION

**SOPORTE DE CALIFORNIA:****CARACTERISTICAS DEL SUELO**

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 5          | 0,00 | 0,00 | 0             | 5.2%        | 2.090     |

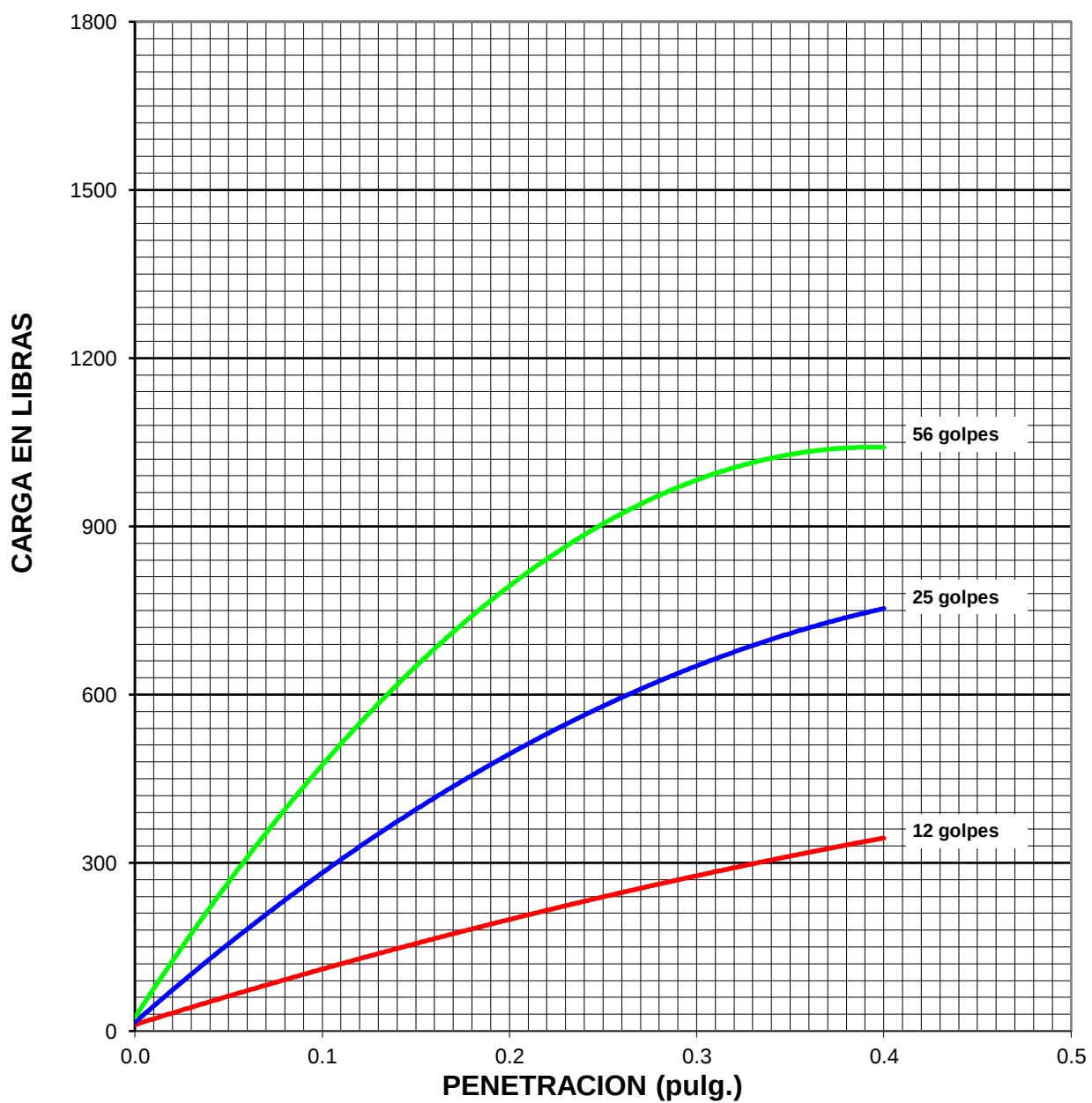
**CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO**

| Molde N°                        | 23               |         | 24                 |                  | 26      |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         | 5                  |                  | 5       |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         | 25                 |                  | 56      |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11220            |         | 11250              | 11380            |         | 11460              |
| Peso del Molde                  | 6740             |         | 6740               | 6840             |         | 6840               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4480             |         | 4510               | 4540             |         | 4620               |
| Volumen de la Muestra           | 2128             |         | 2128               | 2093             |         | 2093               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.105            |         | 2.119              | 2.169            |         | 2.207              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 10               |         | 20                 | 11               |         | 17                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 97.50            |         | 112.30             | 98.60            |         | 113.20             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 94.23            |         | 107.20             | 95.31            |         | 107.90             |
| Peso del Agua                   | 3.27             |         | 5.10               | 3.29             |         | 5.30               |
| Peso de la Lata                 | 31.10            |         | 43.60              | 31.90            |         | 34.23              |
| Peso de la Muestra Seca         | 63.13            |         | 63.60              | 63.41            |         | 73.67              |
| Contenido de Humedad %          | 5.18             |         | 5.20               | 5.19             |         | 5.15               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5.18             |         |                    | 5.19             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 2.002            |         |                    | 2.062            |         |                    |

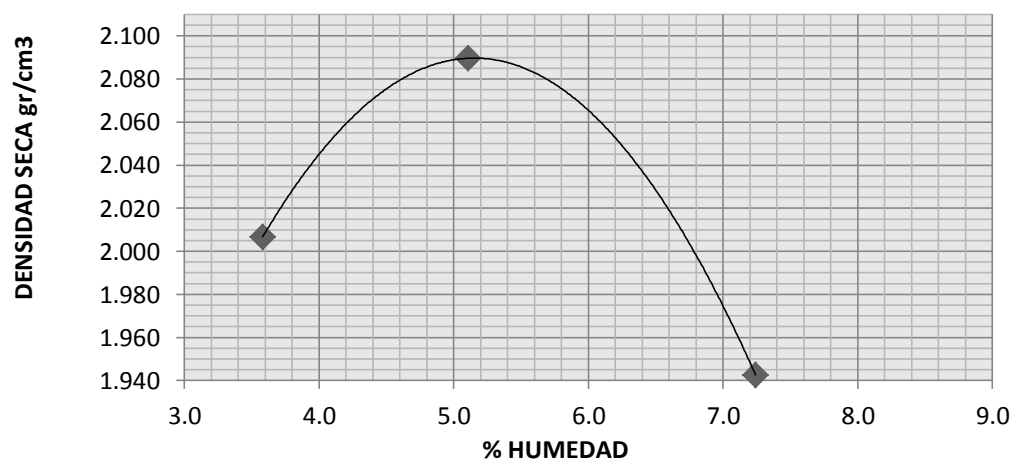
**C.B.R.**

| PENETRACION |       | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |     | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|-------|---------------------|--------------|-----|----------------|-----|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.   |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |     | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |       |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %   | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64  |                     | 2            | 32  |                |     | 5            | 81     |                |      | 8            | 129    |                |      |
| 0,050       | 1,27  |                     | 4            | 65  |                |     | 9            | 145    |                |      | 14           | 226    |                |      |
| 0,075       | 1,91  |                     | 6            | 97  |                |     | 14           | 226    |                |      | 23           | 371    |                |      |
| 0,1"        | 2,54  |                     | 8            | 129 |                | 9.5 | 21           | 339    |                | 25.0 | 39           | 629    |                | 46.4 |
| 0,2"        | 5,10  |                     | 12           | 194 |                | 9.5 | 30           | 484    |                | 23.8 | 48           | 774    |                | 38.1 |
| 0,3"        | 7,60  |                     | 16           | 258 |                |     | 38           | 613    |                |      | 55           | 887    |                |      |
| 0,4"        | 10,20 |                     | 22           | 355 |                |     | 48           | 774    |                |      | 68           | 1091   |                |      |
| 0,5"        | 12,70 |                     | 28           | 452 |                |     | 54           | 871    |                |      | 79           | 1258   |                |      |

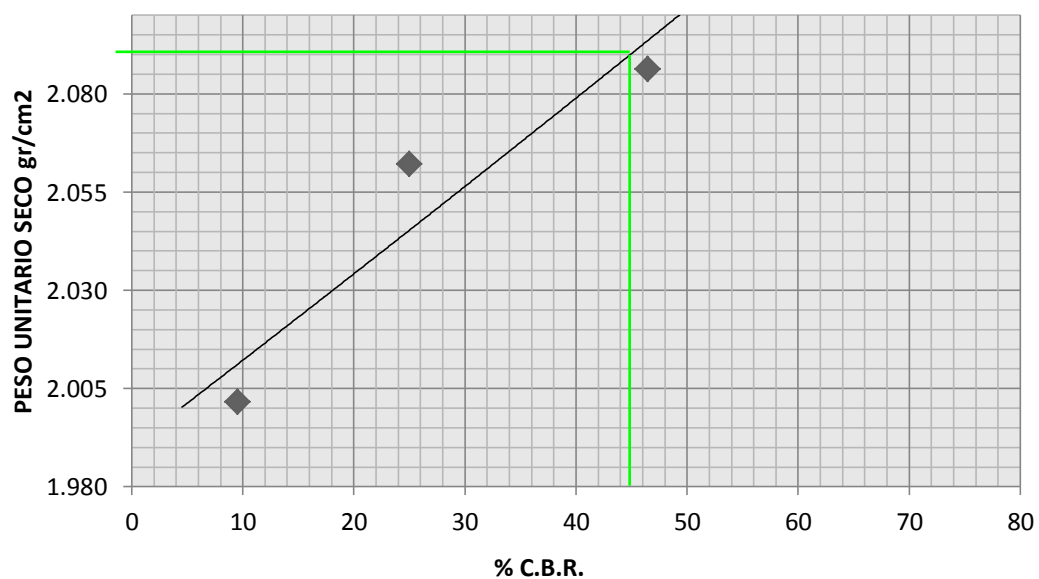
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

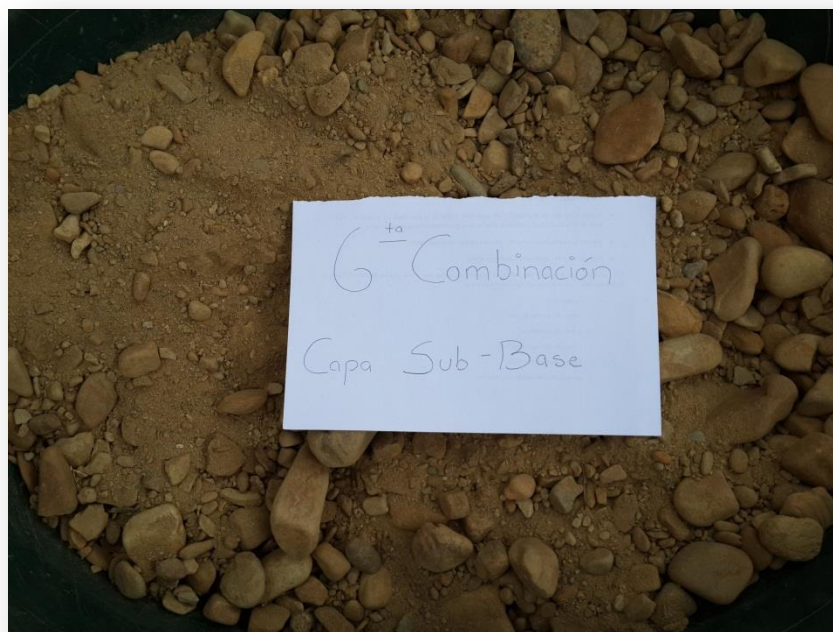


## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



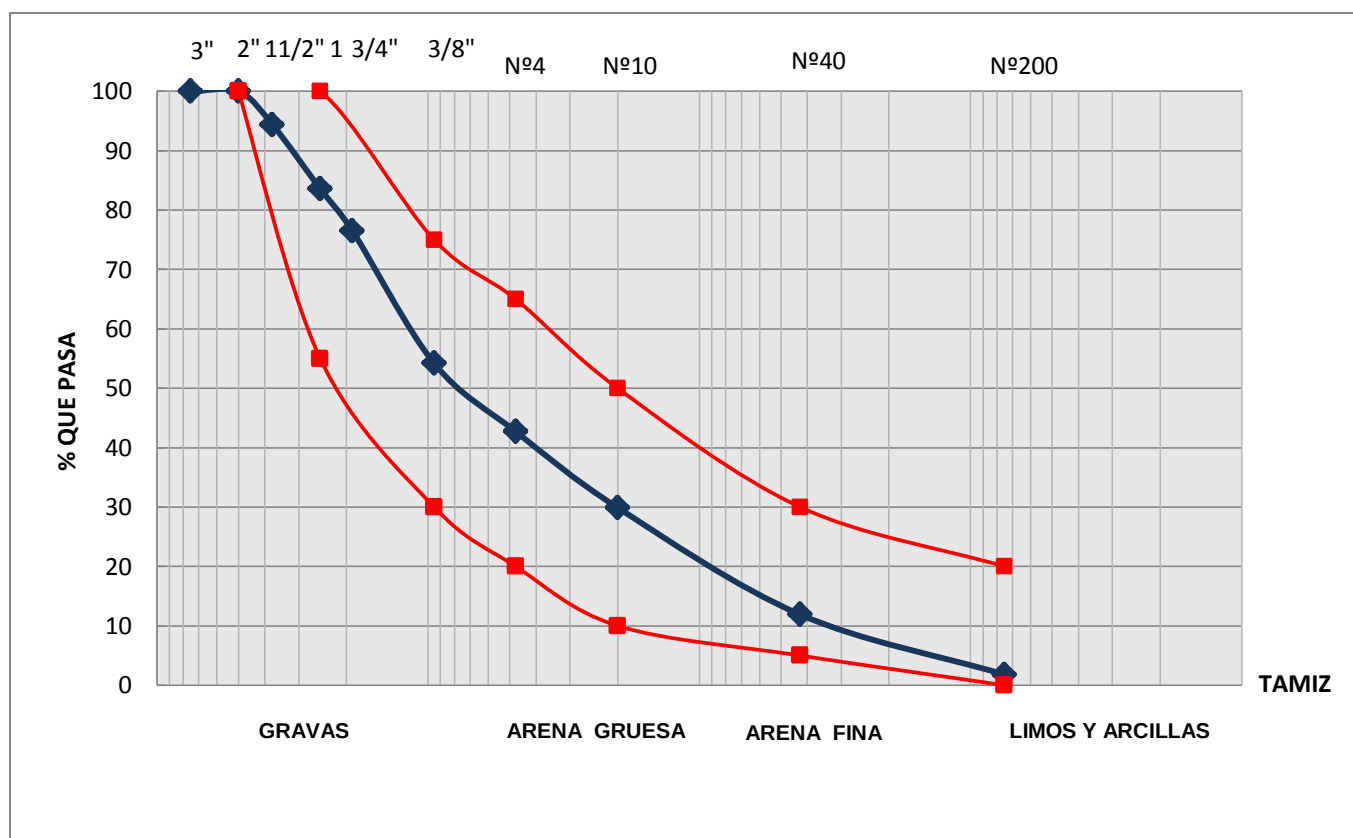
Al 95% Dmax.= 1.9855

## SEXTA COMBINACIÓN.



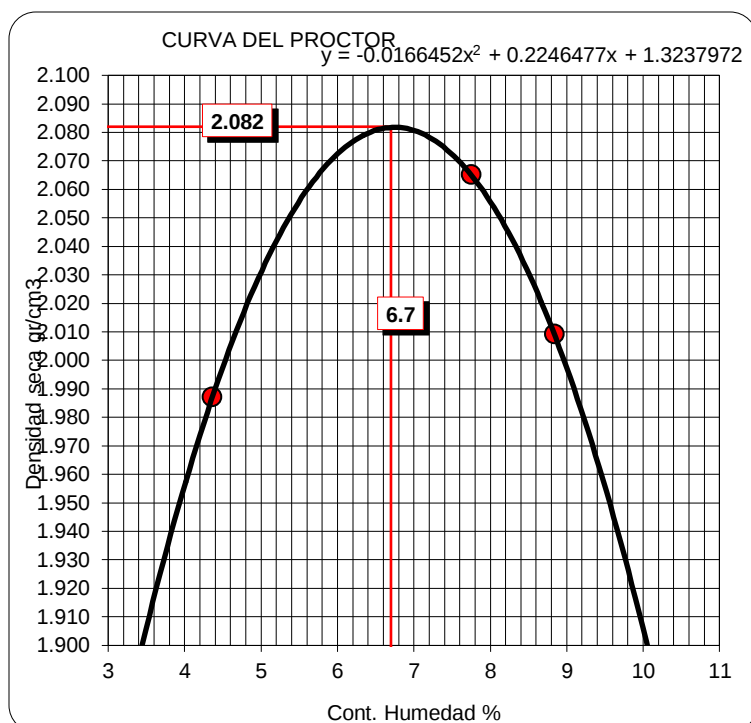
## GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1"                                     | 25,00  | 280.00    | 280.00    | 5.60  | <b>94.40</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 540.00    | 820.00    | 16.40 | <b>83.60</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 355.00    | 1175.00   | 23.50 | <b>76.50</b>  |
| Nº4                                    | 4,75   | 1115.00   | 2290.00   | 45.80 | <b>54.20</b>  |
| Nº10                                   | 2,00   | 575.00    | 2865.00   | 57.30 | <b>42.70</b>  |
| Nº40                                   | 0,425  | 640.00    | 3505.00   | 70.10 | <b>29.90</b>  |
| Nº200                                  | 0,075  | 900.00    | 4405.00   | 88.10 | <b>11.90</b>  |



**PROCTOR MODIFICADO T-180:**

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 10     | 11     | 13     |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 192.30 | 123.50 | 121.60 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 185.60 | 117.50 | 114.90 |
| Peso del agua                                | 6.70   | 6.00   | 6.70   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 32.00  | 40.10  | 39.10  |
| Humedad (%)                                  | 4.36   | 7.75   | 8.84   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7750   | 8070   | 7990   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4405   | 4725   | 4645   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.074  | 2.225  | 2.187  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.987  | 2.065  | 2.009  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.082 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 6.70  | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 6          | 0,00 | 0,00 | 0             | 6.70%       | 2.075     |

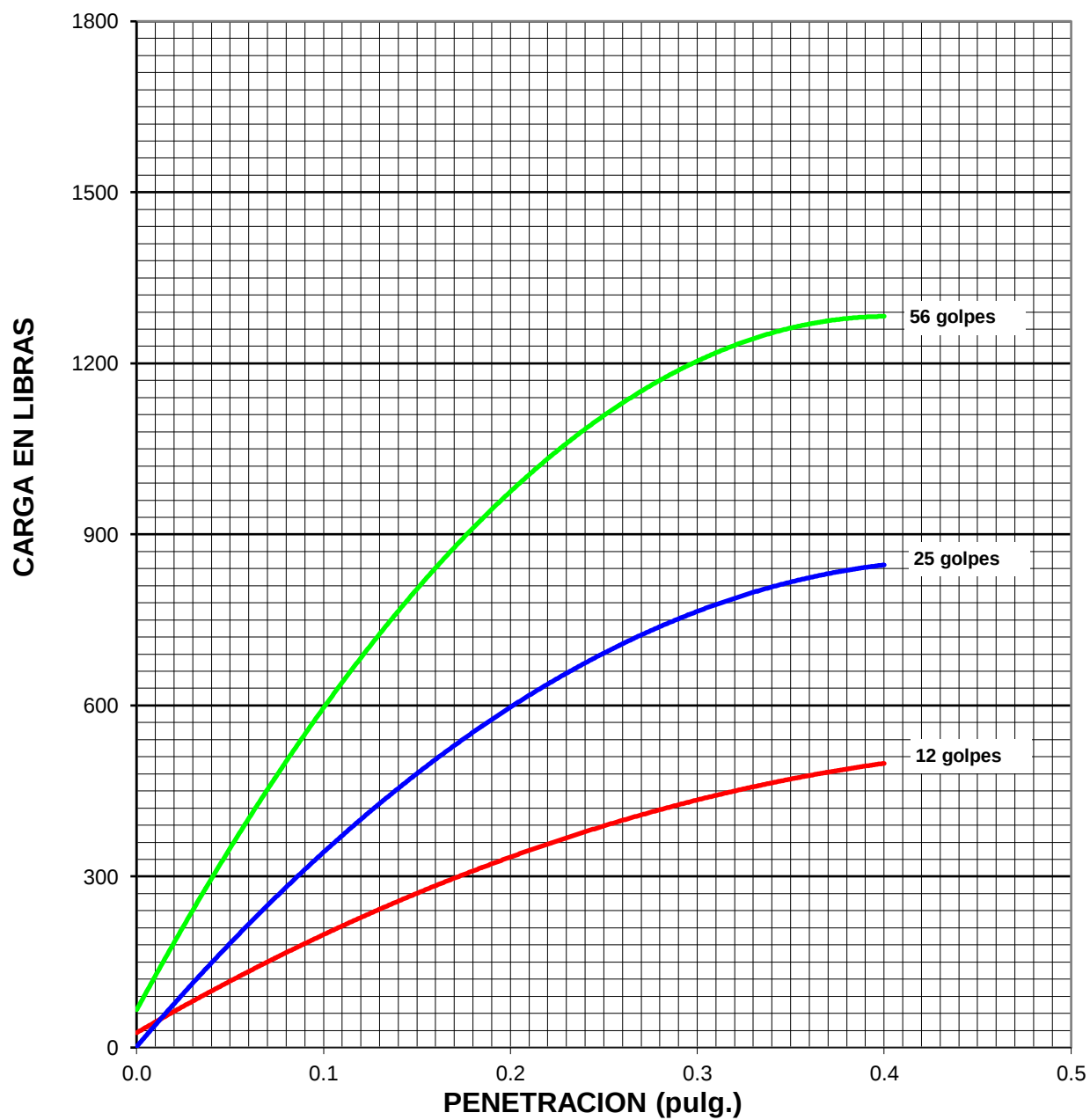
### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

| Molde N°                        | 13               |         | 14                 |                  | 15      |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         | 5                  |                  | 5       |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         | 25                 |                  | 56      |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11090            |         | 11180              | 11100            |         | 11210              |
| Peso del Molde                  | 6570             |         | 6570               | 6455             |         | 6455               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4520             |         | 4610               | 4645             |         | 4755               |
| Volumen de la Muestra           | 2111             |         | 2111               | 2143             |         | 2143               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.141            |         | 2.184              | 2.168            |         | 2.219              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 6                |         | 5                  | 3                |         | 4                  |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 99.60            |         | 110.30             | 98.60            |         | 117.60             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 95.40            |         | 103.60             | 94.50            |         | 109.80             |
| Peso del Agua                   | 4.20             |         | 6.70               | 4.10             |         | 7.80               |
| Peso de la Lata                 | 30.90            |         | 32.00              | 31.80            |         | 30.90              |
| Peso de la Muestra Seca         | 64.50            |         | 71.60              | 62.70            |         | 78.90              |
| Contenido de Humedad %          | 6.51             |         | 6.55               | 6.54             |         | 6.70               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 6.51             |         |                    | 6.54             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 2.010            |         |                    | 2.034            |         |                    |

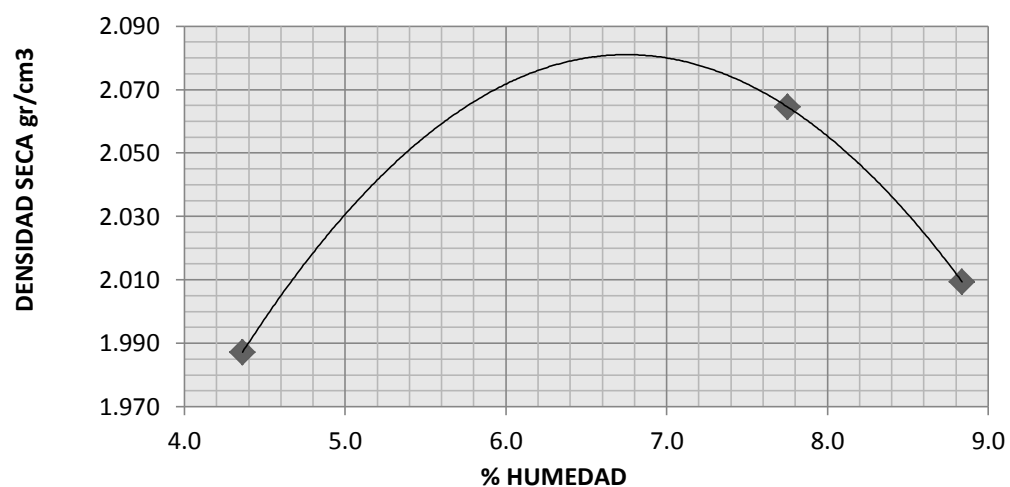
### C.B.R.

| PENETRACION |       | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|-------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.   |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |       |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64  |                     | 5            | 81  |                |      | 7            | 113    |                |      | 13           | 210    |                |      |
| 0,050       | 1,27  |                     | 7            | 113 |                |      | 10           | 161    |                |      | 20           | 323    |                |      |
| 0,075       | 1,91  |                     | 10           | 161 |                |      | 15           | 242    |                |      | 33           | 532    |                |      |
| 0,1"        | 2,54  |                     | 15           | 242 |                | 17.9 | 23           | 371    |                | 27.4 | 45           | 726    |                | 53.6 |
| 0,2"        | 5,10  |                     | 20           | 323 |                | 15.9 | 38           | 613    |                | 30.2 | 57           | 919    |                | 45.2 |
| 0,3"        | 7,60  |                     | 25           | 403 |                |      | 46           | 742    |                |      | 70           | 1121   |                |      |
| 0,4"        | 10,20 |                     | 32           | 516 |                |      | 53           | 855    |                |      | 84           | 1333   |                |      |
| 0,5"        | 12,70 |                     | 35           | 565 |                |      | 60           | 968    |                |      | 100          | 1578   |                |      |

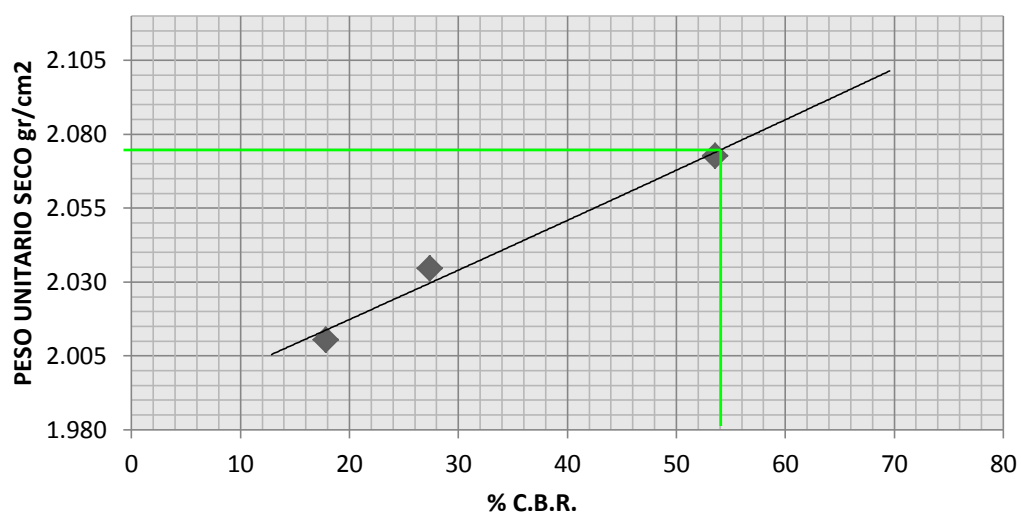
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



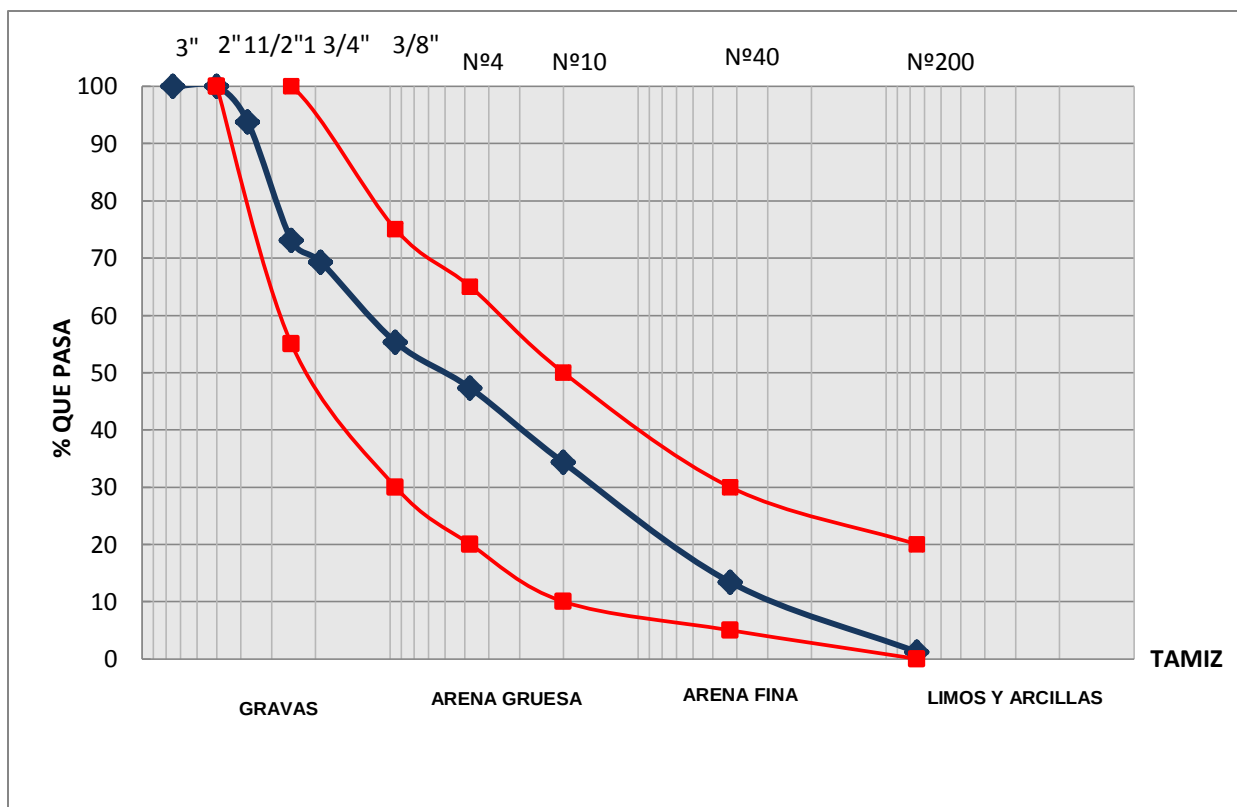
Al 95% Dmax.= 1.9779

### SÉPTIMA COMBINACIÓN.



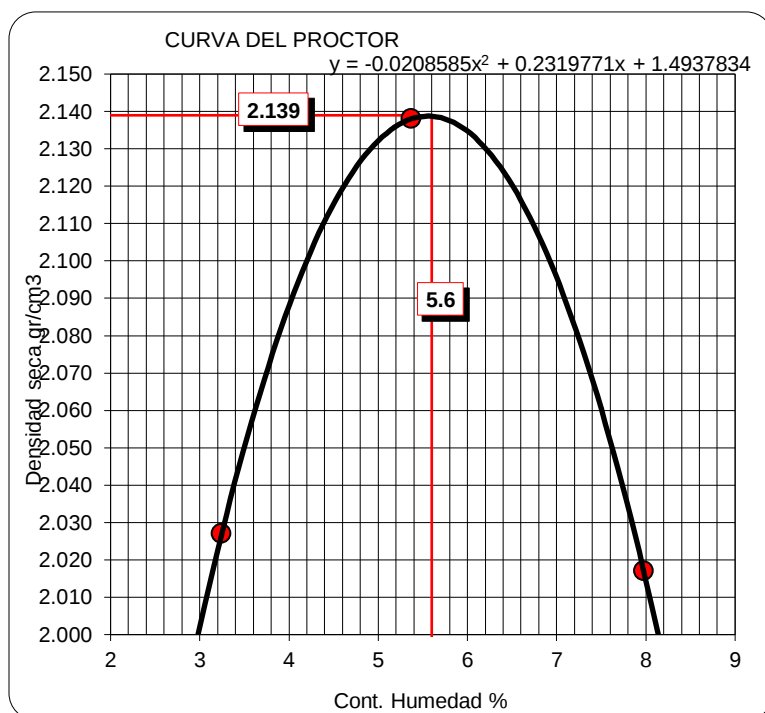
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1"                                     | 25,00  | 310.00    | 310.00    | 6.20  | <b>93.80</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 1035.00   | 1345.00   | 26.90 | <b>73.10</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 190.00    | 1535.00   | 30.70 | <b>69.30</b>  |
| Nº4                                    | 4,75   | 700.00    | 2235.00   | 44.70 | <b>55.30</b>  |
| Nº10                                   | 2,00   | 400.00    | 2635.00   | 52.70 | <b>47.30</b>  |
| Nº40                                   | 0,425  | 650.00    | 3285.00   | 65.70 | <b>34.30</b>  |
| Nº200                                  | 0,075  | 1045.00   | 4330.00   | 86.60 | <b>13.40</b>  |



**PROCTOR MODIFICADO T-180:**

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 4      | 2      | 3      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 114.20 | 118.60 | 132.50 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 111.60 | 114.60 | 125.60 |
| Peso del agua                                | 2.60   | 4.00   | 6.90   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 31.50  | 40.10  | 39.10  |
| Humedad (%)                                  | 3.25   | 5.37   | 7.98   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7790   | 8130   | 7970   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4445   | 4785   | 4625   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.093  | 2.253  | 2.177  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 2.027  | 2.138  | 2.017  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.139 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5.6   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 7          | 0,00 | 0,00 | 0             | 5.60%       | 2.14      |

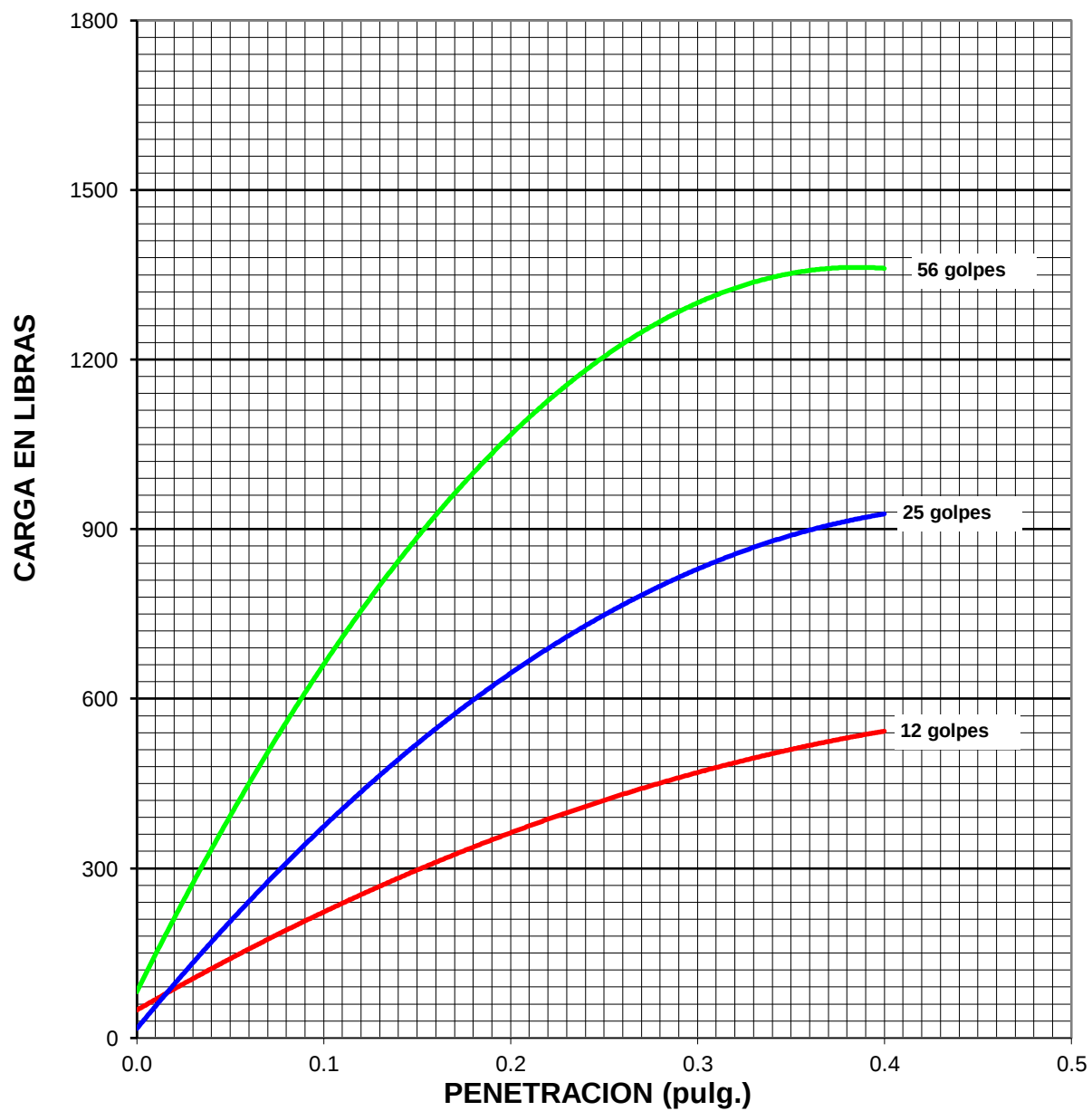
### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

|                                 |                  |         |                    |                  |         |                    |                  |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| Molde N°                        | 23               |         |                    | 24               |         |                    | 25               |         |                    |
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11200            |         | 11300              | 11310            |         | 11400              | 11000            |         | 11180              |
| Peso del Molde                  | 6740             |         | 6740               | 6840             |         | 6840               | 6180             |         | 6180               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4460             |         | 4560               | 4470             |         | 4560               | 4820             |         | 5000               |
| Volumen de la Muestra           | 2128             |         | 2128               | 2093             |         | 2093               | 2123             |         | 2123               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.096            |         | 2.143              | 2.136            |         | 2.179              | 2.270            |         | 2.355              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 110.20           |         | 99.90              | 112.60           |         | 120.60             | 114.90           |         | 97.50              |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 106.10           |         | 94.60              | 108.50           |         | 113.60             | 110.58           |         | 92.50              |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 4.10             |         | 5.30               | 4.10             |         | 7.00               | 4.32             |         | 5.00               |
| Peso del Agua                   | 30.80            |         | 31.00              | 32.50            |         | 31.20              | 33.10            |         | 31.50              |
| Peso de la Lata                 | 75.30            |         | 63.60              | 76.00            |         | 82.40              | 77.48            |         | 61.00              |
| Peso de la Muestra Seca         | 110.20           |         | 99.90              | 110              |         | 92                 | 114.9            |         | 8.20               |
| Contenido de Humedad %          | 5.44             |         | 5.50               | 5.39             |         | 5.40               | 5.58             |         | 5.60               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5.44             |         |                    | 5.39             |         |                    | 5.58             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.988            |         |                    | 2.026            |         |                    | 2.130            |         |                    |

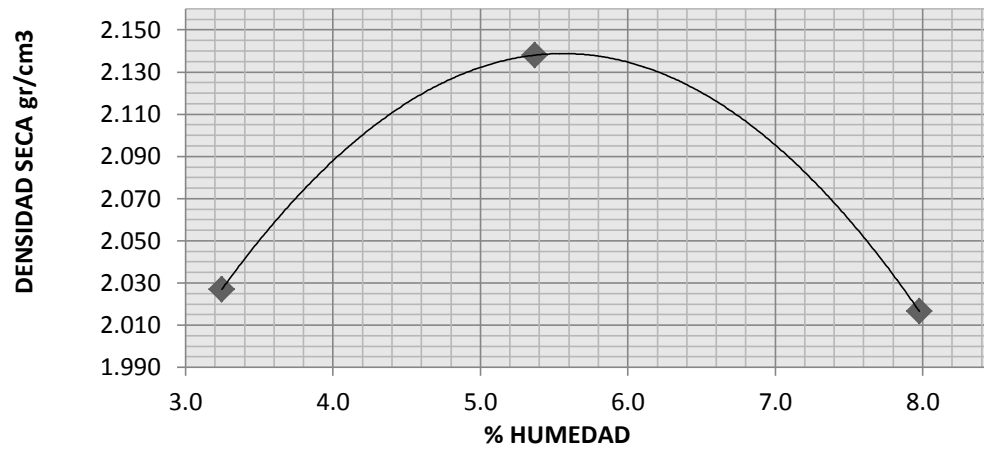
### C.B.R.

| PENETRACION |       | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|-------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.   |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |       |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64  |                     | 7            | 113 |                |      | 9            | 145    |                |      | 15           | 242    |                |      |
| 0,050       | 1,27  |                     | 9            | 145 |                |      | 12           | 194    |                |      | 23           | 371    |                |      |
| 0,075       | 1,91  |                     | 13           | 210 |                |      | 17           | 274    |                |      | 35           | 565    |                |      |
| 0,1"        | 2,54  |                     | 16           | 258 |                | 19.0 | 24           | 387    |                | 28.6 | 52           | 839    |                | 61.9 |
| 0,2"        | 5,10  |                     | 21           | 339 |                | 16.7 | 41           | 661    |                | 32.5 | 62           | 1000   |                | 49.2 |
| 0,3"        | 7,60  |                     | 27           | 435 |                |      | 50           | 806    |                |      | 75           | 1197   |                |      |
| 0,4"        | 10,20 |                     | 35           | 565 |                |      | 58           | 935    |                |      | 90           | 1424   |                |      |
| 0,5"        | 12,70 |                     | 42           | 677 |                |      | 65           | 1045   |                |      | 115          | 1813   |                |      |

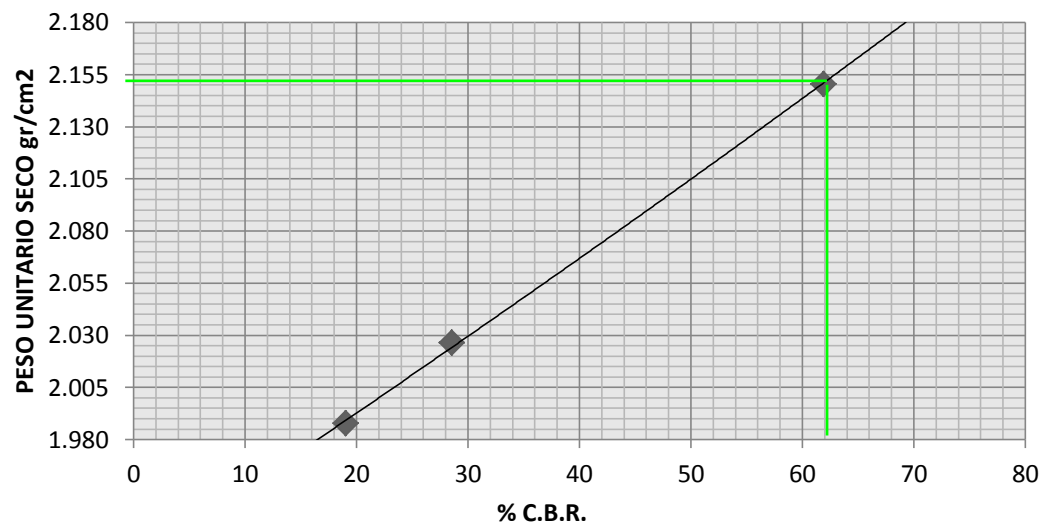
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

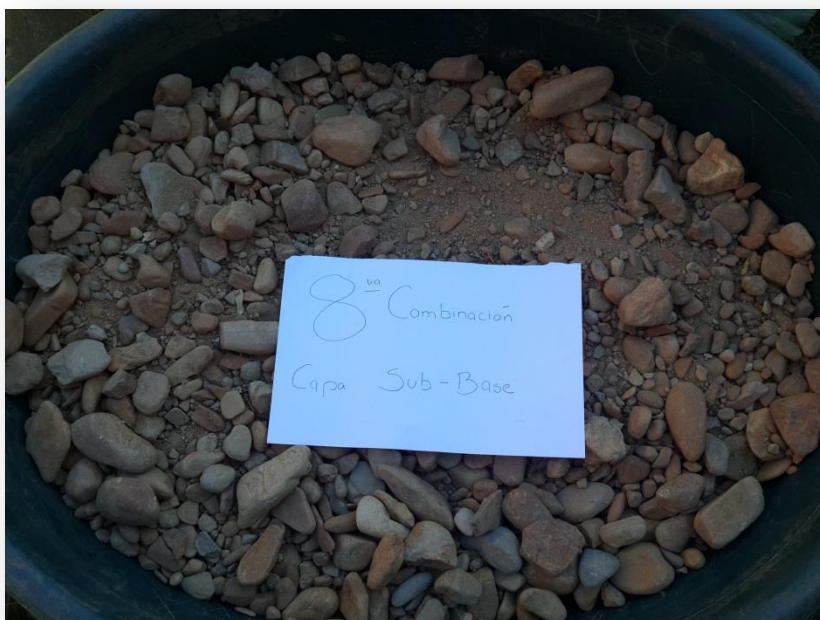


## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



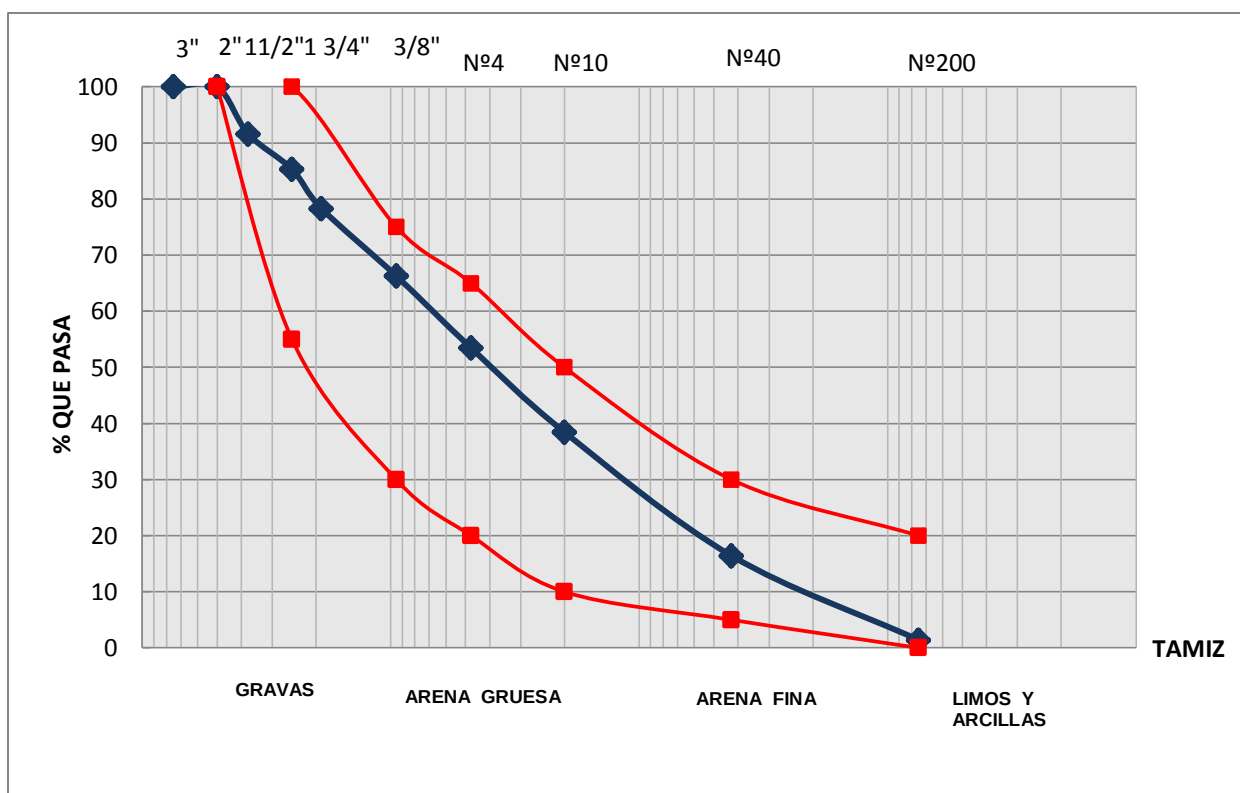
Al 95% Dmax.= 2.033

## OCTAVA COMBINACIÓN.



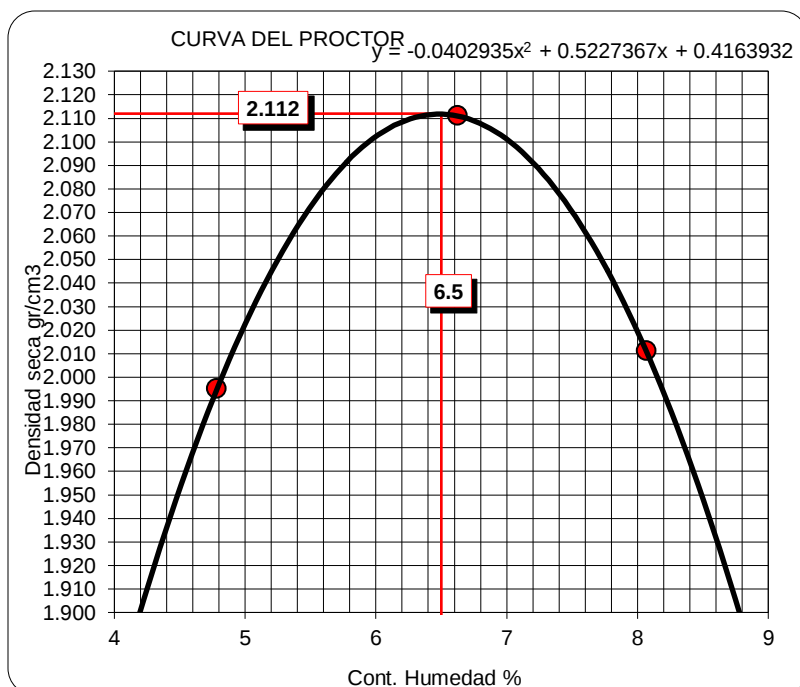
## GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 420.00    | 420.00    | 8.40  | <b>91.60</b>  |
| 1"                                     | 25,00  | 315.00    | 735.00    | 14.70 | <b>85.30</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 350.00    | 1085.00   | 21.70 | <b>78.30</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 601.00    | 1686.00   | 33.72 | <b>66.28</b>  |
| Nº4                                    | 4,75   | 641.00    | 2327.00   | 46.54 | <b>53.46</b>  |
| Nº10                                   | 2,00   | 750.00    | 3077.00   | 61.54 | <b>38.46</b>  |
| Nº40                                   | 0,425  | 1102.00   | 4179.00   | 83.58 | <b>16.42</b>  |
| Nº200                                  | 0,075  | 750.00    | 4929.00   | 98.58 | <b>1.42</b>   |



**PROCTOR MODIFICADO T-180:**

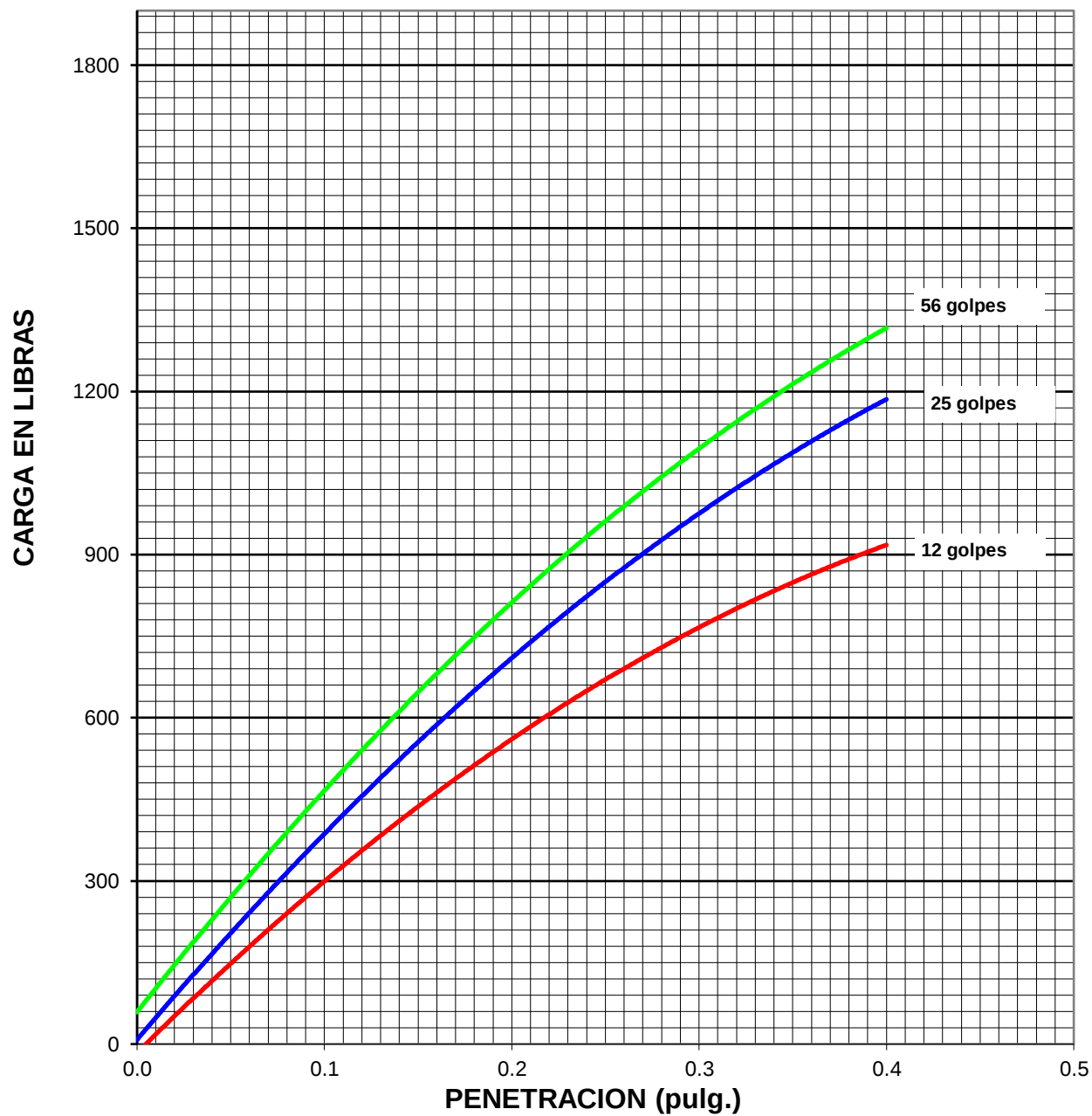
| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 2      | 5      | 7      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 121.30 | 128.70 | 130.20 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 117.20 | 123.20 | 123.10 |
| Peso del agua                                | 4.10   | 5.50   | 7.10   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 31.50  | 40.20  | 35.10  |
| Humedad (%)                                  | 4.78   | 6.63   | 8.07   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7785   | 8126   | 7962   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4440   | 4781   | 4617   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.090  | 2.251  | 2.174  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.995  | 2.111  | 2.011  |



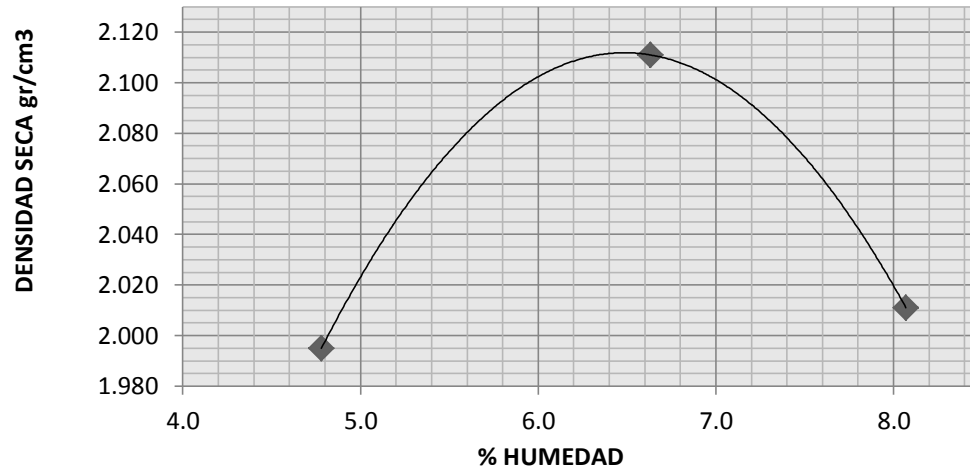
| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.112 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 6.5   | %                  |



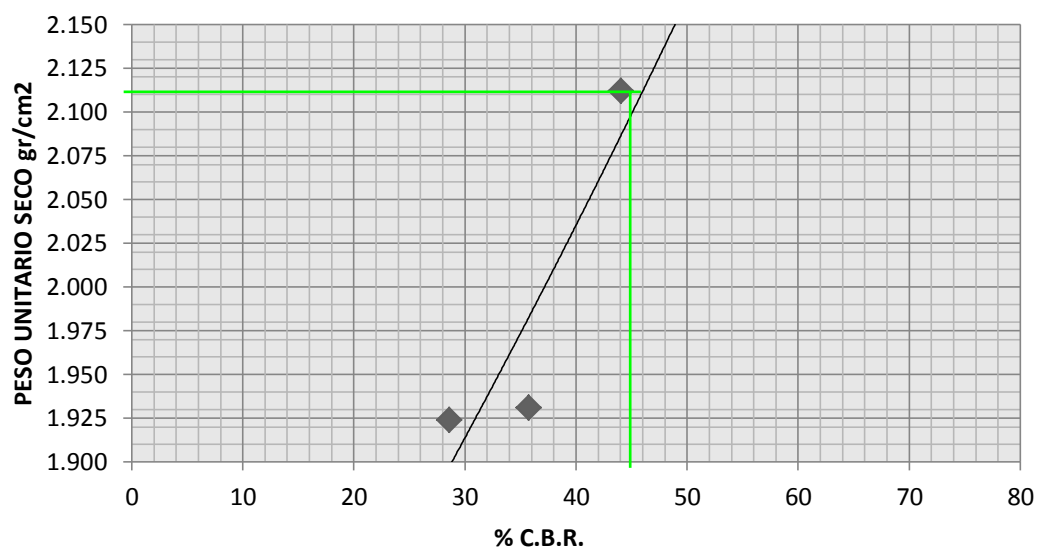
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



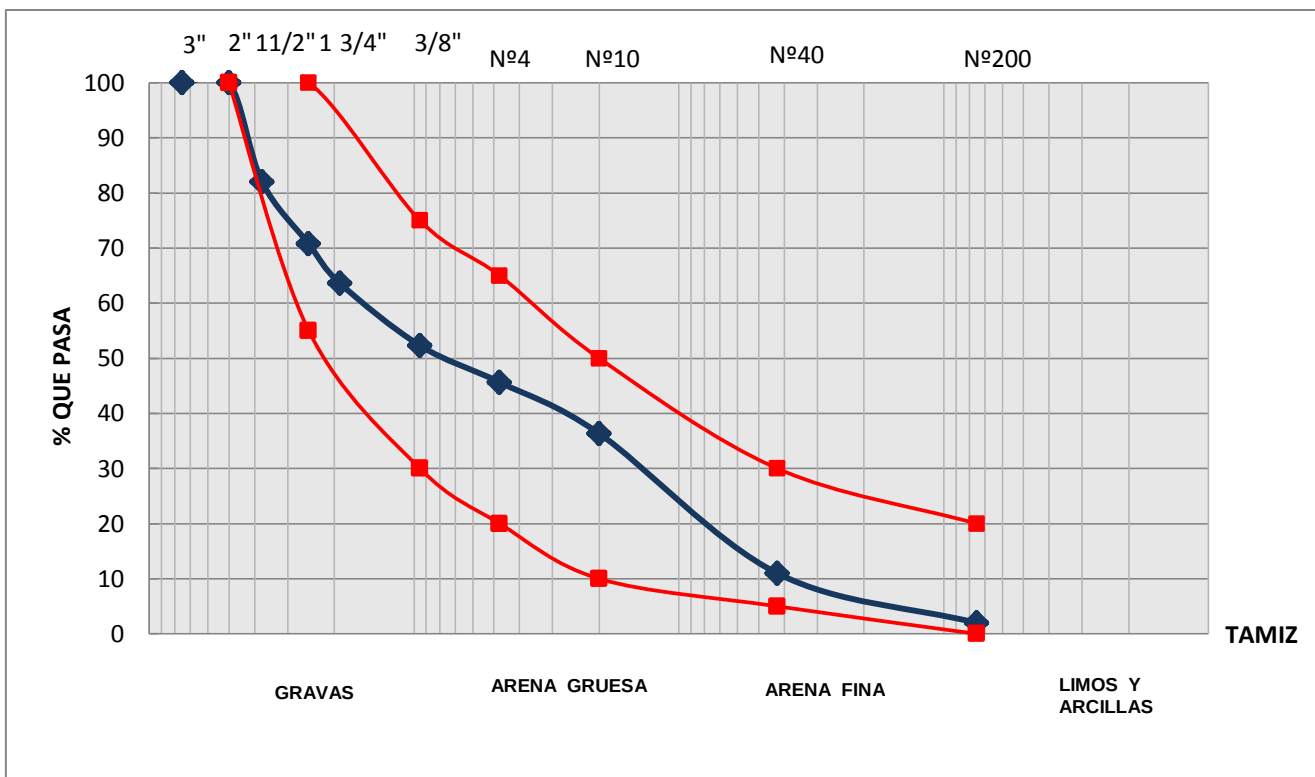
Al 95% Dmax.= 2.0064

## NOVENA COMBINACIÓN.



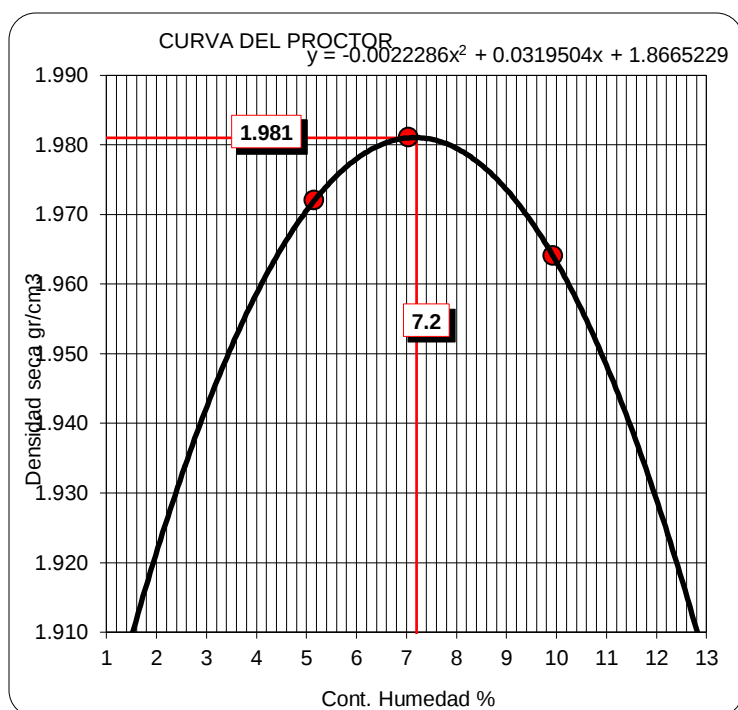
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)<br/>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                          | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                  | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                               | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1 1/2"                           | 37,50  | 900.00    | 900.00    | 18.00 | <b>82.00</b>  |
| 1"                               | 25,00  | 562.00    | 1462.00   | 29.24 | <b>70.76</b>  |
| 3/4"                             | 19,00  | 360.00    | 1822.00   | 36.44 | <b>63.56</b>  |
| 3/8"                             | 9,50   | 563.00    | 2385.00   | 47.70 | <b>52.30</b>  |
| Nº4                              | 4,75   | 333.00    | 2718.00   | 54.36 | <b>45.64</b>  |
| Nº10                             | 2,00   | 465.00    | 3183.00   | 63.66 | <b>36.34</b>  |
| Nº40                             | 0,425  | 1268.00   | 4451.00   | 89.02 | <b>10.98</b>  |
| Nº200                            | 0,075  | 450.00    | 4901.00   | 98.02 | <b>1.98</b>   |



**PROCTOR MODIFICADO T-180:**

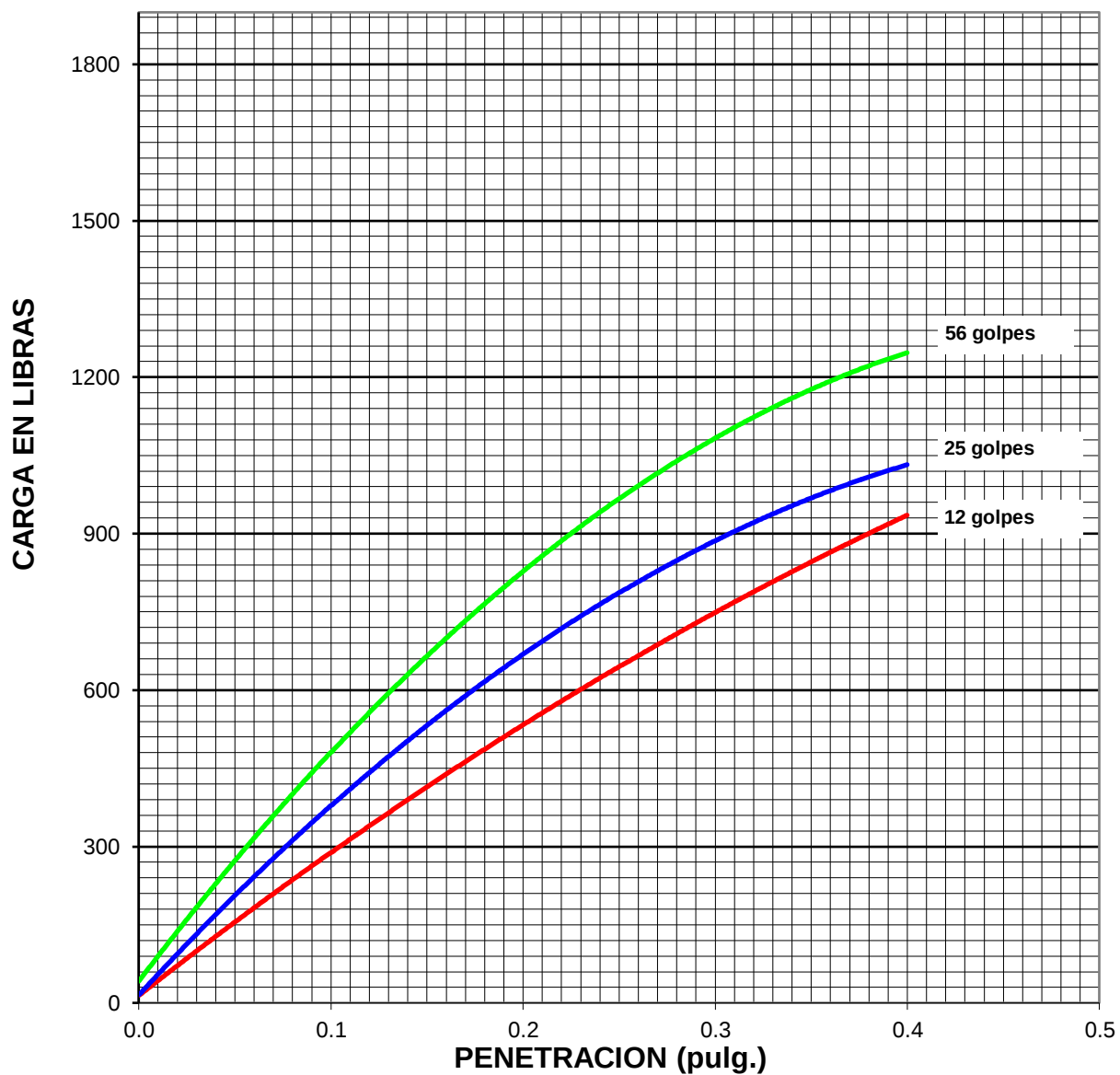
| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 3      | 6      | 9      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 355.00 | 342.00 | 358.20 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 343.00 | 327.00 | 336.00 |
| Peso del agua                                | 12.00  | 15.00  | 22.20  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 110.20 | 114.00 | 112.50 |
| Humedad (%)                                  | 5.15   | 7.04   | 9.93   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7750   | 7850   | 7930   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4405   | 4505   | 4585   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.074  | 2.121  | 2.159  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.972  | 1.981  | 1.964  |



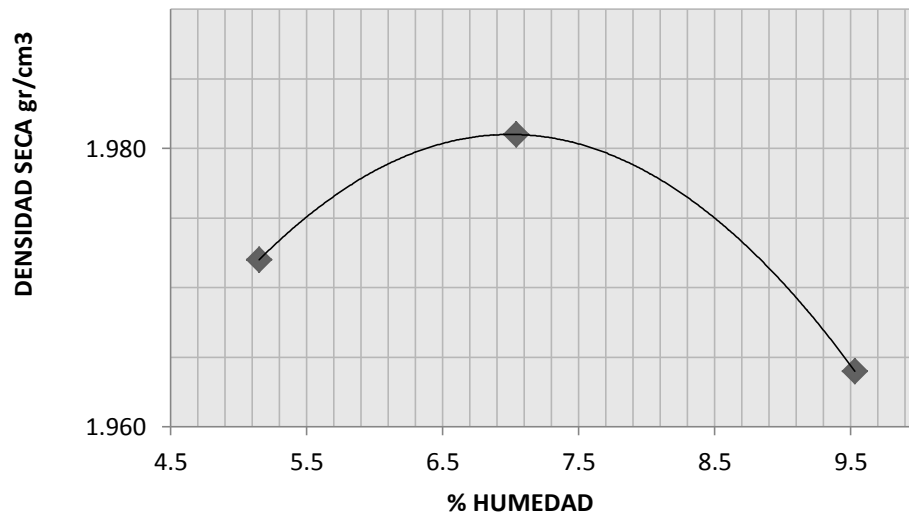
| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 1.981 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 7.20  | %                  |



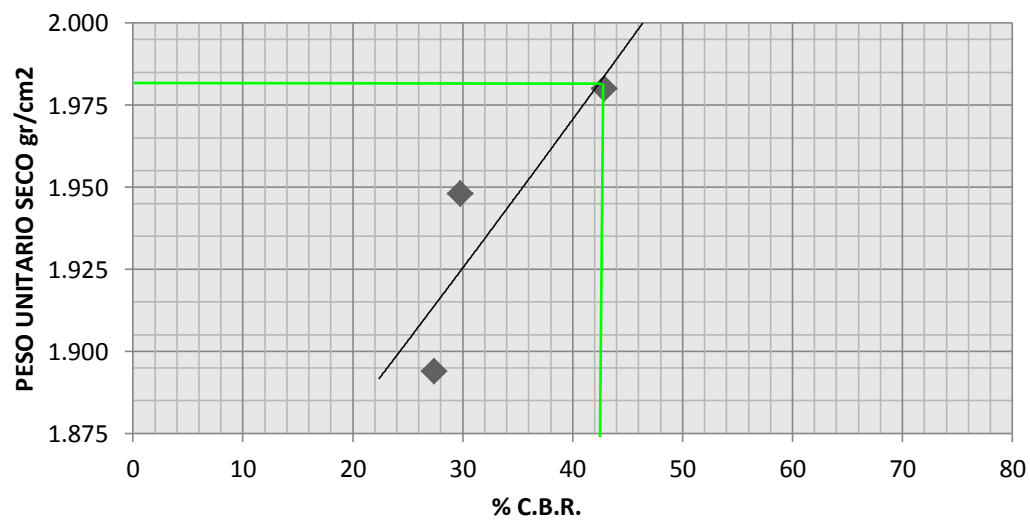
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



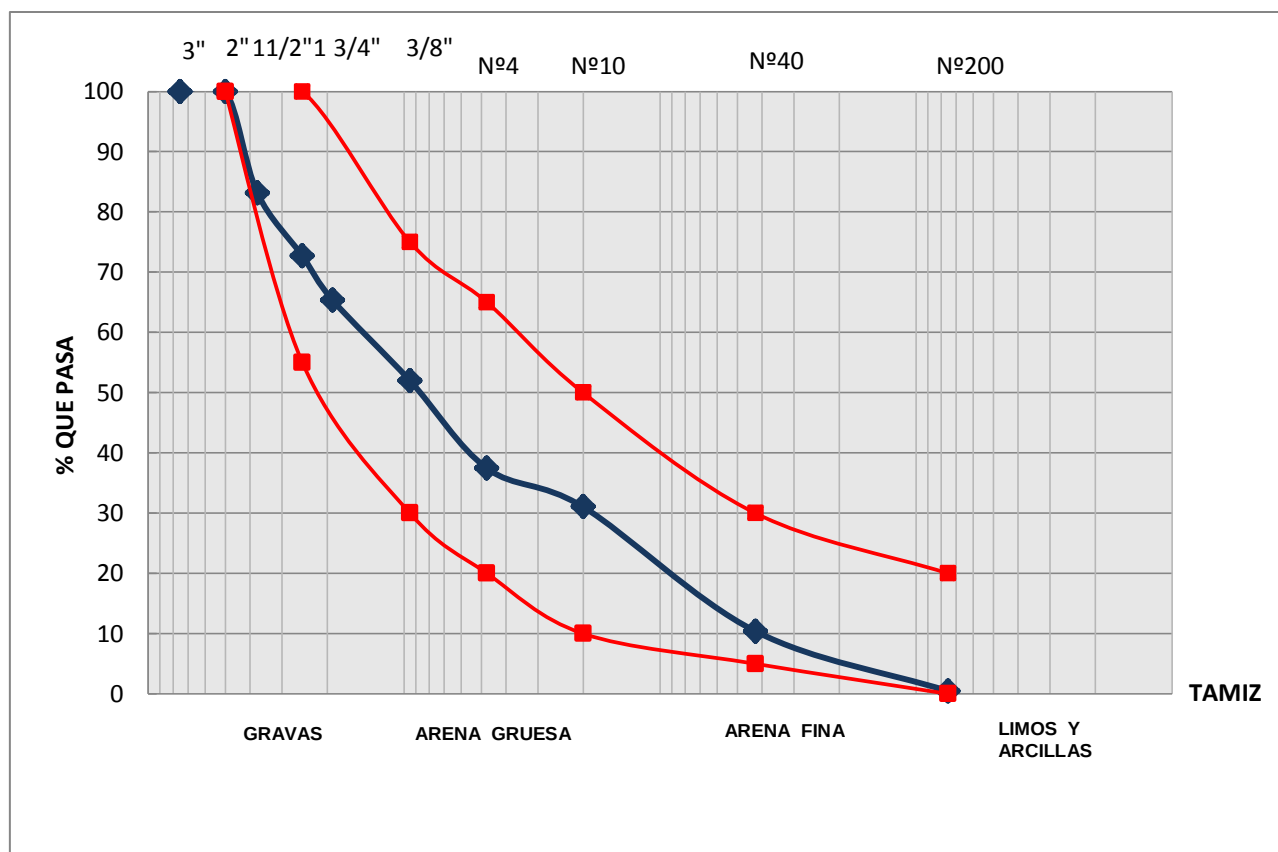
Al 95% Dmax.= 1.8812

### DÉCIMA COMBINACIÓN.



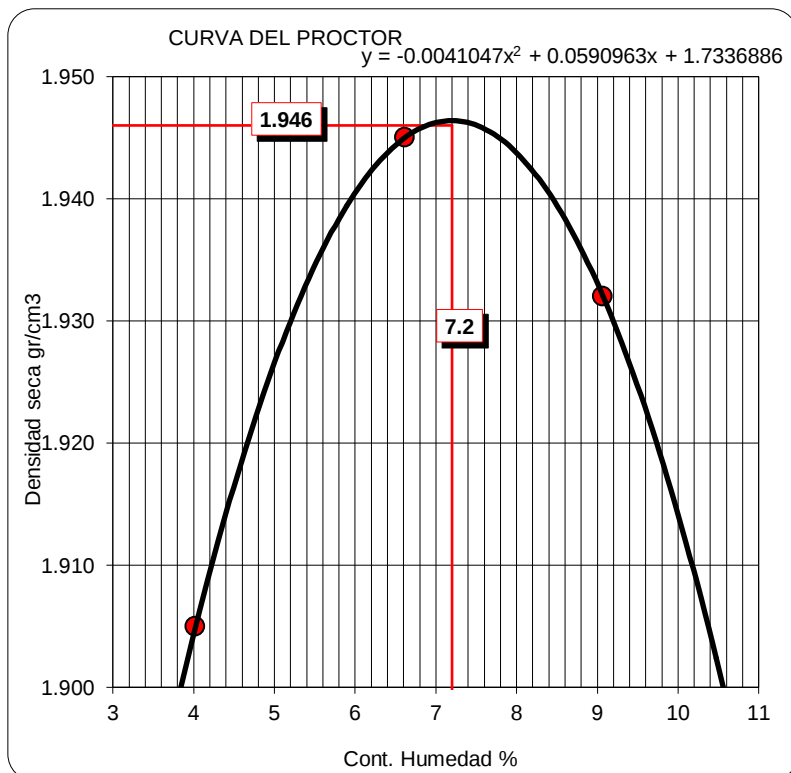
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 841.00    | 841.00    | 16.82 | <b>83.18</b>  |
| 1"                                     | 25,00  | 524.00    | 1365.00   | 27.30 | <b>72.70</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 369.00    | 1734.00   | 34.68 | <b>65.32</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 666.00    | 2400.00   | 48.00 | <b>52.00</b>  |
| Nº4                                    | 4,75   | 728.00    | 3128.00   | 62.56 | <b>37.44</b>  |
| Nº10                                   | 2,00   | 320.00    | 3448.00   | 68.96 | <b>31.04</b>  |
| Nº40                                   | 0,425  | 1032.00   | 4480.00   | 89.60 | <b>10.40</b>  |
| Nº200                                  | 0,075  | 497.00    | 4977.00   | 99.54 | <b>0.46</b>   |



**PROCTOR MODIFICADO T-180:**

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 5      | 6      | 7      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 301.00 | 325.00 | 365.00 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 294.00 | 312.00 | 344.00 |
| Peso del agua                                | 7.00   | 13.00  | 21.00  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 120.00 | 115.50 | 112.50 |
| Humedad (%)                                  | 4.02   | 6.62   | 9.07   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7555   | 7750   | 7820   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4210   | 4405   | 4475   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 1.982  | 2.074  | 2.107  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.905  | 1.945  | 1.932  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 1.946 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 7.20  | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 10         | 0,00 | 0,00 | 0             | 7.20 %      | 1.946     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

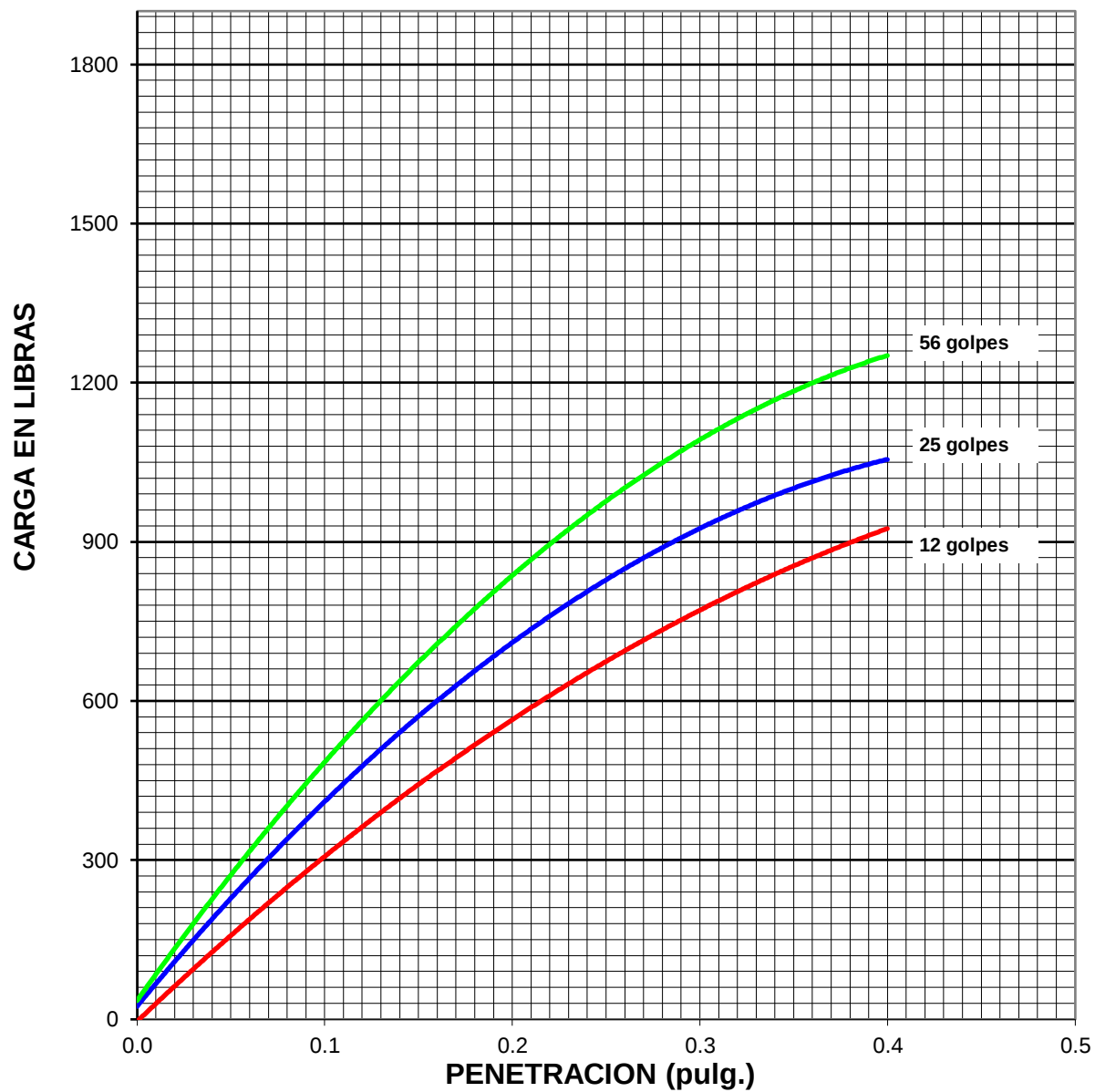
|                                 |                  |         |                    |                  |         |                    |                  |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| Molde N°                        | 22               |         |                    | 23               |         |                    | 24               |         |                    |
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 10750            |         | 11020              | 10880            |         | 11155              | 11285            |         | 11320              |
| Peso del Molde                  | 6570             |         | 6570               | 6455             |         | 6455               | 6555             |         | 6555               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4180             |         | 4450               | 4425             |         | 4700               | 4730             |         | 4765               |
| Volumen de la Muestra           | 2128             |         | 2128               | 2143             |         | 2143               | 2125             |         | 2125               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 1.964            |         | 2.091              | 2.065            |         | 2.193              | 2.226            |         | 2.242              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 1                |         | 5                  | 7                |         | 2                  | 14               |         | 8                  |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 256.00           |         | 230.00             | 274.00           |         | 290.00             | 300.00           |         | 240.00             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 247.00           |         | 223.10             | 265.00           |         | 279.00             | 230.10           |         | 235.00             |
| Peso del Agua                   | 9.00             |         | 6.90               | 9.00             |         | 11.00              | 69.90            |         | 5.00               |
| Peso de la Lata                 | 110.00           |         | 112.00             | 110.50           |         | 125.00             | 115.80           |         | 120.50             |
| Peso de la Muestra Seca         | 137.00           |         | 111.10             | 154.50           |         | 154.00             | 114.30           |         | 114.50             |
| Contenido de Humedad %          | 6.57             |         | 6.21               | 7.00             |         | 7.14               | 7.10             |         | 7.08               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 6.57             |         |                    | 6.21             |         |                    | 7.14             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.843            |         |                    | 1.940            |         |                    | 1.945            |         |                    |

### C.B.R.

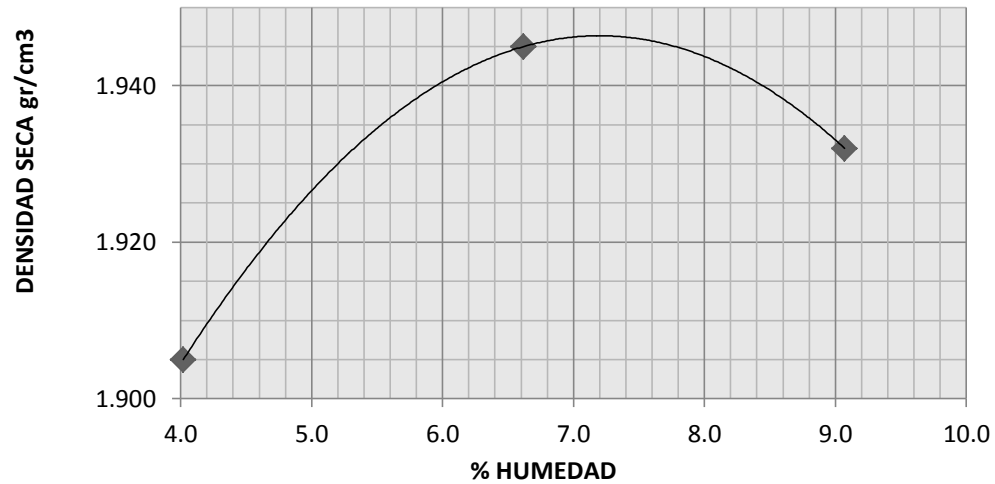
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 4            | 65  |                |      | 9            | 145    |                |      | 11           | 177    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 8            | 129 |                |      | 12           | 194    |                |      | 14           | 226    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 13           | 210 |                |      | 20           | 323    |                |      | 26           | 419    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 24           | 387 |                | 28.6 | 31           | 500    |                | 36.9 | 35           | 565    |                | 41.7 |
| 0,2"        | 5,10 |                     | 36           | 581 |                | 28.6 | 40           | 645    |                | 31.7 | 47           | 758    |                | 37.3 |
| 0,3"        | 7,60 |                     | 44           | 710 |                |      | 58           | 935    |                |      | 69           | 1106   |                |      |

[illegible]

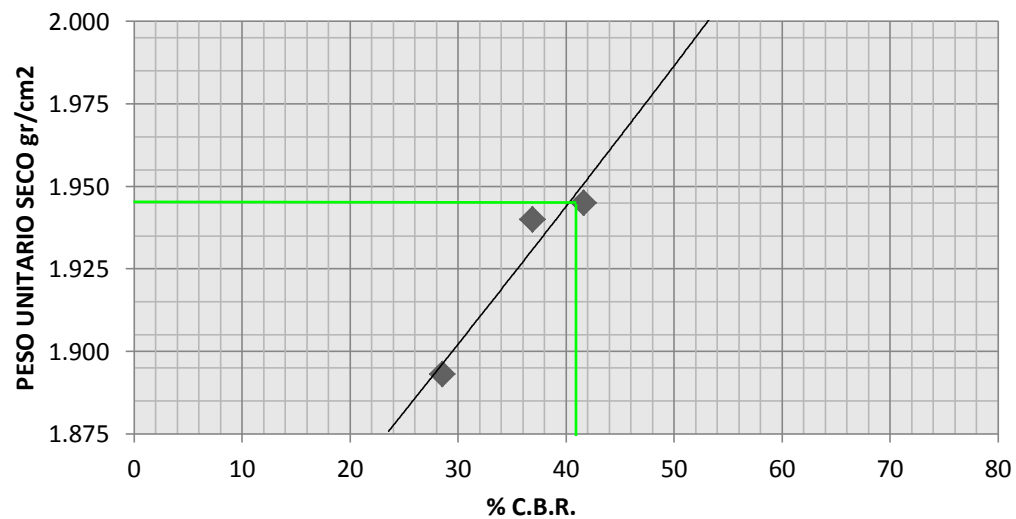
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



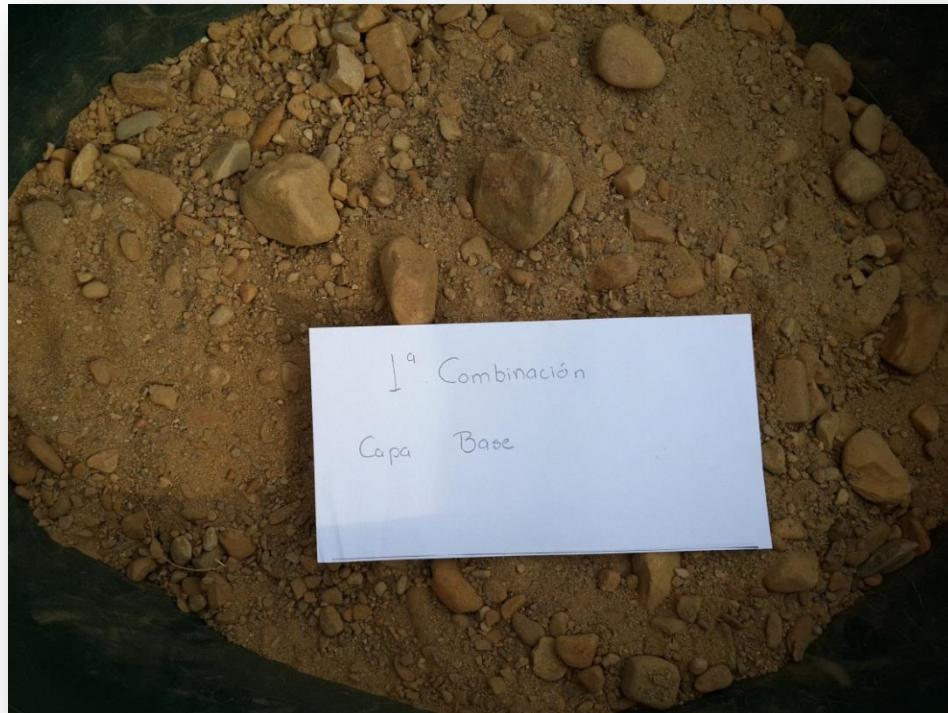
## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



Al 95% Dmax.= 1.8487

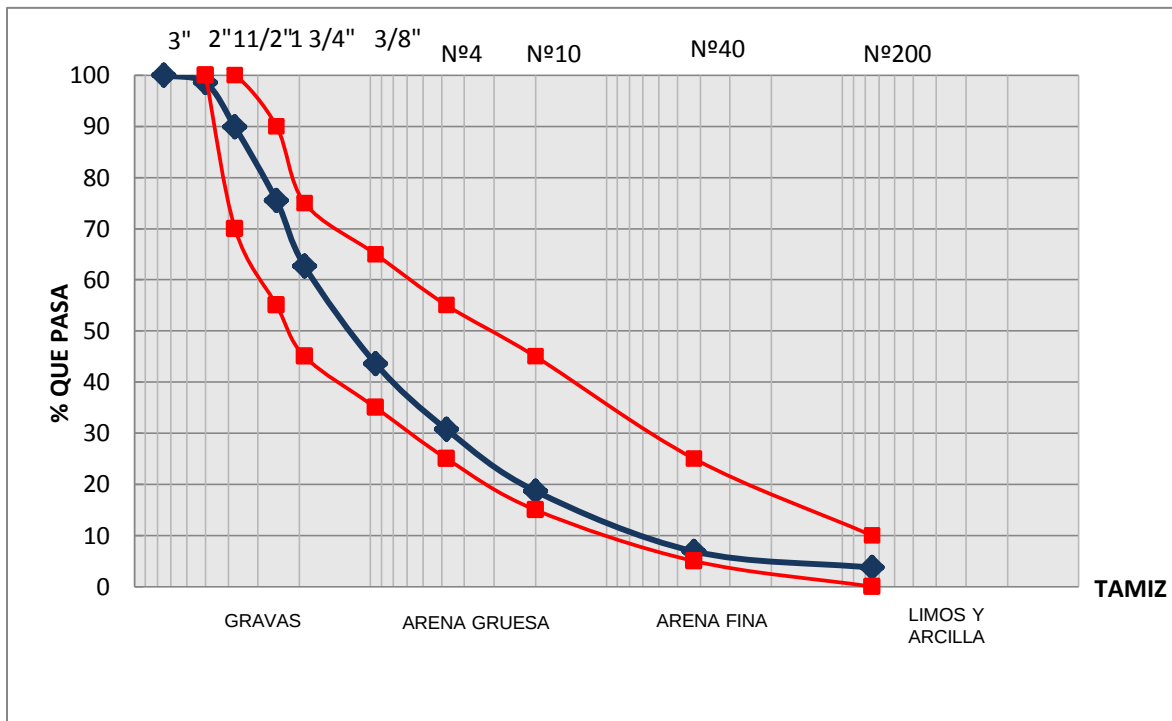
## ENSAYOS DE LABORATORIO COMBINACIONES PARA CAPA BASE MATERIAL NATURAL

### PRIMERA COMBINACIÓN.



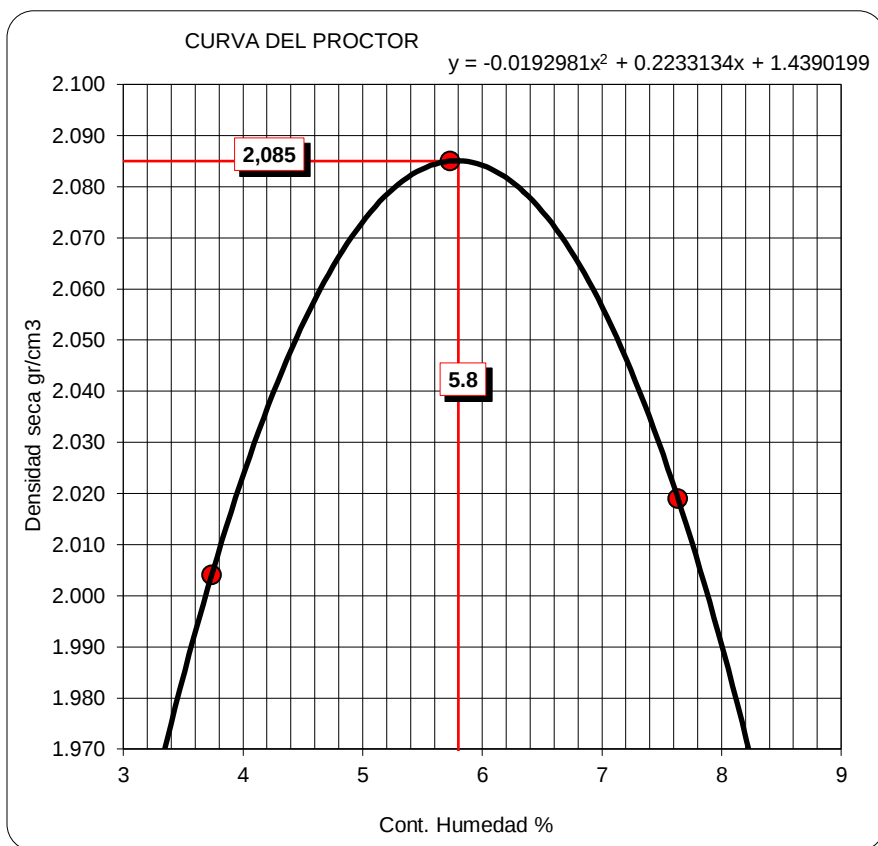
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |              |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|--------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa   |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total    |
| 2"                                     | 50     | 75,50     | 75,50     | 1,51  | <b>98,49</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 432,10    | 507,60    | 10,15 | <b>89,85</b> |
| 1"                                     | 25,00  | 720,10    | 1227,70   | 24,55 | <b>75,45</b> |
| 3/4"                                   | 19,00  | 640,80    | 1868,50   | 37,37 | <b>62,63</b> |
| 3/8"                                   | 9,50   | 953,10    | 2821,60   | 56,43 | <b>43,57</b> |
| Nº4                                    | 4,75   | 643,50    | 3465,10   | 69,30 | <b>30,70</b> |
| Nº10                                   | 2,00   | 601,00    | 4066,10   | 81,32 | <b>18,68</b> |
| Nº40                                   | 0,425  | 589,70    | 4655,80   | 93,12 | <b>6,88</b>  |
| Nº200                                  | 0,075  | 158,60    | 4814,40   | 96,29 | <b>3,71</b>  |



### PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 1      | 2      | 4      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 215,60 | 240,10 | 218,50 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 211,80 | 233,10 | 211,20 |
| Peso del agua                                | 3,80   | 7,00   | 7,30   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 110,10 | 111,00 | 115,60 |
| Humedad (%)                                  | 3,74   | 5,73   | 7,64   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7760   | 8050   | 7960   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4415   | 4705   | 4615   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2,079  | 2,215  | 2,173  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 2,004  | 2,085  | 2,019  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2,085 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5,8   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 1          | 0,00 | 0,00 | 0             | 5,80%       | 2,085     |

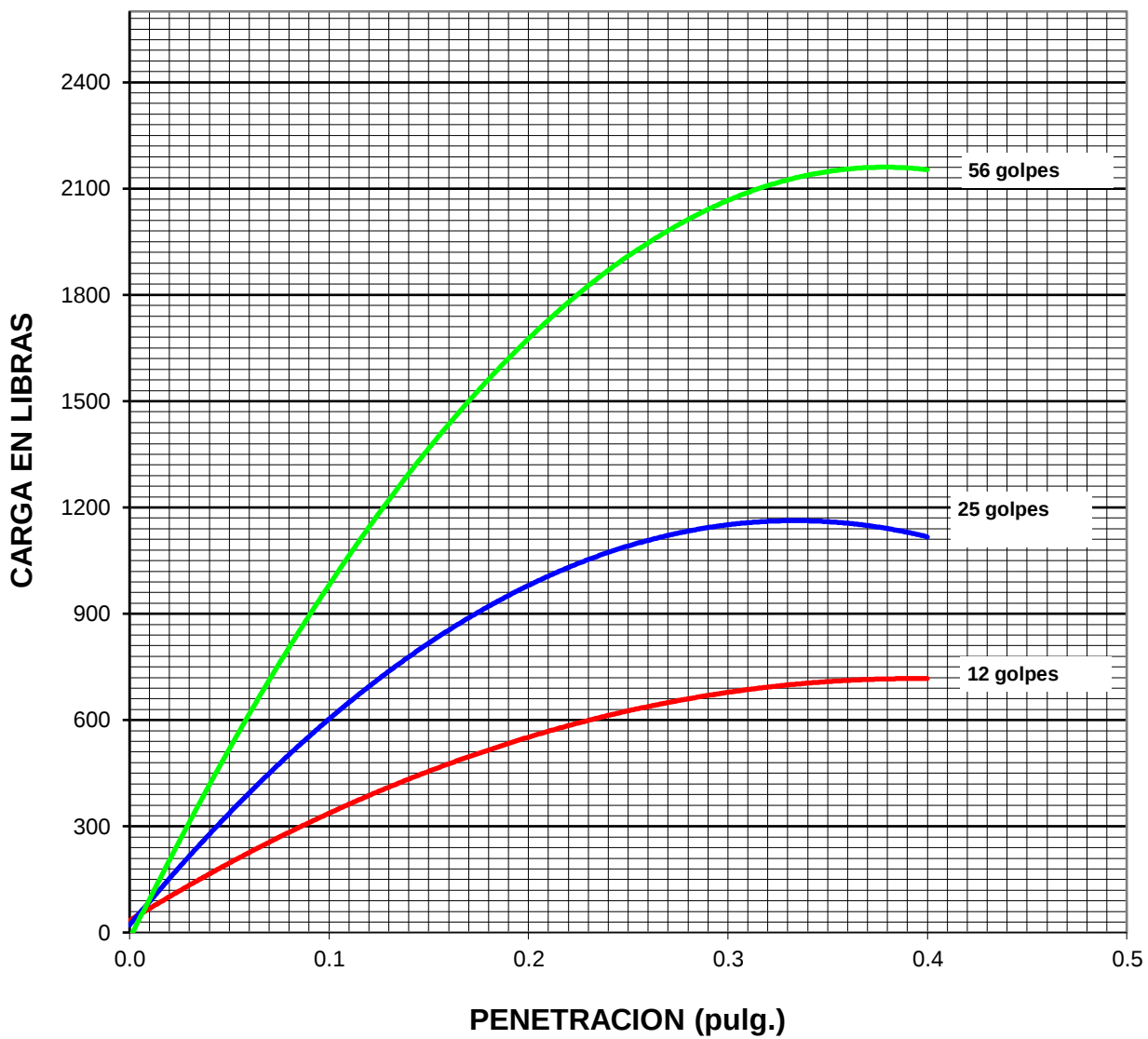
### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

|                                 |                  |         |                    |                  |         |                    |                  |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| Molde N°                        | 13               |         |                    | 14               |         |                    | 15               |         |                    |
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11050            |         | 11260              | 11100            |         | 11290              | 11240            |         | 11350              |
| Peso del Molde                  | 6570             |         | 6570               | 6455             |         | 6455               | 6555             |         | 6555               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4480             |         | 4690               | 4645             |         | 4835               | 4685             |         | 4795               |
| Volumen de la Muestra           | 2111             |         | 2111               | 2143             |         | 2143               | 2128             |         | 2128               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2,122            |         | 2,222              | 2,168            |         | 2,256              | 2,202            |         | 2,253              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 2                |         | 4                  | 6                |         | 7                  | 8                |         | 10                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 145,11           |         | 109,03             | 142,10           |         | 95,01              | 141,36           |         | 112,59             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 138,90           |         | 101,50             | 135,30           |         | 88,50              | 135,20           |         | 106,20             |
| Peso del Agua                   | 6,21             |         | 7,53               | 6,80             |         | 6,51               | 6,16             |         | 6,39               |
| Peso de la Lata                 | 27,39            |         | 15,30              | 16,20            |         | 15,31              | 27,98            |         | 28,76              |
| Peso de la Muestra Seca         | 111,51           |         | 86,20              | 119,10           |         | 73,19              | 107,22           |         | 77,44              |
| Contenido de Humedad %          | 5,57             |         | 8,74               | 5,71             |         | 8,89               | 5,75             |         | 8,25               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5,57             |         |                    | 5,71             |         |                    | 5,75             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 2.010            |         |                    | 2,050            |         |                    | 2.082            |         |                    |

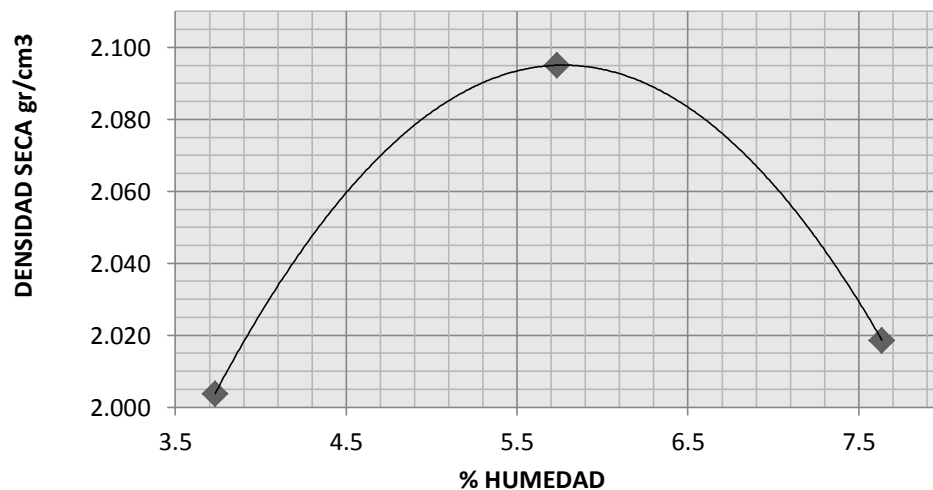
### C.B.R.

| PENETRACION |       | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|-------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.   |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |       |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64  |                     | 5            | 81  |                |      | 8            | 129    |                |      | 11           | 177    |                |      |
| 0,050       | 1,27  |                     | 11           | 177 |                |      | 20           | 323    |                |      | 30           | 484    |                |      |
| 0,075       | 1,91  |                     | 20           | 323 |                |      | 32           | 516    |                |      | 46           | 742    |                |      |
| 0,1"        | 2,54  |                     | 28           | 452 |                | 33,3 | 45           | 726    |                | 53,6 | 73           | 1167   |                | 86,1 |
| 0,2"        | 5,10  |                     | 31           | 500 |                | 24,6 | 59           | 952    |                | 46,8 | 105          | 1656   |                | 81,5 |
| 0,3"        | 7,60  |                     | 38           | 613 |                |      | 66           | 1061   |                |      | 125          | 1969   |                |      |
| 0,4"        | 10,20 |                     | 47           | 758 |                |      | 73           | 1167   |                |      | 140          | 2203   |                |      |
| 0,5"        | 12,70 |                     | 53           | 855 |                |      | 80           | 1273   |                |      | 165          | 2591   |                |      |

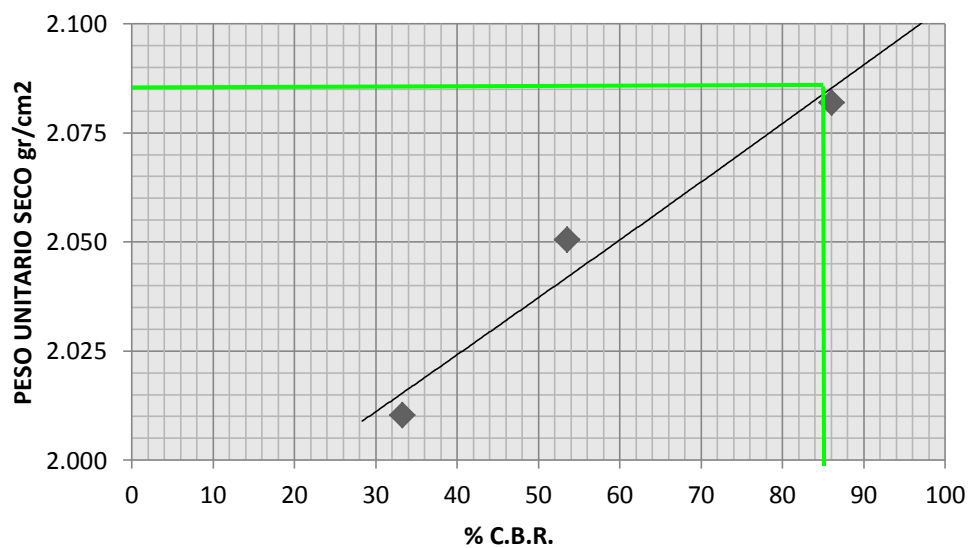
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

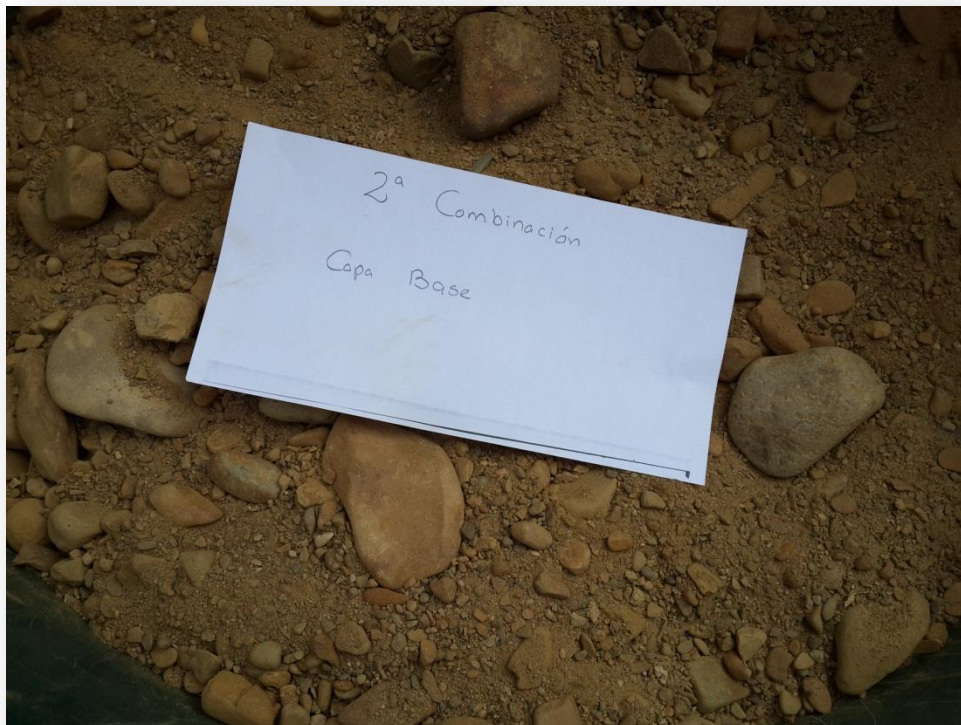


## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



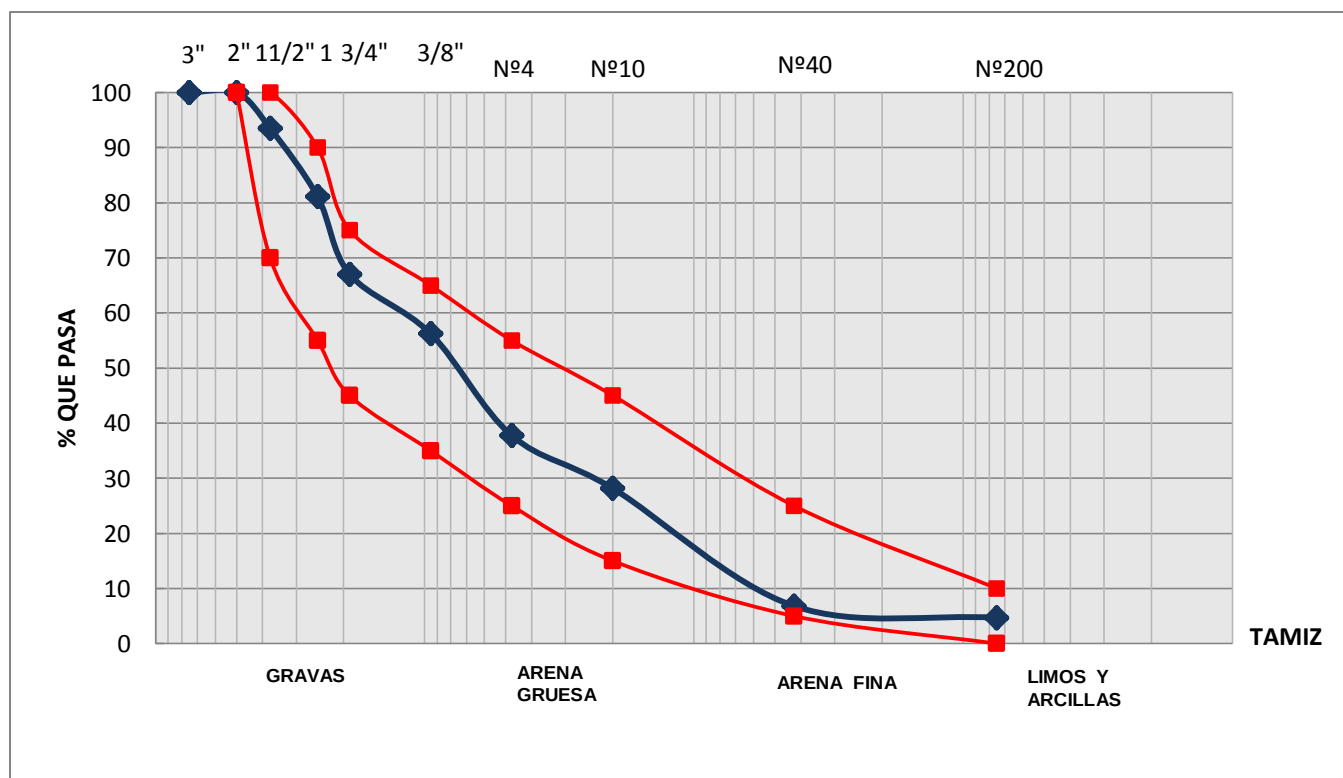
Al 95% Dmax.= 1,9808

## SEGUNDA COMBINACIÓN.



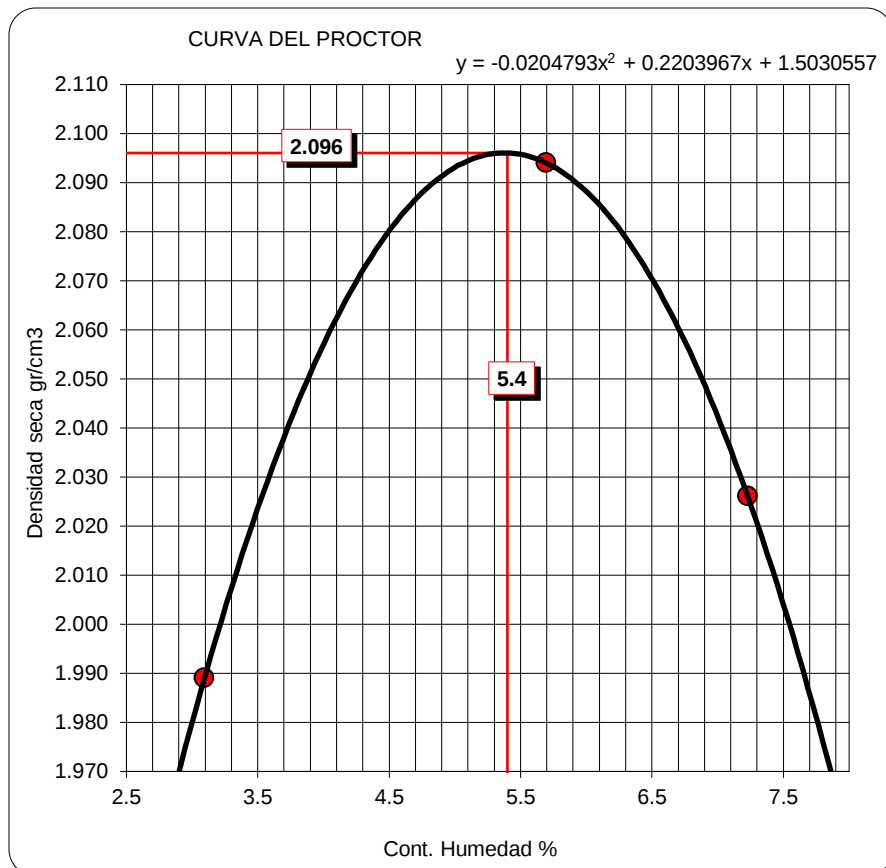
## GRANULOMETRÍA:

| Tamices | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|---------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
|         | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"      | 50     | 0,00      | 0,00      | 0,00  | 100,00     |
| 1 1/2"  | 37,50  | 325,40    | 325,40    | 6,51  | 93,49      |
| 1"      | 25,00  | 620,00    | 945,40    | 18,91 | 81,09      |
| 3/4"    | 19,00  | 703,50    | 1648,90   | 32,98 | 67,02      |
| 3/8"    | 9,50   | 540,00    | 2188,90   | 43,78 | 56,22      |
| Nº4     | 4,75   | 924,00    | 3112,90   | 62,26 | 37,74      |
| Nº10    | 2,00   | 480,00    | 3592,90   | 71,86 | 28,14      |
| Nº40    | 0,425  | 1066,00   | 4658,90   | 93,18 | 6,82       |
| Nº200   | 0,075  | 106,70    | 4765,60   | 95,31 | 4,69       |



**PROCTOR MODIFICADO T-180:**

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 5      | 3      | 8      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 210,50 | 240,90 | 217,60 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 207,45 | 233,90 | 210,50 |
| Peso del agua                                | 3,05   | 7,00   | 7,10   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 108,90 | 111,00 | 112,30 |
| Humedad (%)                                  | 3,09   | 5,70   | 7,23   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7700   | 8045   | 7960   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4355   | 4700   | 4615   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2,050  | 2,213  | 2,173  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1,989  | 2,094  | 2,026  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2,096 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5,4   | %                  |

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:  
CARACTERISTICAS DEL SUELO**

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 2          | 0,00 | 0,00 | 0             | 5,40%       | 2,096     |

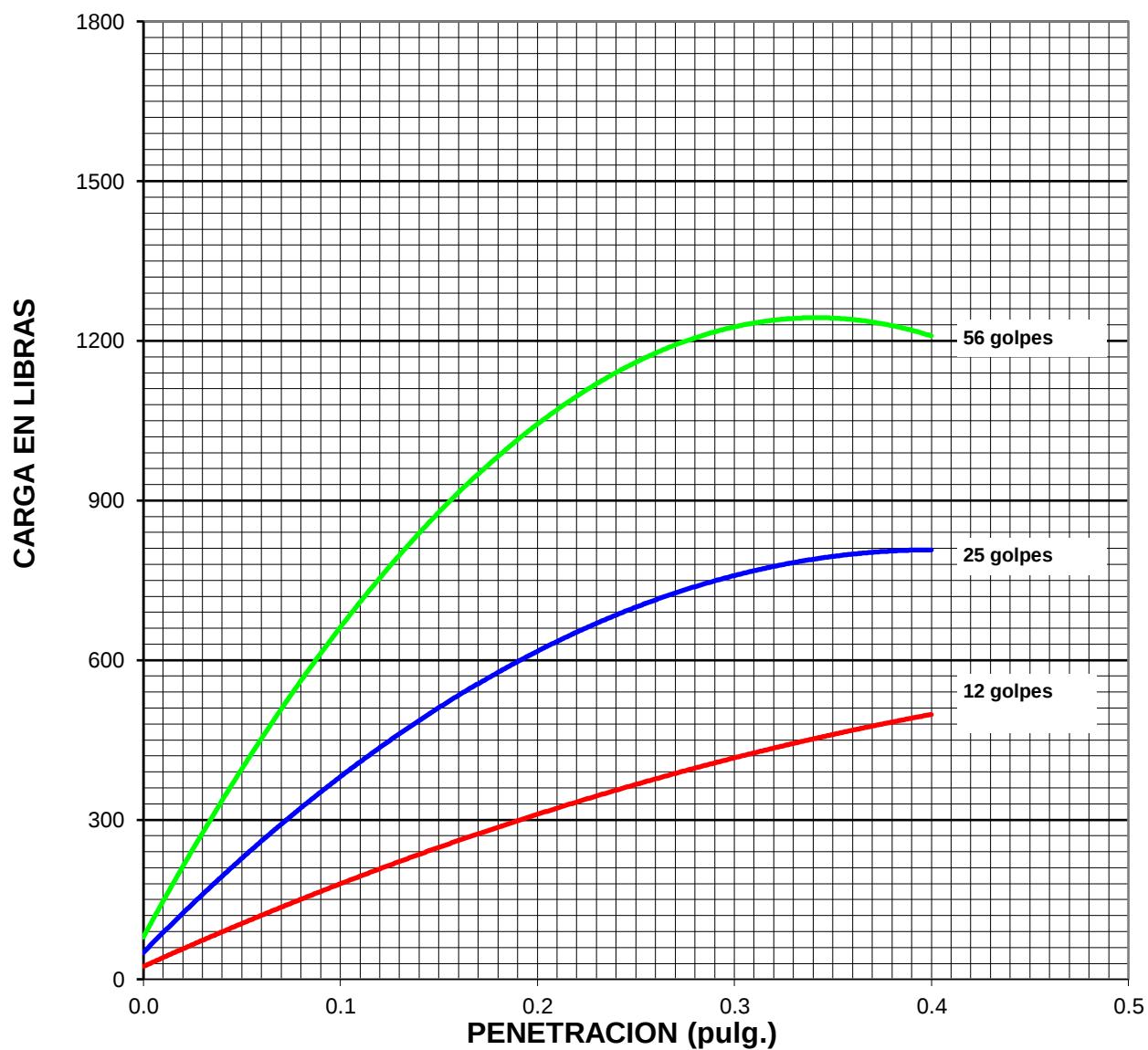
**CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO**

| Molde N°                        | 10               |         |                    | 11               |         |                    | 12               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11080            |         | 11290              | 11270            |         | 11370              | 11170            |         | 11290              |
| Peso del Molde                  | 6640             |         | 6640               | 6700             |         | 6700               | 6520             |         | 6520               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4440             |         | 4650               | 4570             |         | 4670               | 4650             |         | 4770               |
| Volumen de la Muestra           | 2105             |         | 2105               | 2109             |         | 2109               | 2105             |         | 2105               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2,109            |         | 2,209              | 2,167            |         | 2,214              | 2,209            |         | 2,266              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 2                |         | 6                  | 5                |         | 7                  | 10               |         | 13                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 94,00            |         | 114,90             | 102,70           |         | 112,80             | 87,30            |         | 122,80             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 90,20            |         | 108,00             | 98,50            |         | 106,20             | 83,50            |         | 116,50             |
| Peso del Agua                   | 3,80             |         | 6,90               | 4,20             |         | 6,60               | 3,80             |         | 6,30               |
| Peso de la Lata                 | 15,70            |         | 15,30              | 15,01            |         | 15,43              | 15,31            |         | 27,70              |
| Peso de la Muestra Seca         | 74,50            |         | 92,70              | 83,49            |         | 90,77              | 68,19            |         | 88,80              |
| Contenido de Humedad %          | 5,10             |         | 7,44               | 5,03             |         | 7,27               | 5,57             |         | 7,09               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5,10             |         |                    | 5,03             |         |                    | 5,57             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 2,007            |         |                    | 2,063            |         |                    | 2,093            |         |                    |

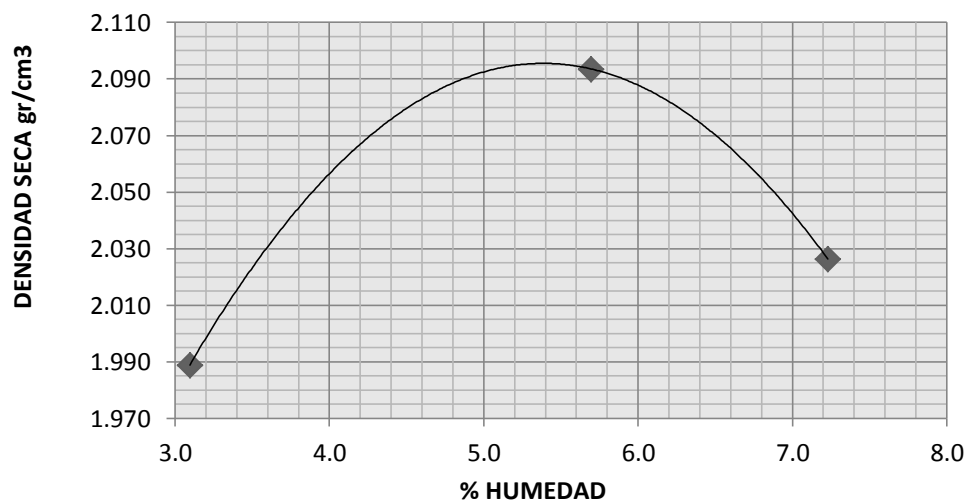
**C.B.R.**

| PENETRACION |       | Carga Normal<br>Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |         |                |      | MOLDE N°3    |         |                |      |
|-------------|-------|------------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|---------|----------------|------|--------------|---------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.   |                        | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |         | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |         | C.B.R. Correg. |      |
|             |       |                        | Dial         | Kg  | K g            | %    | Kg.          | Kg/c m2 | Kg/c m2        | %    | Kg.          | Kg/c m2 | Kg/c m2        | %    |
| 0,025       | 0,64  |                        | 4            | 65  |                |      | 8            | 129     |                |      | 15           | 242     |                |      |
| 0,050       | 1,27  |                        | 6            | 97  |                |      | 16           | 258     |                |      | 25           | 403     |                |      |
| 0,075       | 1,91  |                        | 10           | 161 |                |      | 20           | 323     |                |      | 36           | 581     |                |      |
| 0,1"        | 2,54  |                        | 14           | 226 |                | 16,7 | 28           | 452     |                | 33,3 | 48           | 774     |                | 57,1 |
| 0,2"        | 5,10  |                        | 18           | 290 |                | 14,3 | 36           | 581     |                | 28,6 | 61           | 984     |                | 48,4 |
| 0,3"        | 7,60  |                        | 24           | 387 |                |      | 44           | 710     |                |      | 72           | 1152    |                |      |
| 0,4"        | 10,20 |                        | 32           | 516 |                |      | 52           | 839     |                |      | 79           | 1258    |                |      |
| 0,5"        | 12,70 |                        | 38           | 613 |                |      | 58           | 935     |                |      | 88           | 1394    |                |      |

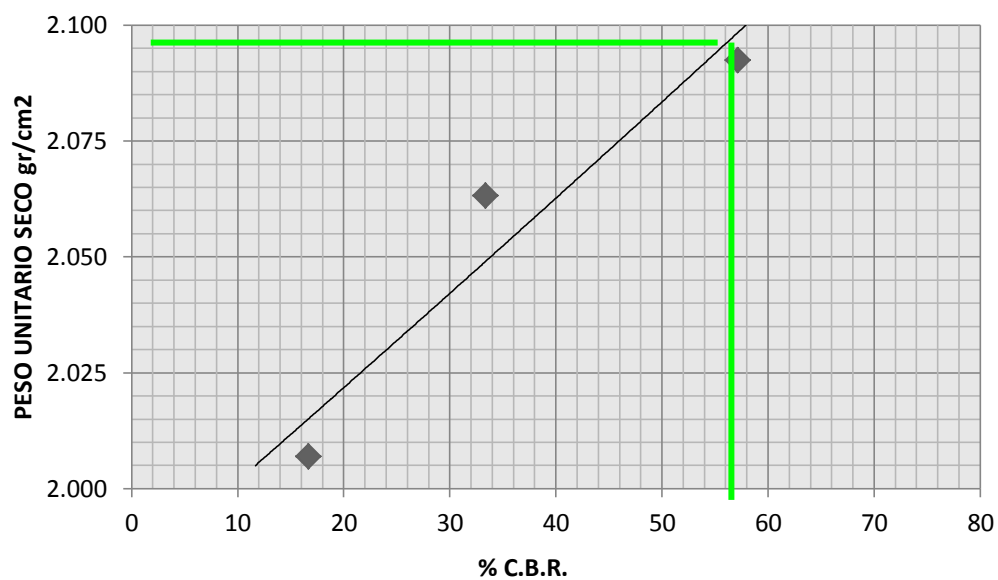
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

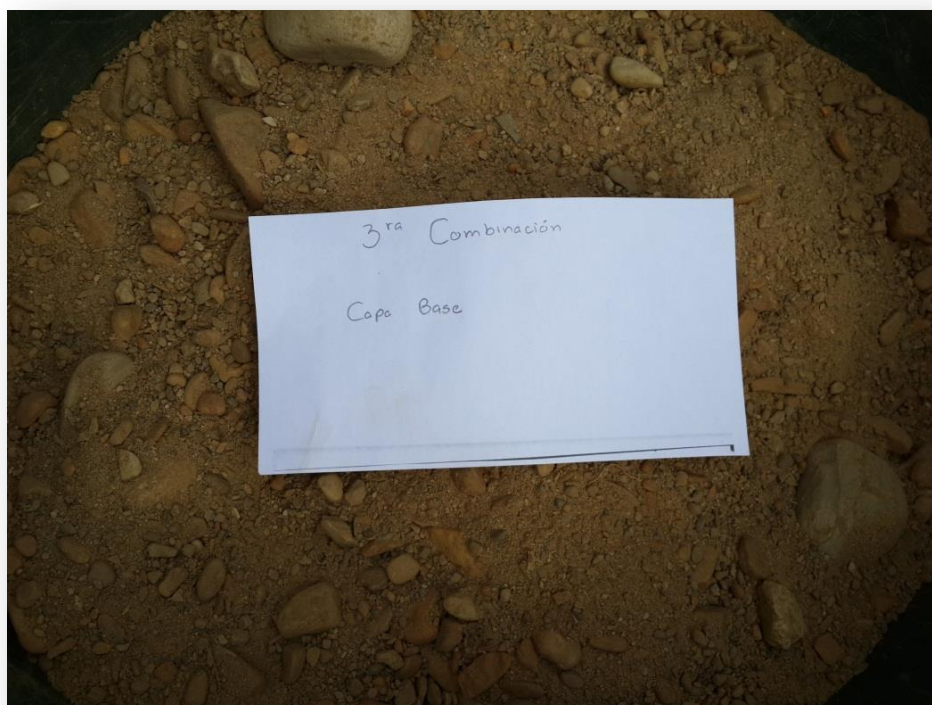


## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



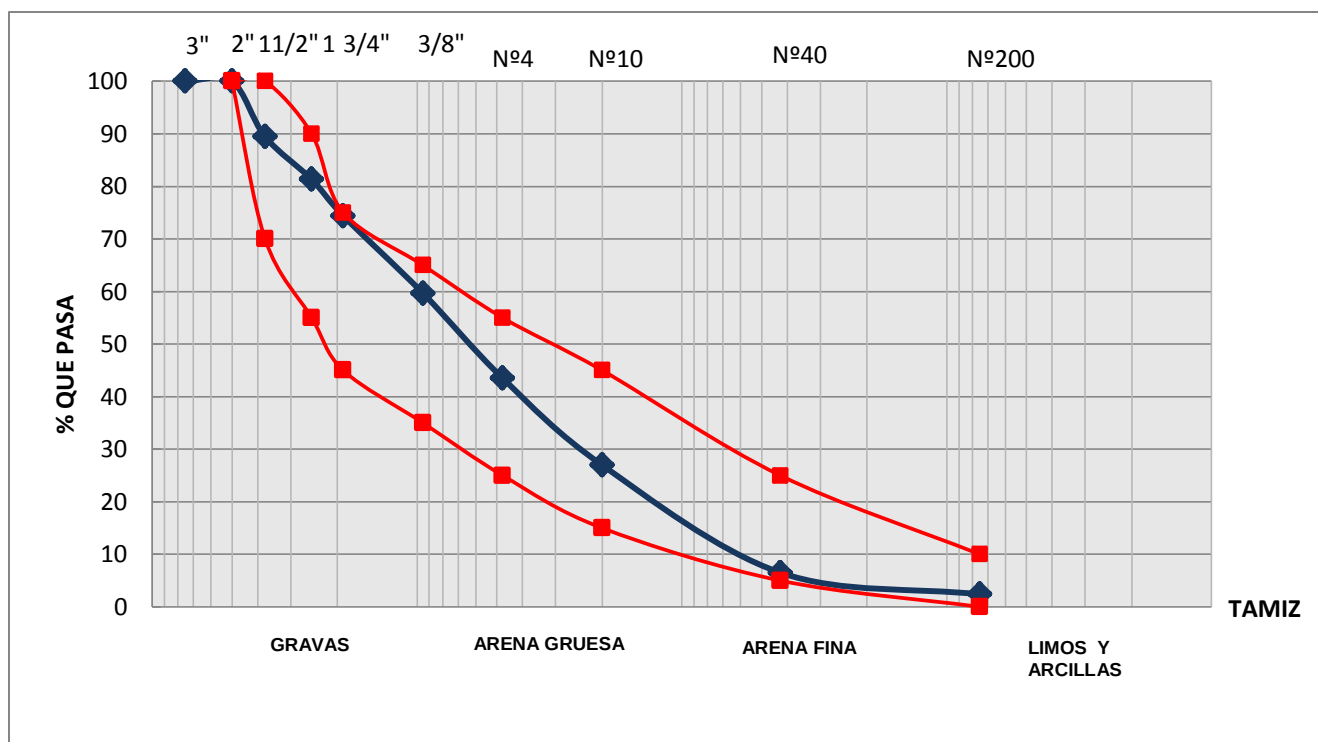
Al 95% Dmax.= 1,9912

### TERCERA COMBINACIÓN.



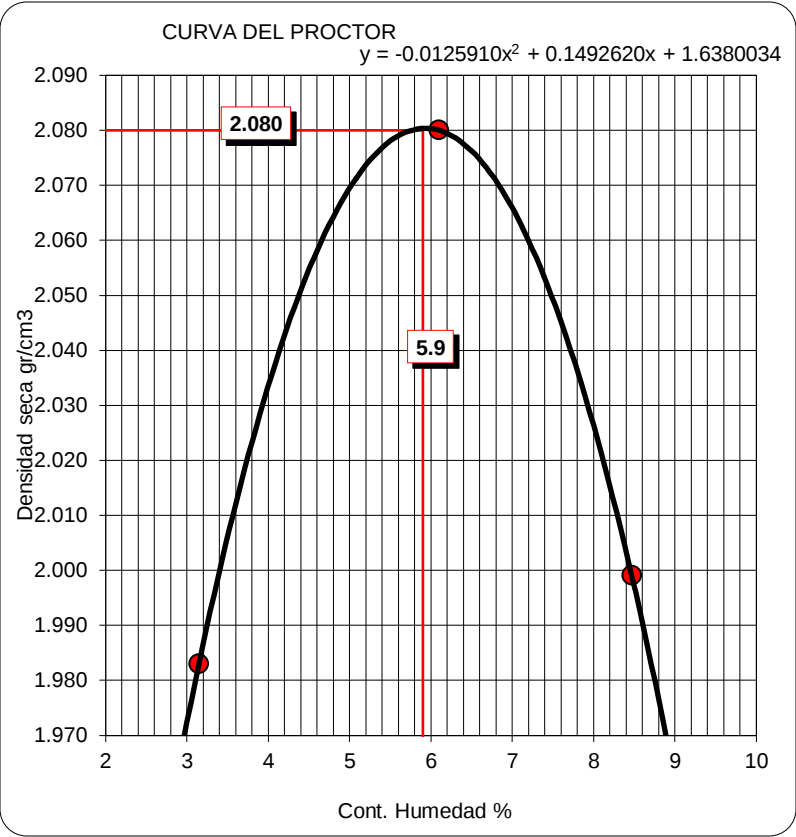
### GRANULOMETRÍA:

| Tamices | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|---------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
|         | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"      | 50     | 0,00      | 0,00      | 0,00  | 100,00     |
| 1 1/2"  | 37,50  | 526,40    | 526,40    | 10,53 | 89,47      |
| 1"      | 25,00  | 406,80    | 933,20    | 18,66 | 81,34      |
| 3/4"    | 19,00  | 346,80    | 1280,00   | 25,60 | 74,40      |
| 3/8"    | 9,50   | 736,40    | 2016,40   | 40,33 | 59,67      |
| Nº4     | 4,75   | 809,00    | 2825,40   | 56,51 | 43,49      |
| Nº10    | 2,00   | 826,50    | 3651,90   | 73,04 | 26,96      |
| Nº40    | 0,425  | 1022,60   | 4674,50   | 93,49 | 6,51       |
| Nº200   | 0,075  | 206,70    | 4881,20   | 97,62 | 2,38       |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 7      | 6      | 9      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 210,50 | 252,90 | 220,30 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 207,30 | 244,90 | 212,00 |
| Peso del agua                                | 3,20   | 8,00   | 8,30   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 105,60 | 113,70 | 114,00 |
| Humedad (%)                                  | 3,15   | 6,10   | 8,47   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7690   | 8045   | 7950   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4345   | 4700   | 4605   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2,046  | 2,213  | 2,168  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1,983  | 2,080  | 1,999  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2,080 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5,9   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 3          | 0,00 | 0,00 | 0             | 5,90%       | 2,080     |

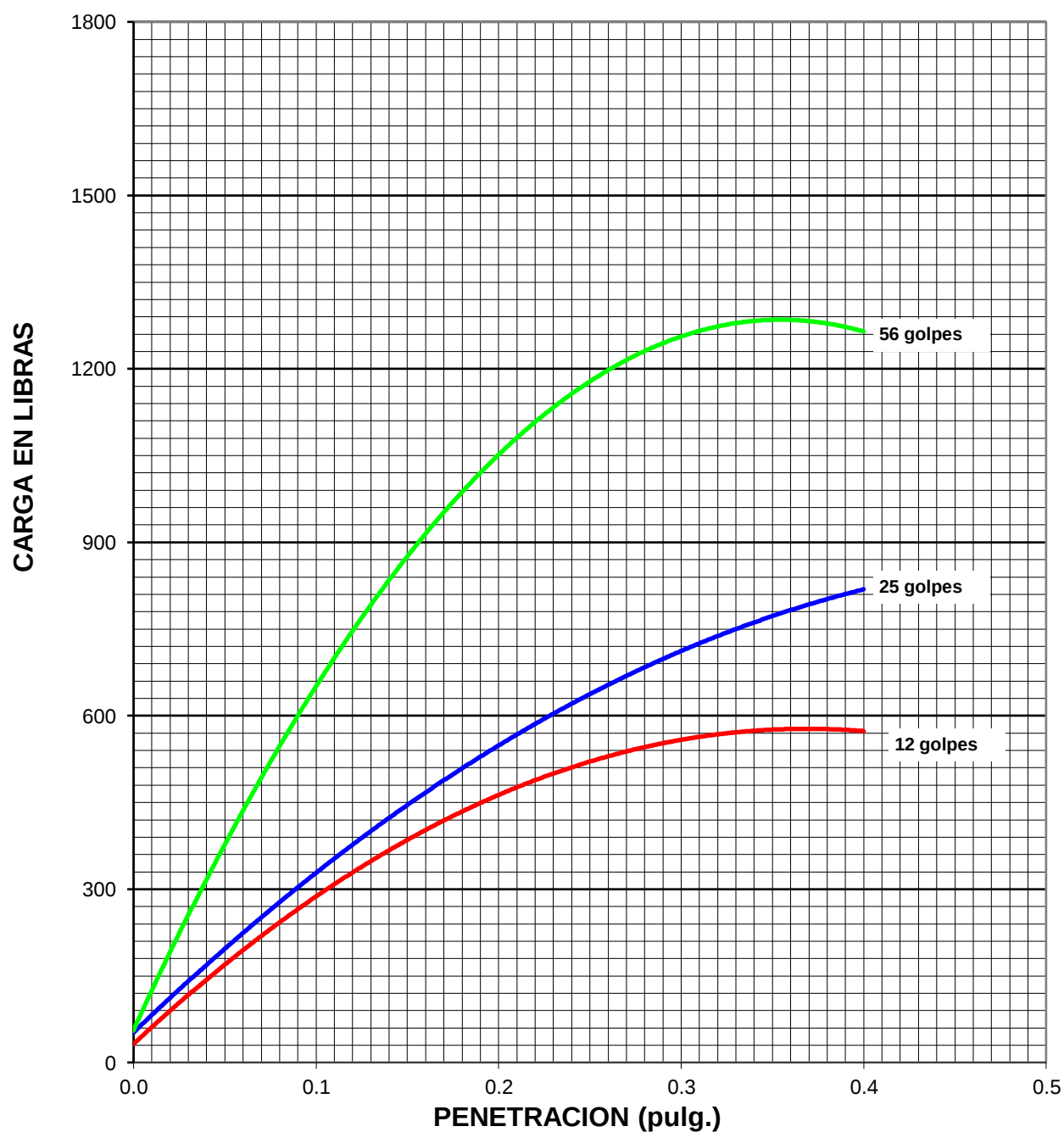
### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

|                                 |                  |         |                    |                  |        |                    |                  |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|--------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| Molde N°                        | 23               |         |                    | 24               |        |                    | 26               |         |                    |
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |        |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |        |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |        | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11250            |         | 11390              | 11360            |        | 11450              | 10860            |         | 11180              |
| Peso del Molde                  | 6740             |         | 6740               | 6840             |        | 6840               | 6180             |         | 6180               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4510             |         | 4650               | 4520             |        | 4610               | 4680             |         | 5000               |
| Volumen de la Muestra           | 2128             |         | 2128               | 2093             |        | 2093               | 2123             |         | 2123               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2,119            |         | 2,185              | 2,160            |        | 2,203              | 2,204            |         | 2,355              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 1                |         | 3                  | 10               |        | 11                 | 14               |         | 8                  |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 100,20           |         | 116,90             | 103,70           |        | 114,50             | 90,50            |         | 126,50             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 95,45            |         | 110,00             | 98,70            |        | 107,50             | 86,30            |         | 118,50             |
| Peso del Agua                   | 4,75             |         | 6,90               | 5,00             |        | 7,00               | 4,20             |         | 8,00               |
| Peso de la Lata                 | 15,60            |         | 15,40              | 15,00            |        | 15,35              | 15,35            |         | 15,45              |
| Peso de la Muestra Seca         | 79,85            |         | 94,60              | 83,70            |        | 92,15              | 70,95            |         | 103,05             |
| Contenido de Humedad %          | 5,95             |         | 5.98               | 5,97             |        | 5.90               | 5,92             |         | 5.88               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5,95             |         |                    | 5,97             |        |                    | 5,92             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 2,000            |         |                    | 2,038            |        |                    | 2,076            |         |                    |

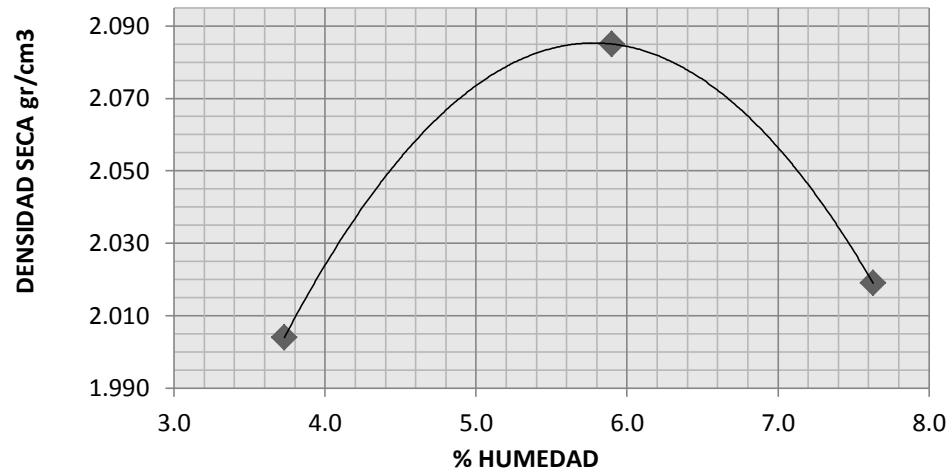
### C.B.R.

| PENETRACION |       | Carga Norma<br>1<br>Kg/cm<br>2 | MOLDE N°1    |     |                   |      | MOLDE N°2    |        |                   | MOLDE N°3    |     |        |                |      |
|-------------|-------|--------------------------------|--------------|-----|-------------------|------|--------------|--------|-------------------|--------------|-----|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.   |                                | Carga Ensayo |     | C.B.R.<br>Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R.<br>Correg. | Carga Ensayo |     |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |       |                                | Dial         | Kg  | Kg                | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2            | %            | Kg. | Kg/cm2 | Kg/c<br>m2     | %    |
| 0,025       | 0,64  |                                | 7            | 113 |                   |      | 9            | 145    |                   |              | 14  | 226    |                |      |
| 0,050       | 1,27  |                                | 10           | 161 |                   |      | 12           | 194    |                   |              | 22  | 355    |                |      |
| 0,075       | 1,91  |                                | 15           | 371 |                   |      | 16           | 258    |                   |              | 35  | 565    |                |      |
| 0,1"        | 2,54  | 1360                           | 21           | 339 |                   | 25   | 26           | 419    |                   | 30.9         | 46  | 742    |                | 54.8 |
| 0,2"        | 5,10  | 2040                           | 28           | 452 |                   | 22.2 | 33           | 532    |                   | 26.2         | 65  | 1045   |                | 51.4 |
| 0,3"        | 7,60  |                                | 32           | 516 |                   |      | 40           | 645    |                   |              | 72  | 1152   |                |      |
| 0,4"        | 10,20 |                                | 37           | 597 |                   |      | 53           | 855    |                   |              | 83  | 1318   |                |      |
| 0,5"        | 12,70 |                                | 45           | 726 |                   |      | 61           | 984    |                   |              | 102 | 1609   |                |      |

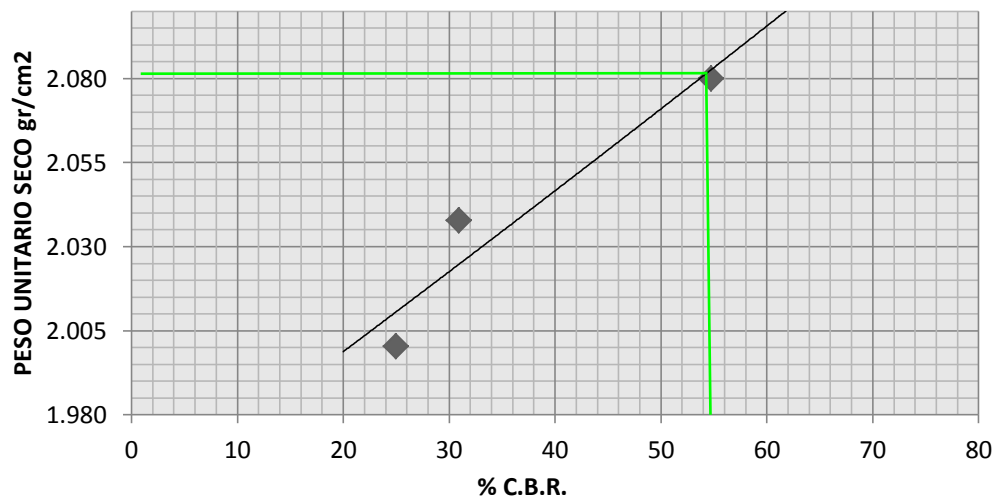
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



### DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

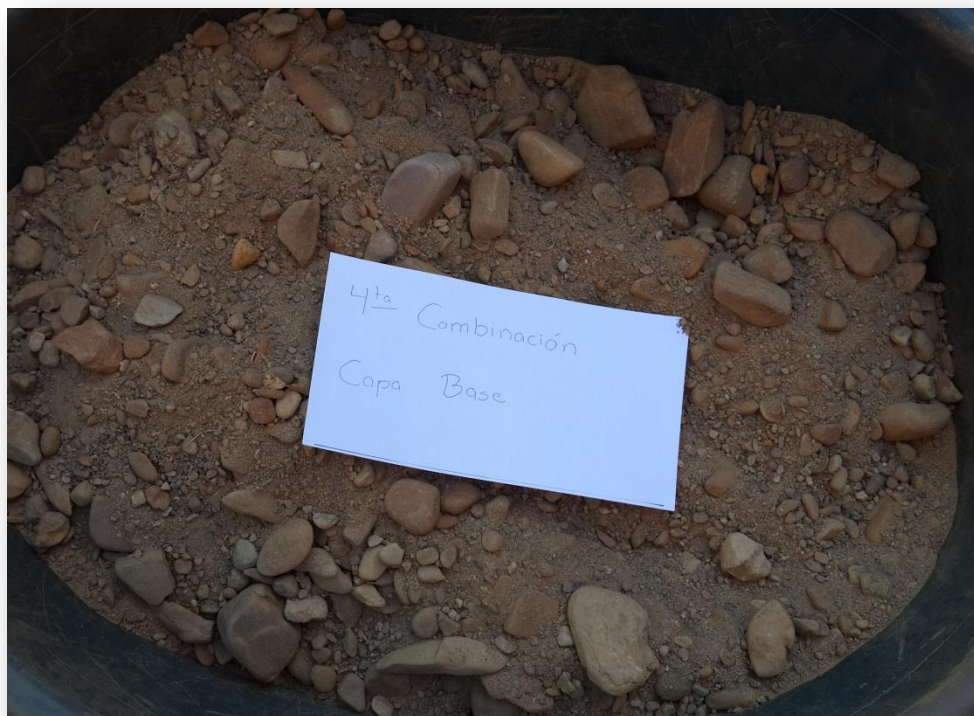


### CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



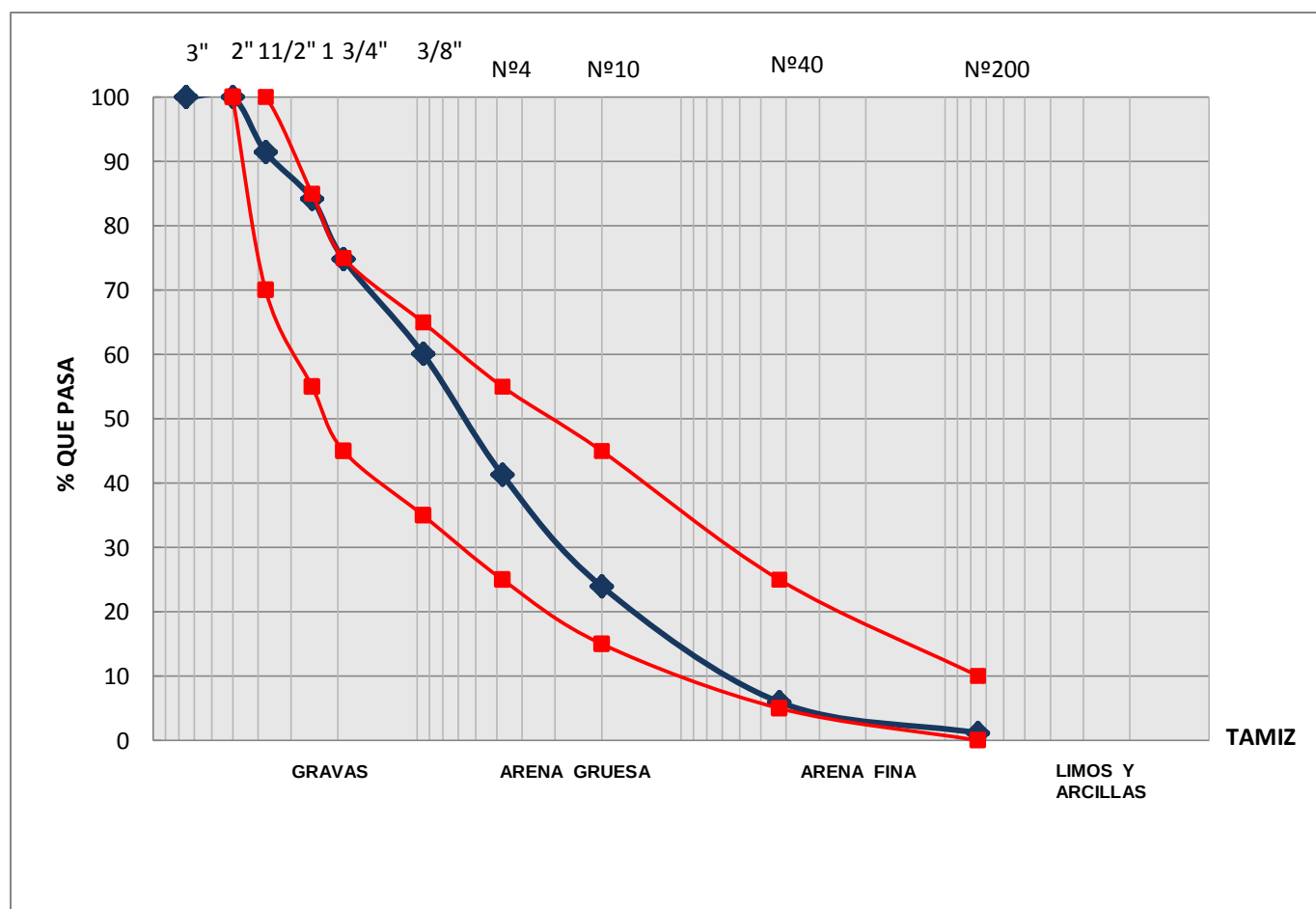
Al 95% Dmax.= 1,976

### CUARTA COMBINACIÓN.



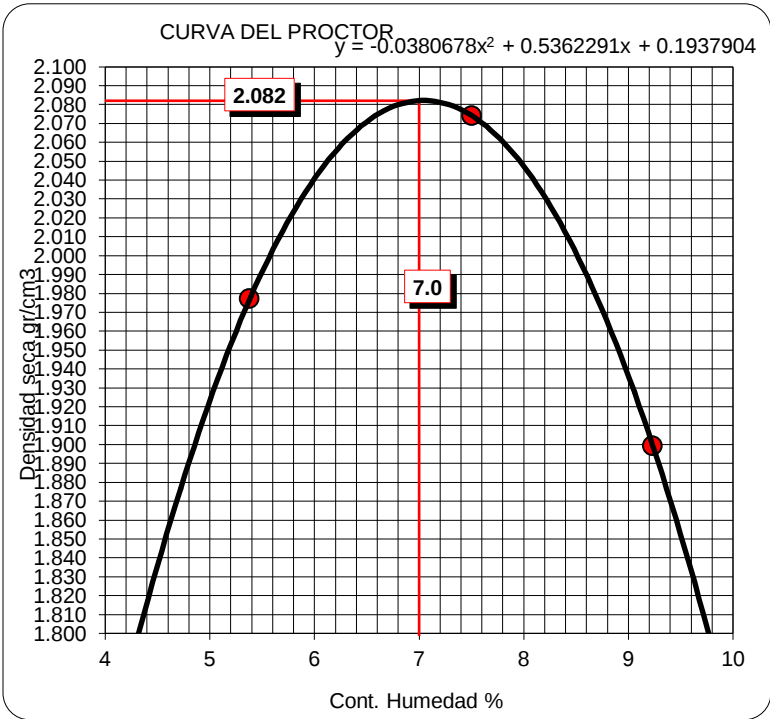
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 426.00    | 426.00    | 8.52  | <b>91.48</b>  |
| 1"                                     | 25,00  | 365.00    | 791.00    | 15.82 | <b>84.18</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 468.00    | 1259.00   | 25.18 | <b>74.82</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 736.40    | 1995.40   | 39.91 | <b>60.09</b>  |
| Nº4                                    | 4,75   | 941.00    | 2936.40   | 58.73 | <b>41.27</b>  |
| Nº10                                   | 2,00   | 866.00    | 3802.40   | 76.05 | <b>23.95</b>  |
| Nº40                                   | 0,425  | 899.00    | 4701.40   | 94.03 | <b>5.97</b>   |
| Nº200                                  | 0,075  | 241.00    | 4942.40   | 98.85 | <b>1.15</b>   |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 6      | 14     | 20     |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 125.60 | 130.20 | 132.30 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 120.80 | 123.40 | 124.80 |
| Peso del agua                                | 4.80   | 6.80   | 7.50   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 31.60  | 32.80  | 43.60  |
| Humedad (%)                                  | 5.38   | 7.51   | 9.24   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7770   | 8080   | 7750   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4425   | 4735   | 4405   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.083  | 2.229  | 2.074  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.977  | 2.074  | 1.899  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.082 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 7     | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 4          | 0,00 | 0,00 | 0             | 7 %         | 2.082     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

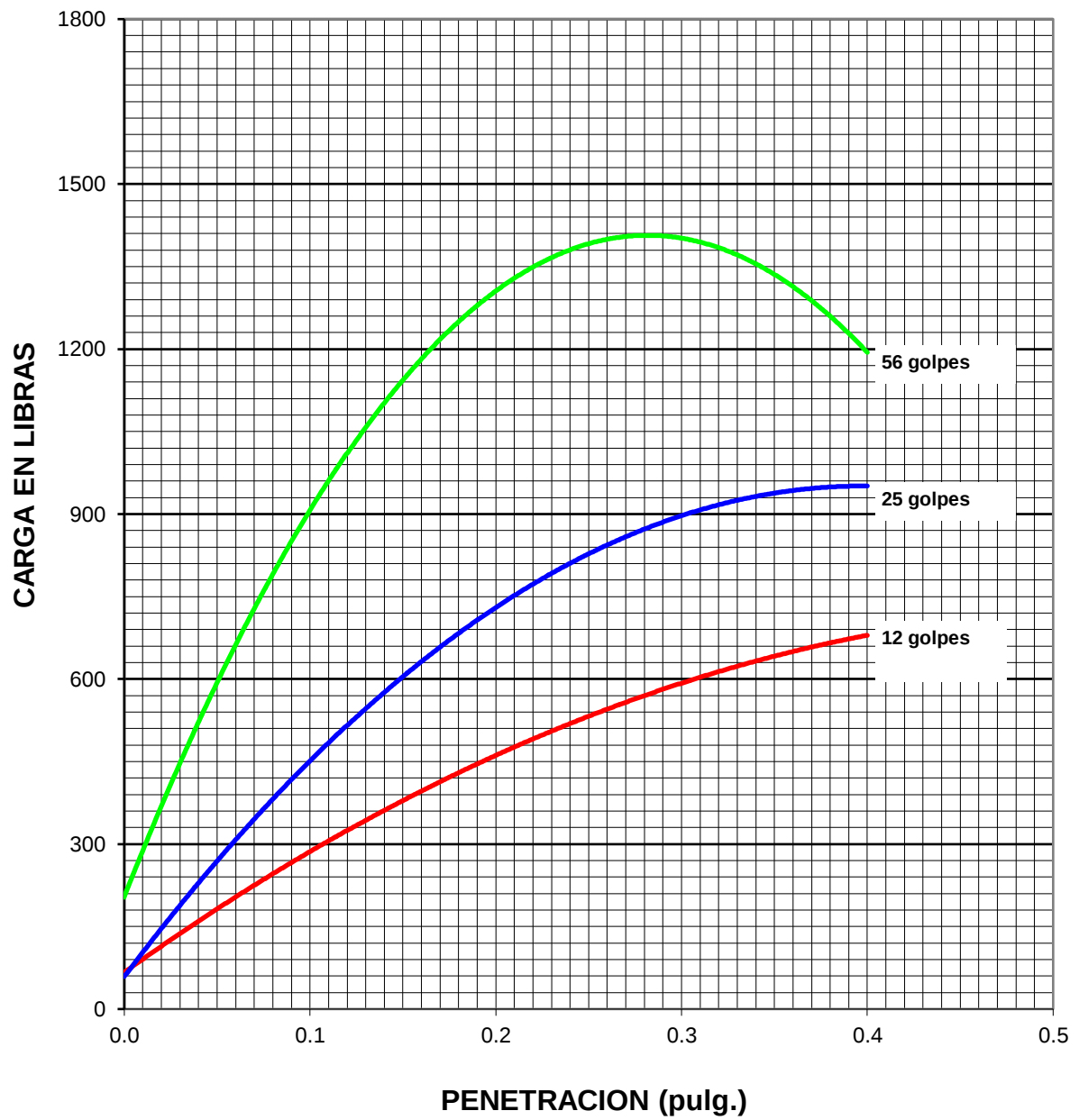
| Molde N°                        | 13               |         |                    | 14               |         |                    | 15               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11210            |         | 11260              | 11215            |         | 11350              | 11300            |         | 11380              |
| Peso del Molde                  | 6570             |         | 6570               | 6455             |         | 6455               | 6555             |         | 6555               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4640             |         | 4690               | 4760             |         | 4895               | 4745             |         | 4825               |
| Volumen de la Muestra           | 2111             |         | 2111               | 2143             |         | 2143               | 2128             |         | 2128               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.198            |         | 2.222              | 2.221            |         | 2.284              | 2.230            |         | 2.267              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 17               |         | 13                 | 10               |         | 6                  | 12               |         | 14                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 98.90            |         | 111.30             | 94.50            |         | 100.20             | 95.30            |         | 103.60             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 95.10            |         | 103.60             | 90.80            |         | 94.30              | 91.60            |         | 97.50              |
| Peso del Agua                   | 3.80             |         | 7.70               | 3.70             |         | 5.90               | 3.70             |         | 6.10               |
| Peso de la Lata                 | 34.23            |         | 32.60              | 31.10            |         | 31.60              | 32.40            |         | 32.80              |
| Peso de la Muestra Seca         | 60.87            |         | 71.00              | 59.70            |         | 62.70              | 59.20            |         | 64.70              |
| Contenido de Humedad %          | 6.71             |         | 6.70               | 6.90             |         | 6.85               | 6.70             |         | 7.00               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 6.71             |         |                    | 6.90             |         |                    | 6.70             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 2.075            |         |                    | 2.080            |         |                    | 2.077            |         |                    |

### C.B.R.

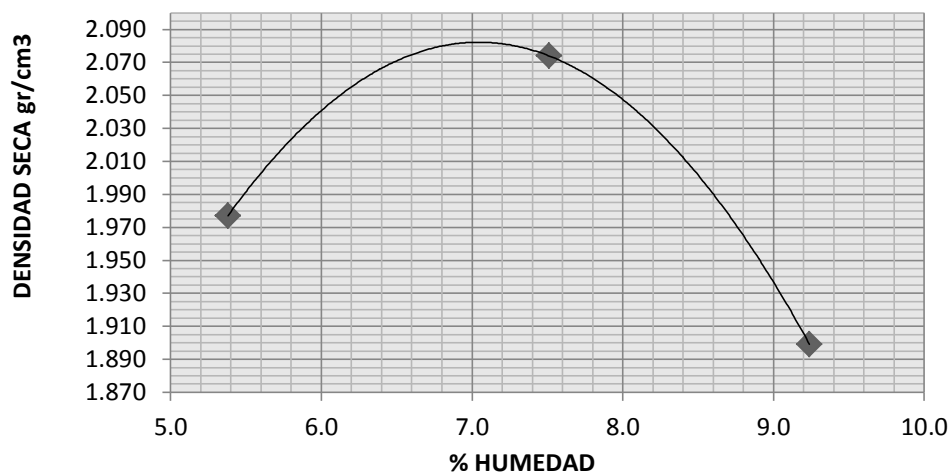
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 9            | 145 |                |      | 12           | 194    |                |      | 22           | 355    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 12           | 194 |                |      | 17           | 274    |                |      | 45           | 726    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 16           | 258 |                |      | 22           | 355    |                |      | 55           | 887    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 22           | 355 |                | 26.2 | 34           | 548    |                | 40.5 | 69           | 1106   |                | 81.6 |

|      |       |  |    |     |  |      |    |      |  |      |    |      |  |      |
|------|-------|--|----|-----|--|------|----|------|--|------|----|------|--|------|
| 0,2" | 5,10  |  | 26 | 419 |  | 20.6 | 41 | 661  |  | 32.5 | 72 | 1152 |  | 56.7 |
| 0,3" | 7,60  |  | 34 | 548 |  |      | 55 | 887  |  |      | 78 | 1242 |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 44 | 710 |  |      | 60 | 968  |  |      | 82 | 1303 |  |      |
| 0,5" | 12,70 |  | 52 | 839 |  |      | 74 | 1182 |  |      | 89 | 1409 |  |      |

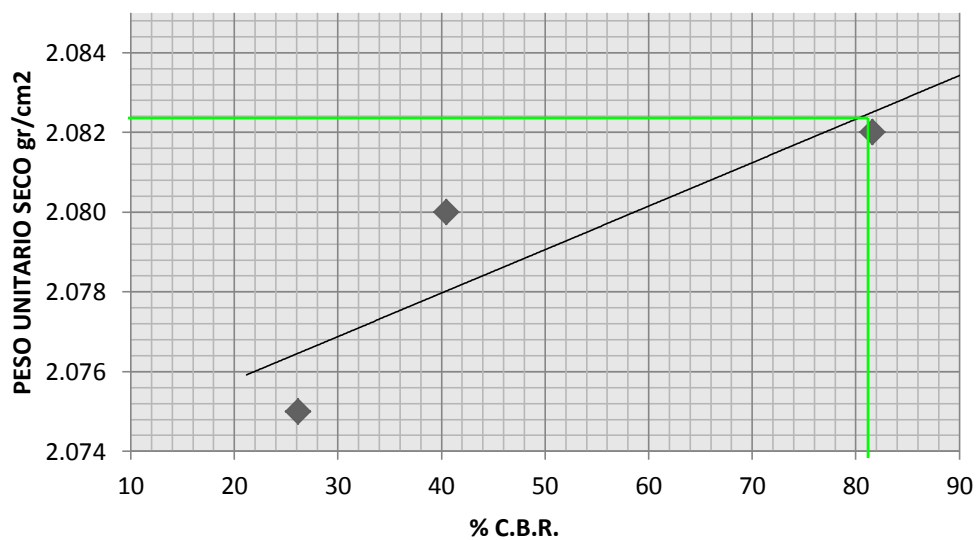
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

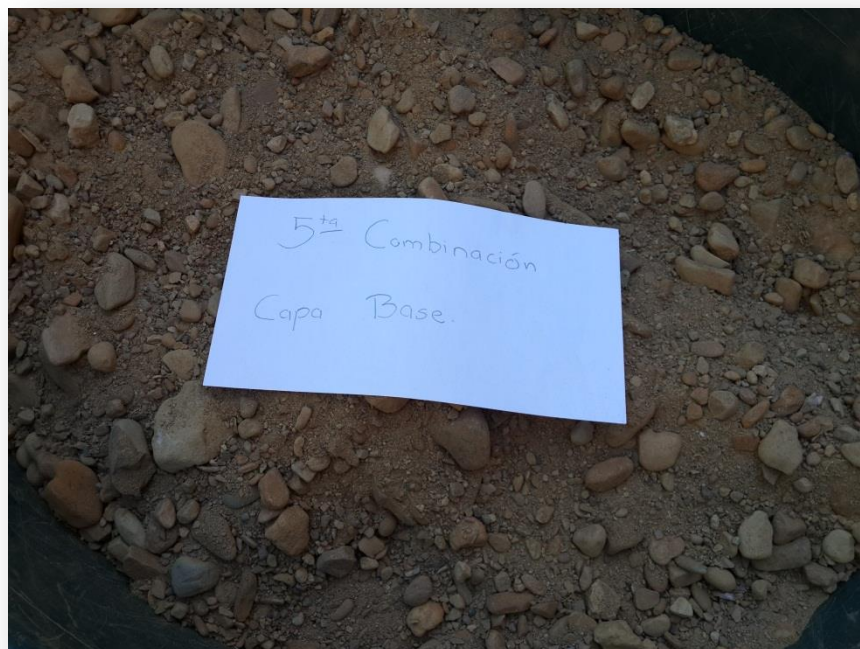


## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



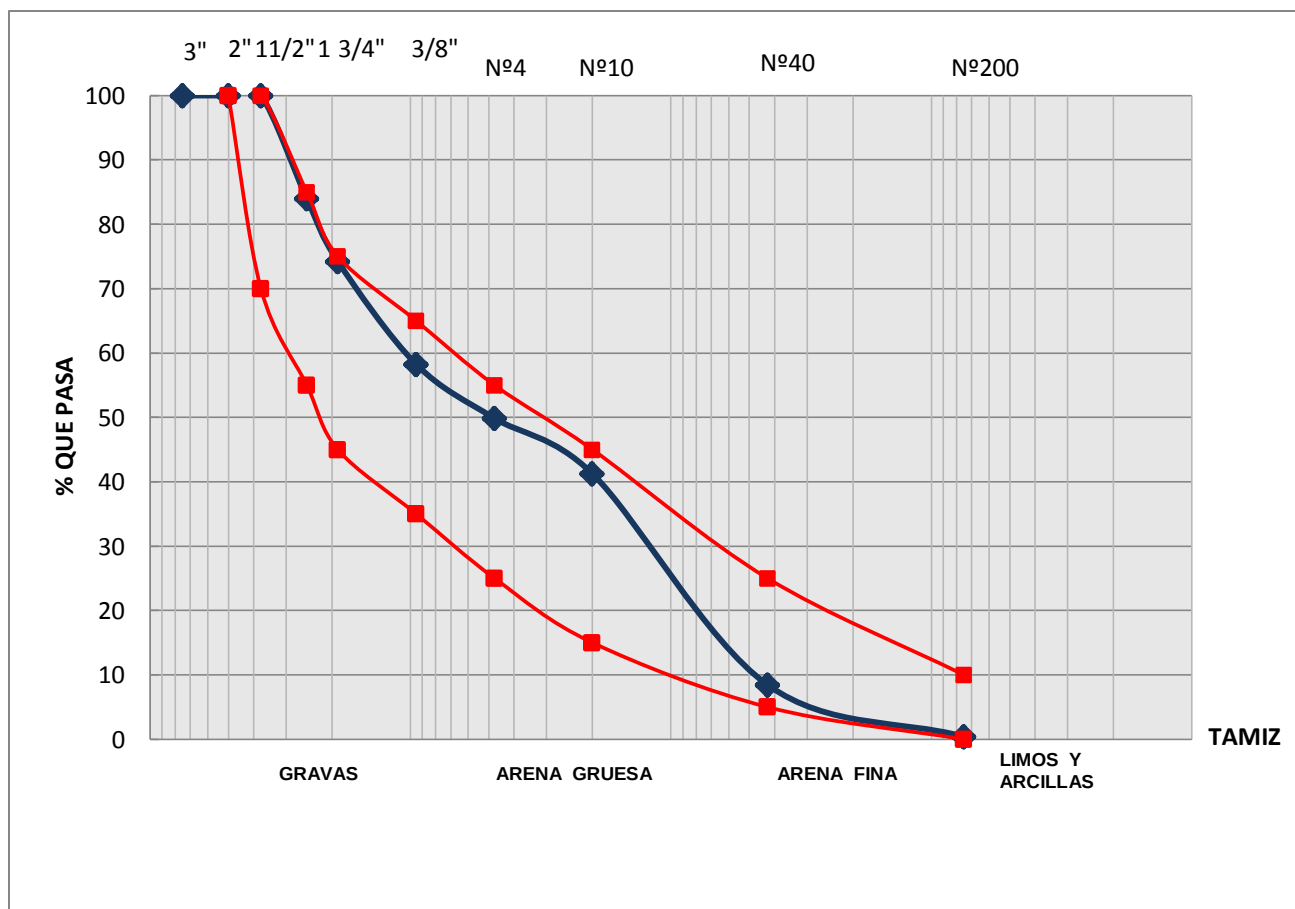
Al 95% Dmax. = 1.9778

### QUINTA COMBINACIÓN.



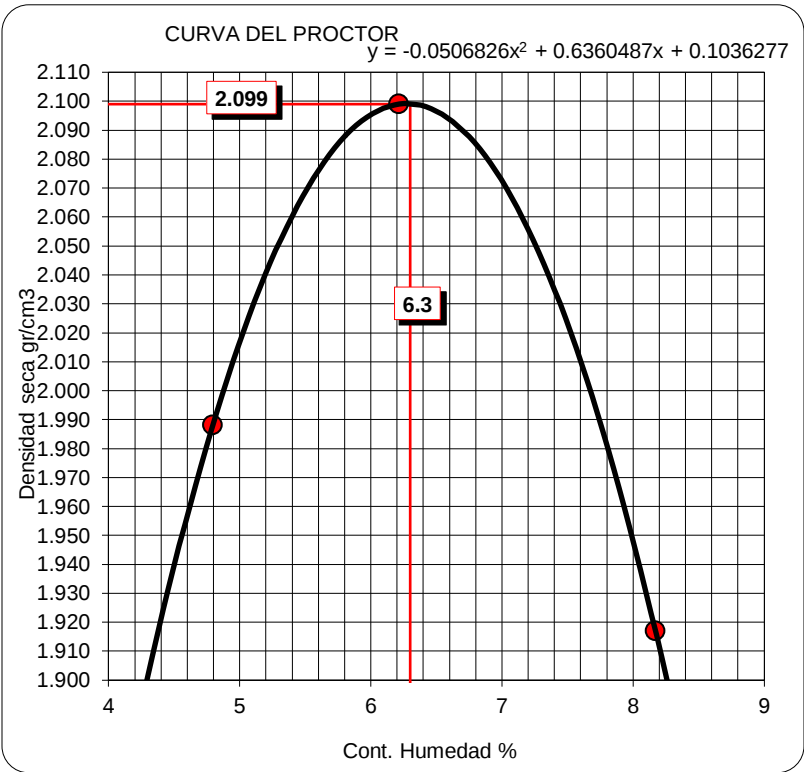
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1"                                     | 25,00  | 801.00    | 801.00    | 16.02 | <b>83.98</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 487.00    | 1288.00   | 25.76 | <b>74.24</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 800.00    | 2088.00   | 41.76 | <b>58.24</b>  |
| Nº4                                    | 4,75   | 420.00    | 2508.00   | 50.16 | <b>49.84</b>  |
| Nº10                                   | 2,00   | 430.00    | 2938.00   | 58.76 | <b>41.24</b>  |
| Nº40                                   | 0,425  | 1640.00   | 4578.00   | 91.56 | <b>8.44</b>   |
| Nº200                                  | 0,075  | 401.00    | 4979.00   | 99.58 | <b>0.42</b>   |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 7      | 6      | 9      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 125.60 | 130.20 | 132.30 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 121.30 | 124.50 | 125.60 |
| Peso del agua                                | 4.30   | 5.70   | 6.70   |
| Peso Recipiente (P3)                         | 31.60  | 32.80  | 43.60  |
| Humedad (%)                                  | 4.79   | 6.22   | 8.17   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7770   | 8080   | 7750   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4425   | 4735   | 4405   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.083  | 2.229  | 2.074  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.988  | 2.099  | 1.917  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.099 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 6.3   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 5          | 0,00 | 0,00 | 0             | 6.3 %       | 2.1       |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

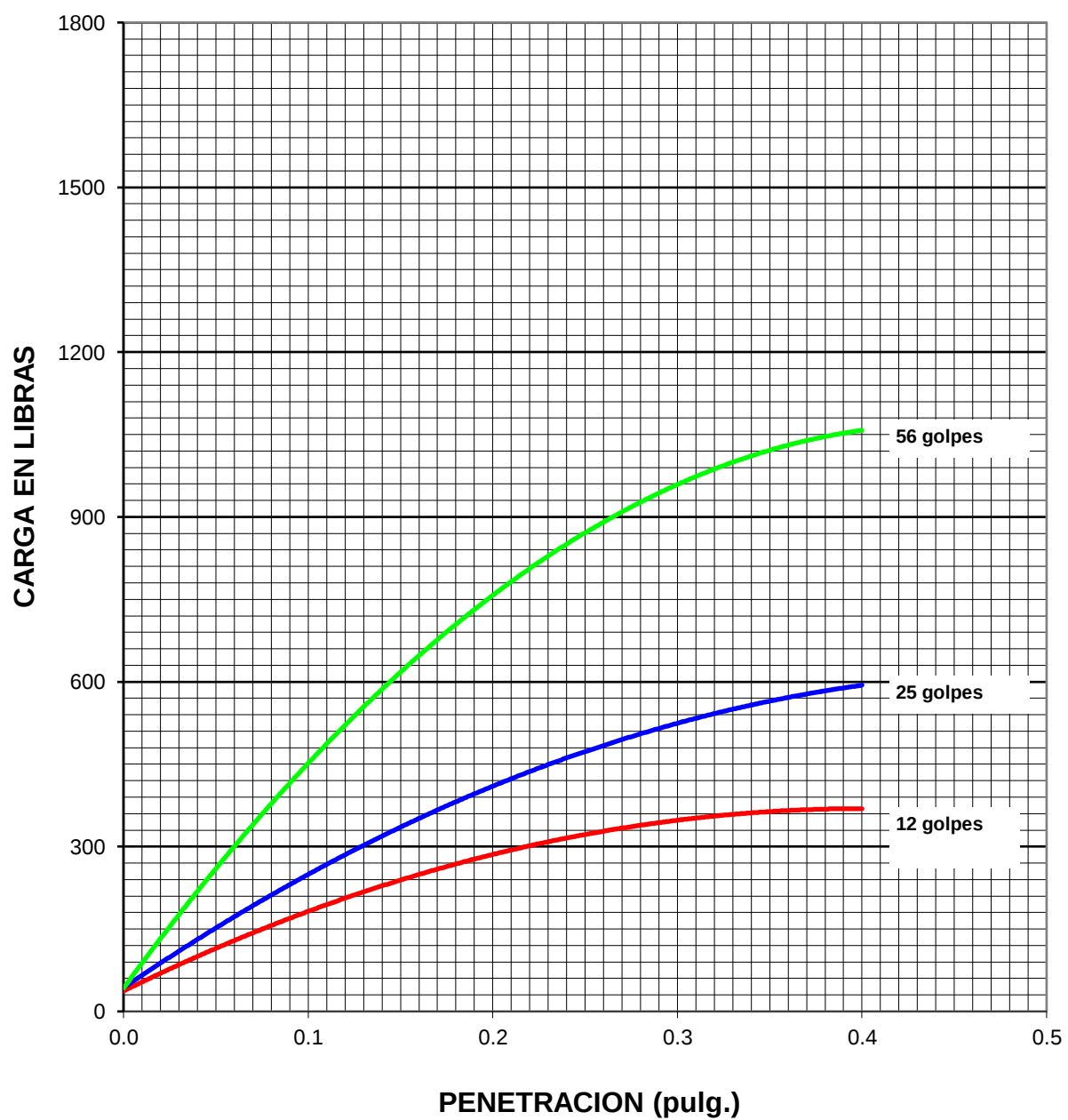
| Molde N°                        | 14               |         |                    | 15               |         |                    | 16               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11210            |         | 11260              | 11215            |         | 11350              | 11300            |         | 11380              |
| Peso del Molde                  | 6570             |         | 6570               | 6455             |         | 6455               | 6555             |         | 6555               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4640             |         | 4690               | 4760             |         | 4895               | 4745             |         | 4825               |
| Volumen de la Muestra           | 2111             |         | 2111               | 2143             |         | 2143               | 2128             |         | 2128               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.198            |         | 2.222              | 2.221            |         | 2.284              | 2.230            |         | 2.267              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 17               |         | 13                 | 10               |         | 6                  | 12               |         | 14                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 98.90            |         | 111.30             | 94.50            |         | 100.20             | 95.30            |         | 103.60             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 95.10            |         | 103.60             | 90.80            |         | 94.30              | 91.60            |         | 97.50              |
| Peso del Agua                   | 3.80             |         | 7.70               | 3.70             |         | 5.90               | 3.70             |         | 6.10               |
| Peso de la Lata                 | 34.23            |         | 32.60              | 31.10            |         | 31.60              | 32.40            |         | 32.80              |
| Peso de la Muestra Seca         | 60.87            |         | 71.00              | 59.70            |         | 62.70              | 59.20            |         | 64.70              |
| Contenido de Humedad %          | 6.24             |         | 10.85              | 6.20             |         | 9.41               | 6.25             |         | 9.43               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 6.24             |         |                    | 6.20             |         |                    | 6.25             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 2.069            |         |                    | 2.092            |         |                    | 2.099            |         |                    |

### C.B.R.

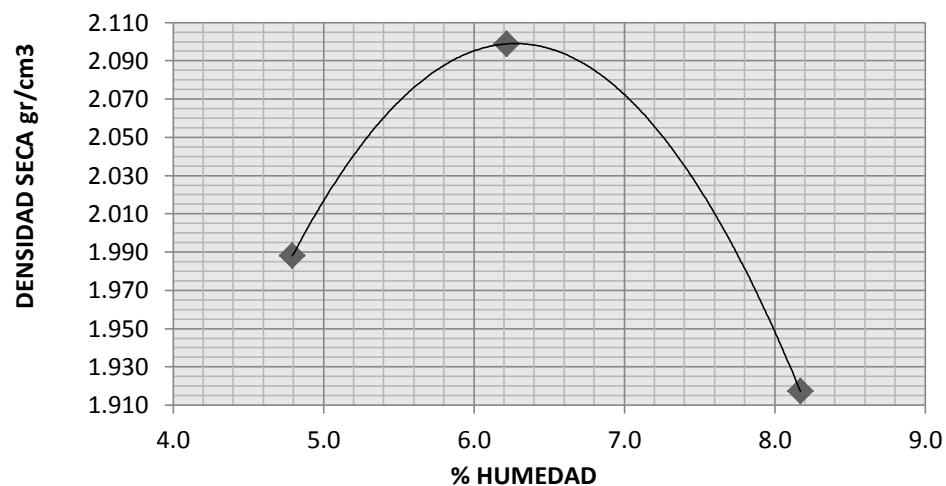
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 5            | 81  |                |      | 7            | 113    |                |      | 10           | 161    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 8            | 129 |                |      | 9            | 145    |                |      | 15           | 242    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 10           | 161 |                |      | 14           | 226    |                |      | 23           | 371    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 14           | 226 |                | 16.7 | 19           | 306    |                | 22.6 | 34           | 548    |                | 40.5 |

|      |       |  |    |     |  |      |    |     |  |      |    |      |  |      |
|------|-------|--|----|-----|--|------|----|-----|--|------|----|------|--|------|
| 0,2" | 5,10  |  | 16 | 258 |  | 12.7 | 23 | 371 |  | 18.3 | 45 | 726  |  | 35.7 |
| 0,3" | 7,60  |  | 20 | 323 |  |      | 31 | 500 |  |      | 56 | 903  |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 24 | 387 |  |      | 38 | 613 |  |      | 68 | 1091 |  |      |
| 0,5" | 12,70 |  | 32 | 516 |  |      | 45 | 726 |  |      | 82 | 1303 |  |      |

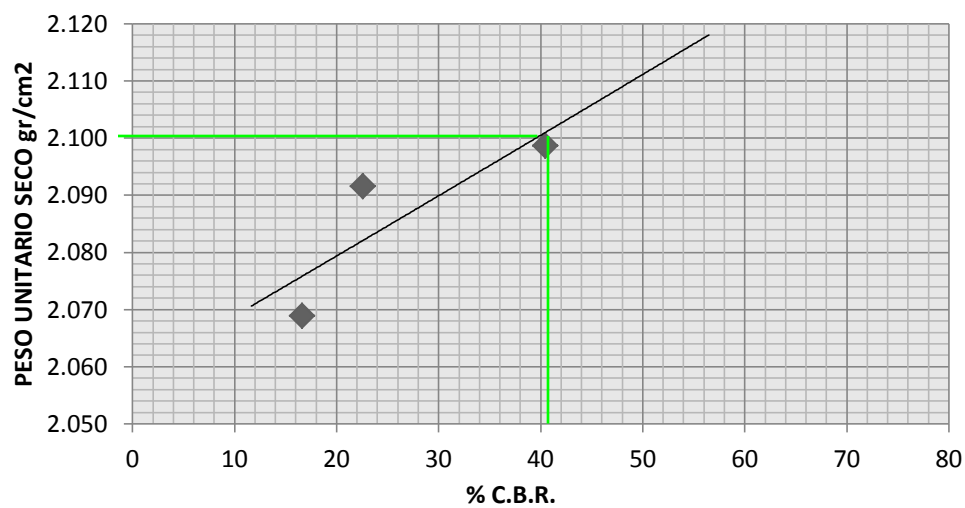
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



Al 95% Dmax.= 1.995

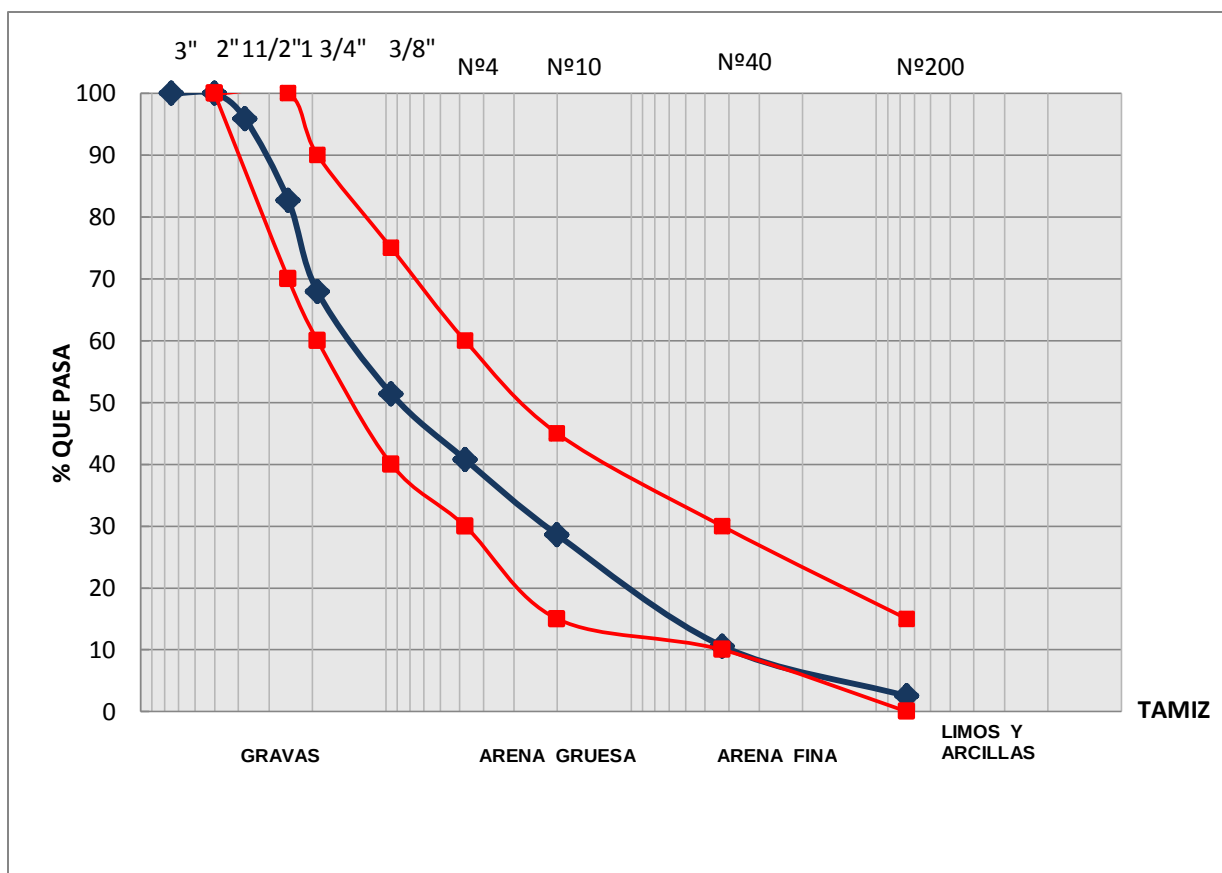
## ENSAYOS DE LABORATORIO PARA COMBINACIONES CAPA BASE CON MATERIAL CHANCADO.

### PRIMERA COMBINACIÓN.



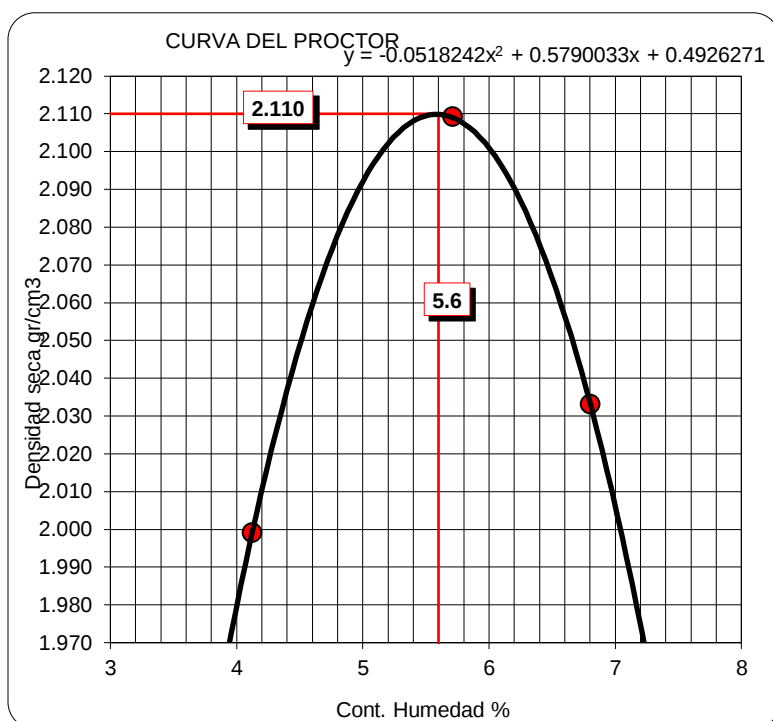
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 205.00    | 205.00    | 4.10  | <b>95.90</b>  |
| 1"                                     | 25,00  | 660.00    | 865.00    | 17.30 | <b>82.70</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 740.00    | 1605.00   | 32.10 | <b>67.90</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 825.00    | 2430.00   | 48.60 | <b>51.40</b>  |
| Nº4                                    | 4,75   | 530.00    | 2960.00   | 59.20 | <b>40.80</b>  |
| Nº10                                   | 2,00   | 610.00    | 3570.00   | 71.40 | <b>28.60</b>  |
| Nº40                                   | 0,425  | 900.00    | 4470.00   | 89.40 | <b>10.60</b>  |
| Nº200                                  | 0,075  | 405.00    | 4875.00   | 97.50 | <b>2.50</b>   |



**PROCTOR MODIFICADO T-180:**

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 1      | 2      | 3      |
| Molde No                                     | 56     | 56     | 56     |
| No de Capas                                  | 1      | 1      | 1      |
| Recipiente No                                | 5      | 5      | 5      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 1      | 2      | 3      |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 365.20 | 381.30 | 390.50 |
| Peso del agua                                | 354.80 | 366.50 | 372.00 |
| Peso Recipiente (P3)                         | 10.40  | 14.80  | 18.50  |
| Humedad (%)                                  | 102.60 | 107.50 | 100.10 |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 4.12   | 5.71   | 6.80   |
| Peso molde . grs                             | 7765   | 8080   | 7958   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 3345   | 3345   | 3345   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 4420   | 4735   | 4613   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 2.081  | 2.229  | 2.172  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.110 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5.6   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 1          | 0,00 | 0,00 | 0             | 5.6 %       | 2.110     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

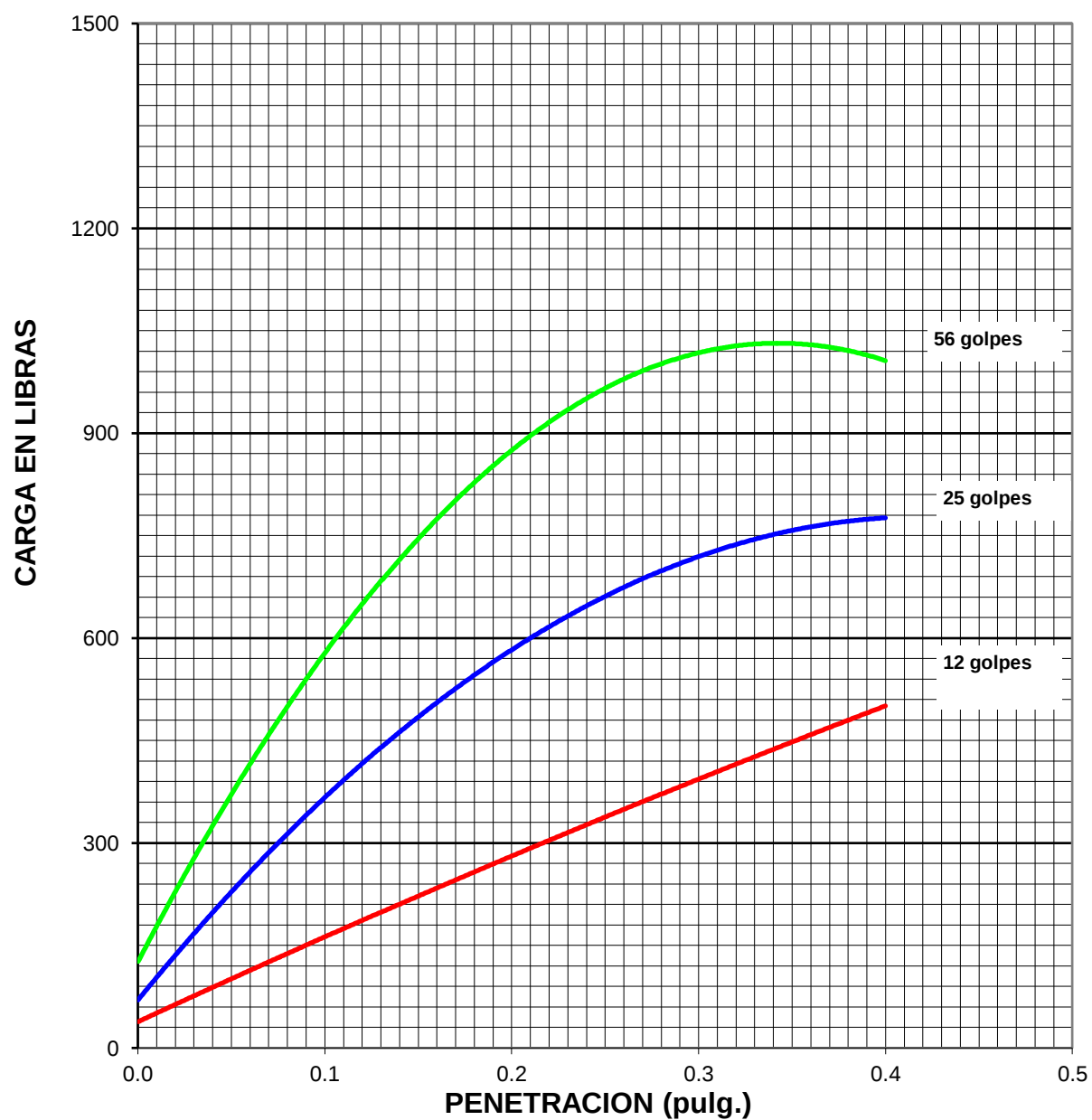
| Molde N°                        |                  |         |                    |                  |         |                    |                  |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 10875            |         | 10920              | 11020            |         | 11090              | 11130            |         | 11210              |
| Peso del Molde                  | 6455             |         | 6455               | 6565             |         | 6565               | 6550             |         | 6550               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4420             |         | 4465               | 4455             |         | 4525               | 4580             |         | 4660               |
| Volumen de la Muestra           | 2072.23          |         | 2072.23            | 2063.18          |         | 2063.18            | 2062.13          |         | 2062.13            |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.133            |         | 2.155              | 2.159            |         | 2.193              | 2.221            |         | 2.260              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 100              |         | 101                | 102              |         | 103                | 104              |         | 105                |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 102.30           |         | 88.60              | 99.60            |         | 103.60             | 110.20           |         | 92.50              |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 98.55            |         | 84.60              | 96.10            |         | 98.60              | 106.00           |         | 88.20              |
| Peso del Agua                   | 3.75             |         | 4.00               | 3.50             |         | 5.00               | 4.20             |         | 4.30               |
| Peso de la Lata                 | 31.20            |         | 31.33              | 32.60            |         | 31.23              | 30.55            |         | 31.60              |
| Peso de la Muestra Seca         | 67.35            |         | 53.27              | 63.50            |         | 67.37              | 75.45            |         | 56.60              |
| Contenido de Humedad %          | 5.57             |         | 7.51               | 5.51             |         | 7.42               | 5.57             |         | 7.60               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5.57             |         |                    | 5.51             |         |                    | 5.57             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 2.020            |         |                    | 2.046            |         |                    | 2.104            |         |                    |

### C.B.R.

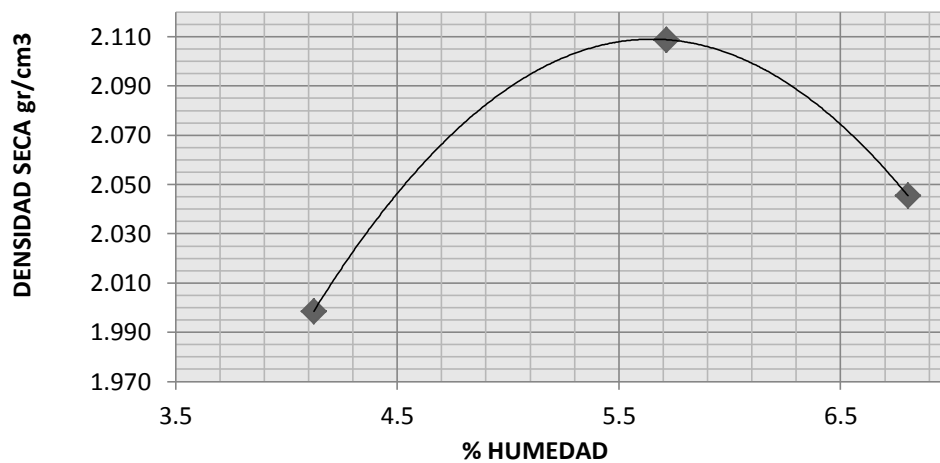
| PENETRACION |      | Carga Normal<br>Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                   |      | MOLDE N°2    |        |                   |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|------------------------|--------------|-----|-------------------|------|--------------|--------|-------------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                        | Carga Ensayo |     | C.B.R.<br>Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R.<br>Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                        | Dial         | Kg  | Kg                | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2            | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                        | 5            | 81  |                   |      | 10           | 161    |                   |      | 18           | 290    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                        | 7            | 113 |                   |      | 15           | 242    |                   |      | 25           | 403    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                        | 9            | 145 |                   |      | 22           | 355    |                   |      | 33           | 532    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                        | 12           | 194 |                   | 14.3 | 26           | 419    |                   | 30.9 | 42           | 677    |                | 50.0 |

|      |       |  |    |     |  |      |    |     |  |      |    |      |  |      |
|------|-------|--|----|-----|--|------|----|-----|--|------|----|------|--|------|
| 0,2" | 5,10  |  | 16 | 258 |  | 12.7 | 33 | 532 |  | 26.2 | 50 | 806  |  | 39.7 |
| 0,3" | 7,60  |  | 23 | 371 |  |      | 42 | 677 |  |      | 58 | 935  |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 32 | 516 |  |      | 50 | 806 |  |      | 66 | 1061 |  |      |
| 0,5" | 12,70 |  | 38 | 613 |  |      | 58 | 935 |  |      | 71 | 1136 |  |      |

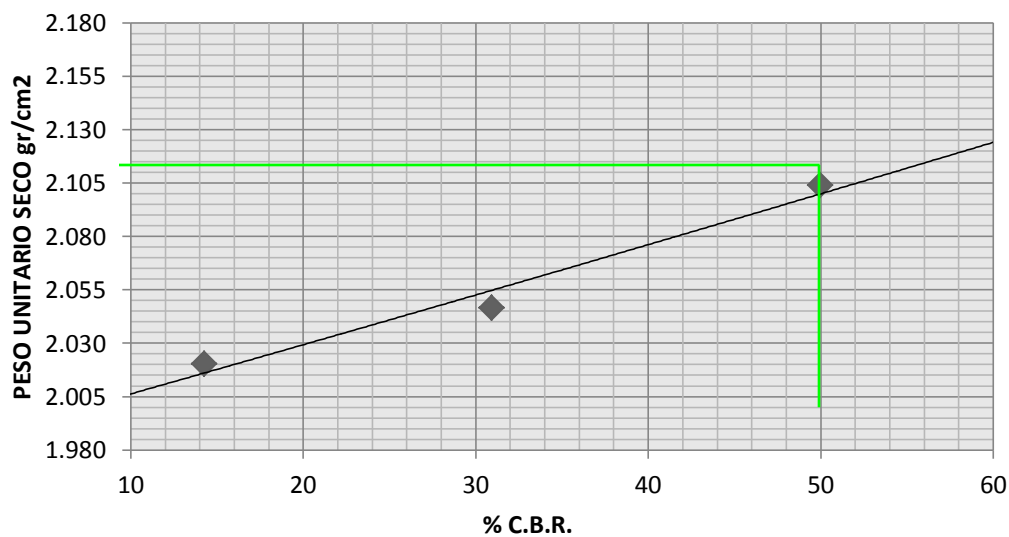
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

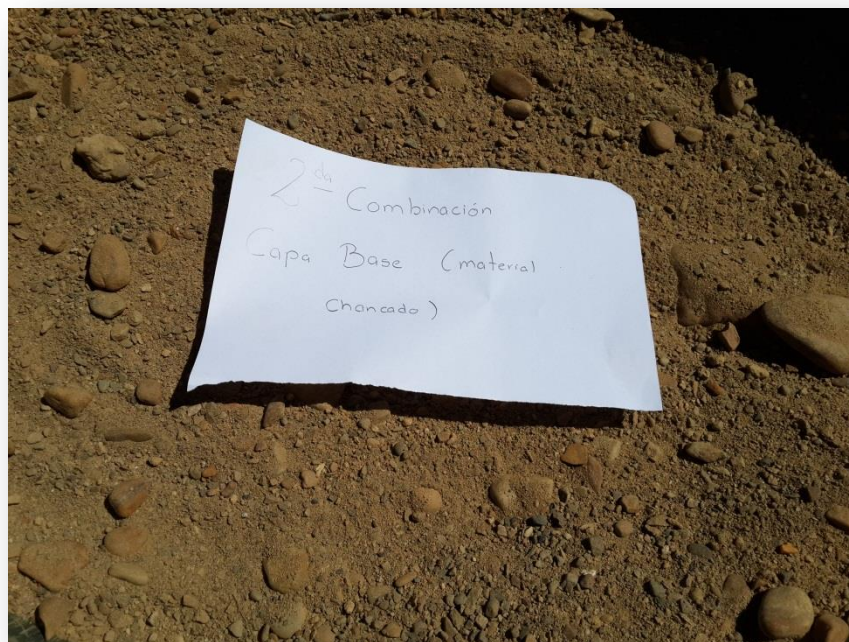


## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



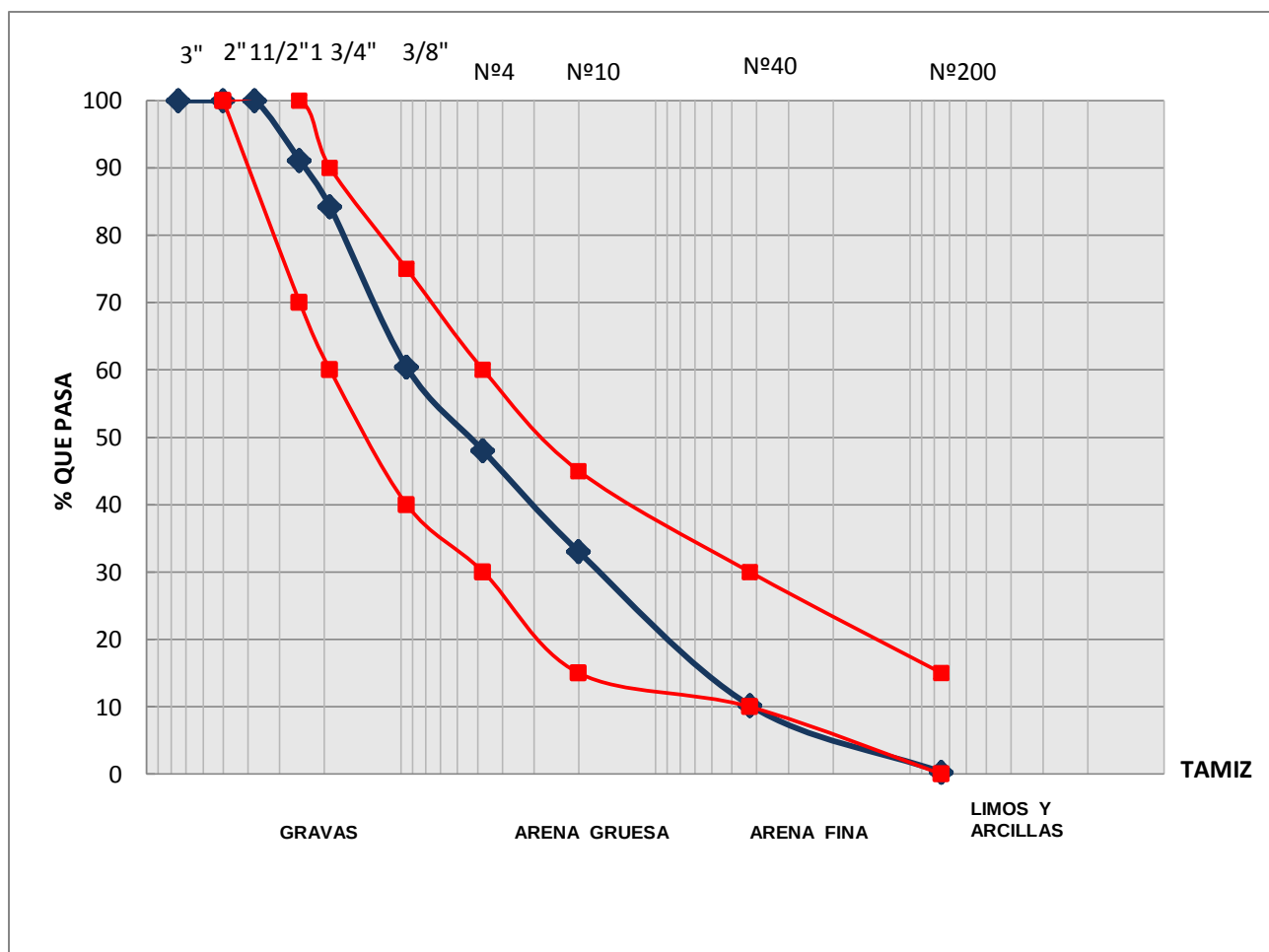
Al 95% Dmax.= 2.0045

## SEGUNDA COMBINACIÓN.



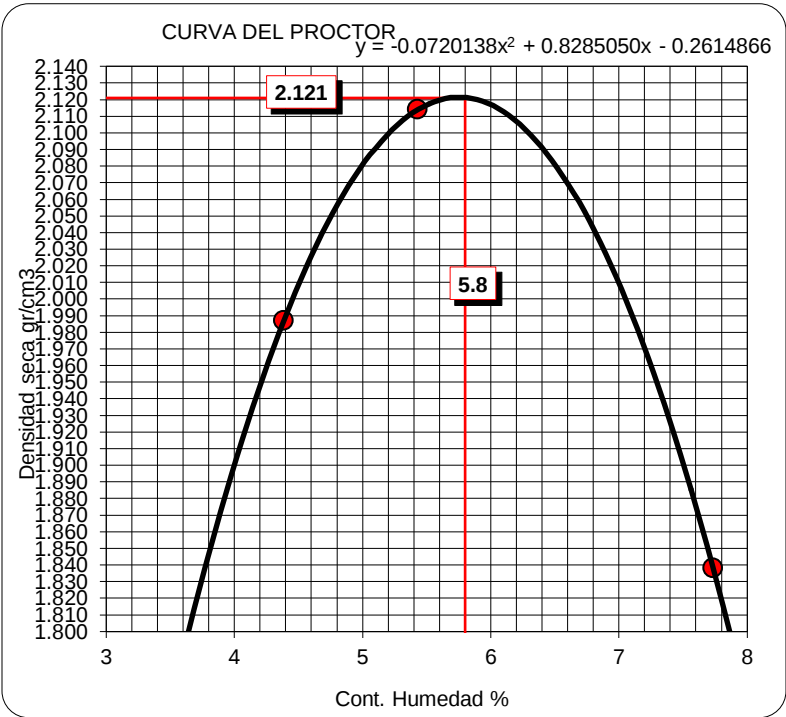
## GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1"                                     | 25,00  | 445.00    | 445.00    | 8.90  | 91.10      |
| 3/4"                                   | 19,00  | 345.00    | 790.00    | 15.80 | 84.20      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 1190.00   | 1980.00   | 39.60 | 60.40      |
| Nº4                                    | 4,75   | 620.00    | 2600.00   | 52.00 | 48.00      |
| Nº10                                   | 2,00   | 750.00    | 3350.00   | 67.00 | 33.00      |
| Nº40                                   | 0,425  | 1140.00   | 4490.00   | 89.80 | 10.20      |
| Nº200                                  | 0,075  | 495.00    | 4985.00   | 99.70 | 0.30       |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 2      | 5      | 8      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 350.00 | 326.50 | 300.50 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 340.00 | 315.40 | 287.00 |
| Peso del agua                                | 10.00  | 11.10  | 13.50  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 112.00 | 111.00 | 112.50 |
| Humedad (%)                                  | 4.39   | 5.43   | 7.74   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7750   | 8080   | 7550   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4405   | 4735   | 4205   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.074  | 2.229  | 1.980  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.987  | 2.114  | 1.838  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.121 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5.8   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 2          | 0,00 | 0,00 | 0             | 5.8 %       | 2.12      |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

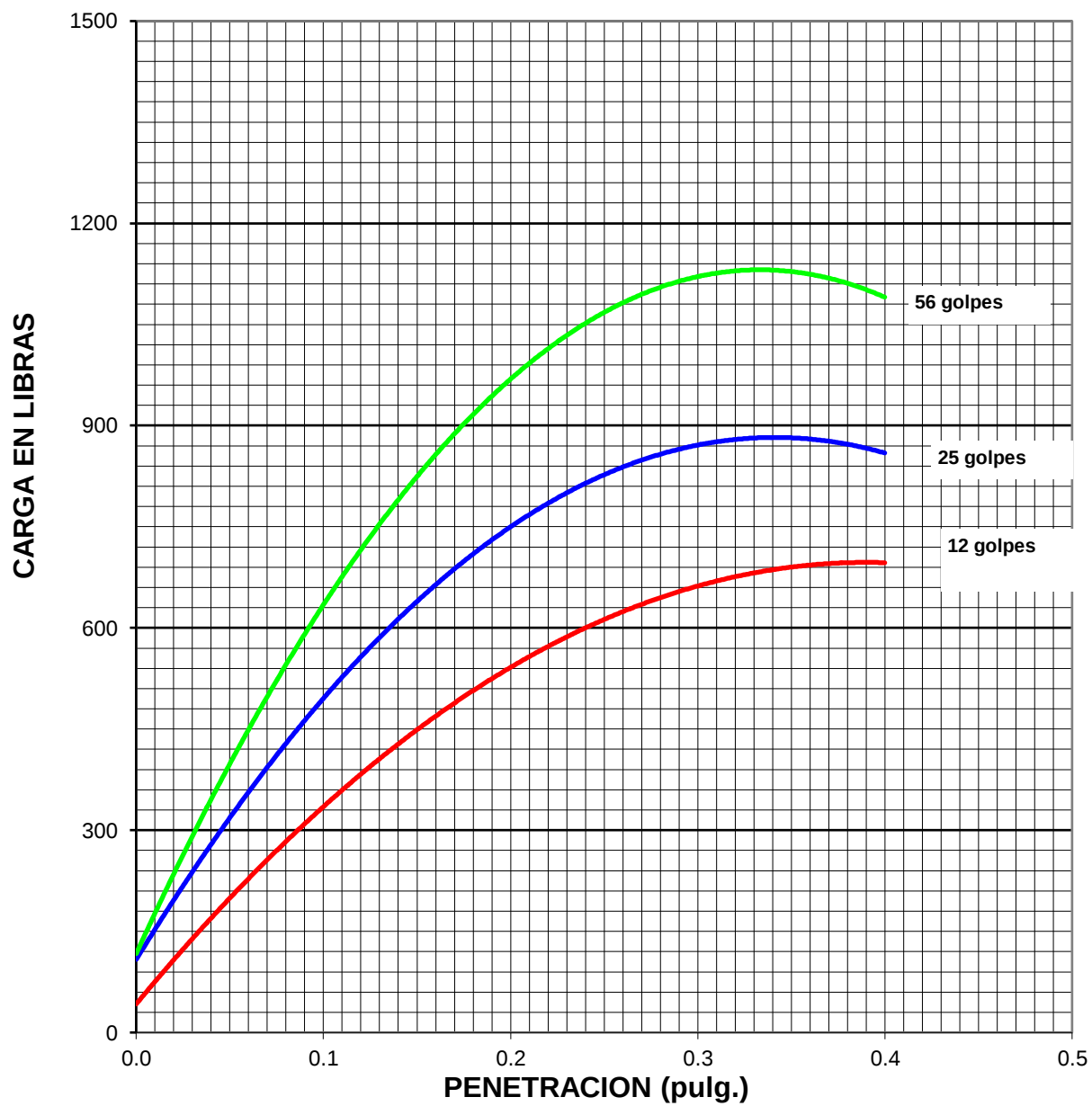
| Molde N°                        | 23               |         |                    | 24               |         |                    | 25               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 10870            |         | 10910              | 11030            |         | 11010              | 11230            |         | 11310              |
| Peso del Molde                  | 6455             |         | 6455               | 6565             |         | 6565               | 6550             |         | 6550               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4415             |         | 4455               | 4465             |         | 4445               | 4680             |         | 4760               |
| Volumen de la Muestra           | 2070             |         | 2070               | 2063             |         | 2063               | 2062             |         | 2062               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.133            |         | 2.152              | 2.164            |         | 2.155              | 2.270            |         | 2.308              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 1                |         | 2                  | 3                |         | 6                  | 8                |         | 10                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 350.00           |         | 300.00             | 289.00           |         | 250.50             | 320.00           |         | 250.00             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 333.00           |         | 287.00             | 275.00           |         | 239.00             | 304.80           |         | 238.00             |
| Peso del Agua                   | 17.00            |         | 13.00              | 14.00            |         | 11.50              | 15.20            |         | 12.00              |
| Peso de la Lata                 | 30.50            |         | 32.00              | 33.00            |         | 31.50              | 30.50            |         | 30.00              |
| Peso de la Muestra Seca         | 302.50           |         | 255.00             | 242.00           |         | 207.50             | 274.30           |         | 208.00             |
| Contenido de Humedad %          | 5.62             |         | 5.10               | 5.79             |         | 5.54               | 5.54             |         | 5.77               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5.62             |         |                    | 5.79             |         |                    | 5.54             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 2.019            |         |                    | 2.041            |         |                    | 2.104            |         |                    |

### C.B.R.

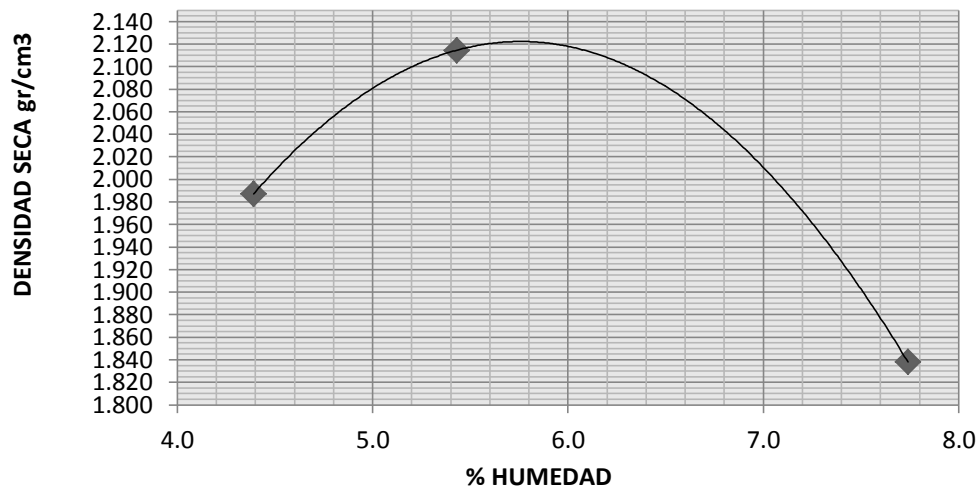
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 8            | 129 |                |      | 15           | 242    |                |      | 18           | 290    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 12           | 194 |                |      | 23           | 371    |                |      | 26           | 419    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 18           | 290 |                |      | 28           | 452    |                |      | 38           | 613    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 25           | 403 |                | 29.8 | 35           | 565    |                | 41.7 | 44           | 710    |                | 52.4 |

|      |       |  |    |     |  |      |    |     |  |      |    |      |  |      |
|------|-------|--|----|-----|--|------|----|-----|--|------|----|------|--|------|
| 0,2" | 5,10  |  | 32 | 516 |  | 25.4 | 43 | 694 |  | 34.1 | 55 | 887  |  | 43.6 |
| 0,3" | 7,60  |  | 38 | 613 |  |      | 50 | 806 |  |      | 66 | 1061 |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 45 | 726 |  |      | 56 | 903 |  |      | 71 | 1136 |  |      |
| 0,5" | 12,70 |  | 48 | 774 |  |      | 60 | 968 |  |      | 79 | 1258 |  |      |

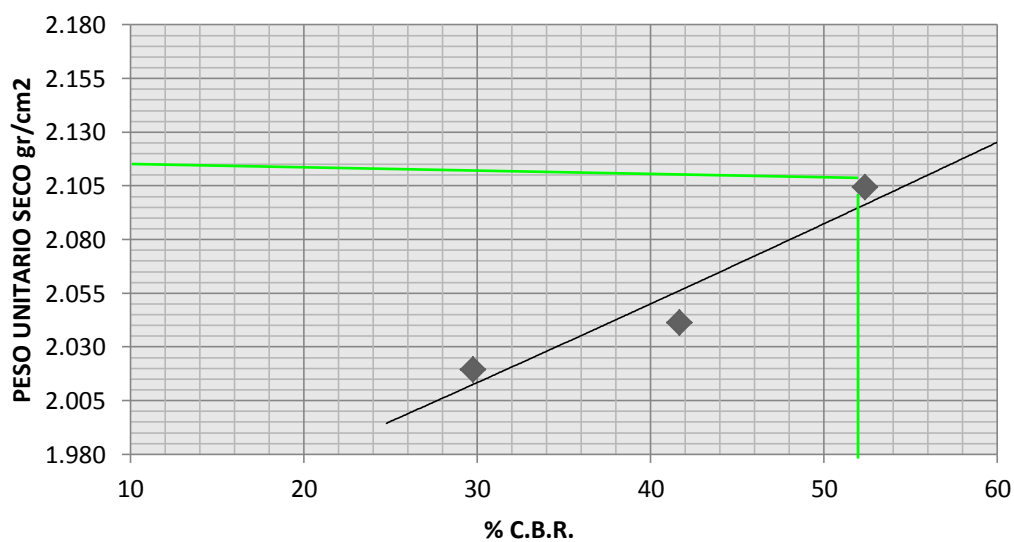
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

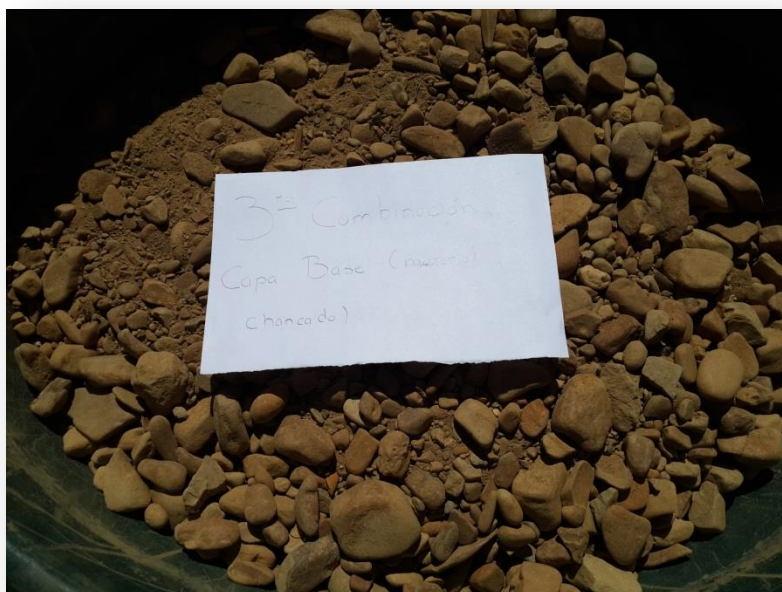


## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



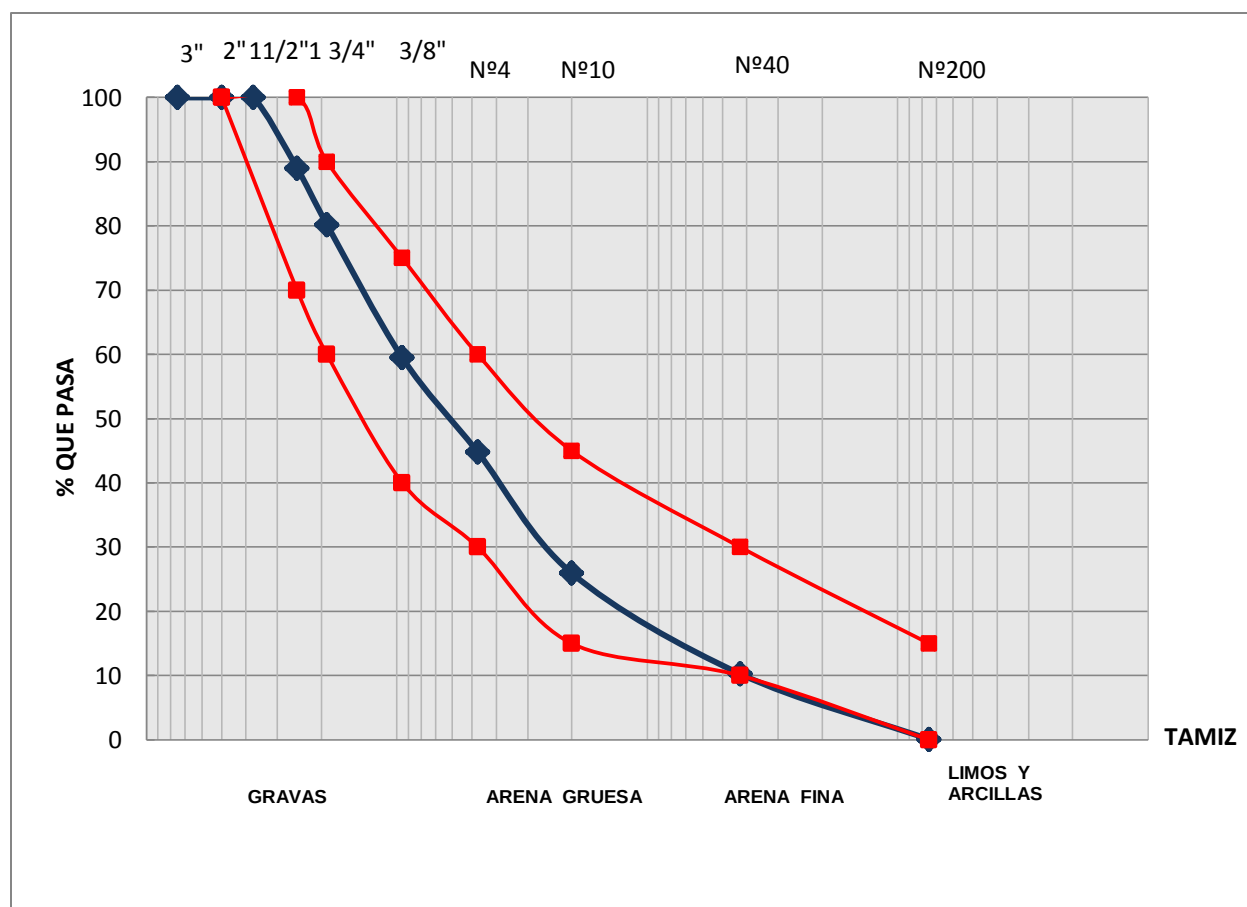
Al 95% Dmax.= 2.014

### TERCERA COMBINACIÓN.



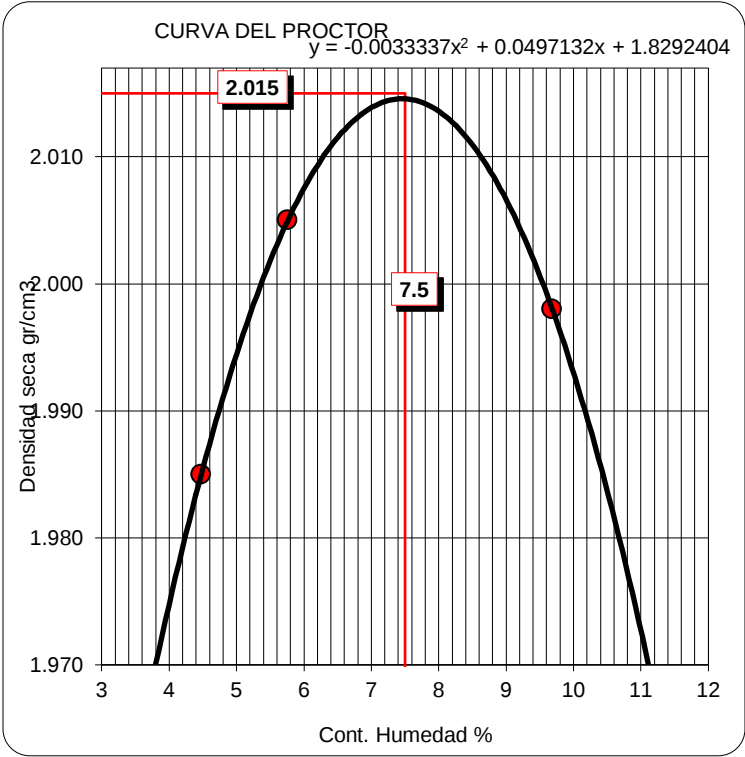
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1"                                     | 25,00  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 3/4"                                   | 19,00  | 550.00    | 550.00    | 11.00 | 89.00      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 439.00    | 989.00    | 19.78 | 80.22      |
| Nº4                                    | 4,75   | 1037.00   | 2026.00   | 40.52 | 59.48      |
| Nº10                                   | 2,00   | 734.00    | 2760.00   | 55.20 | 44.80      |
| Nº40                                   | 0,425  | 943.00    | 3703.00   | 74.06 | 25.94      |
| Nº200                                  | 0,075  | 784.00    | 4487.00   | 89.74 | 10.26      |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 5      | 6      | 7      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 250.00 | 240.00 | 235.80 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 244.00 | 233.00 | 225.00 |
| Peso del agua                                | 6.00   | 7.00   | 10.80  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 110.00 | 111.50 | 113.50 |
| Humedad (%)                                  | 4.48   | 5.76   | 9.69   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7750   | 7850   | 8000   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4405   | 4505   | 4655   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.074  | 2.121  | 2.192  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.985  | 2.005  | 1.998  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.015 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 7.5   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 3          | 0,00 | 0,00 | 0             | 7.5 %       | 2.015     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

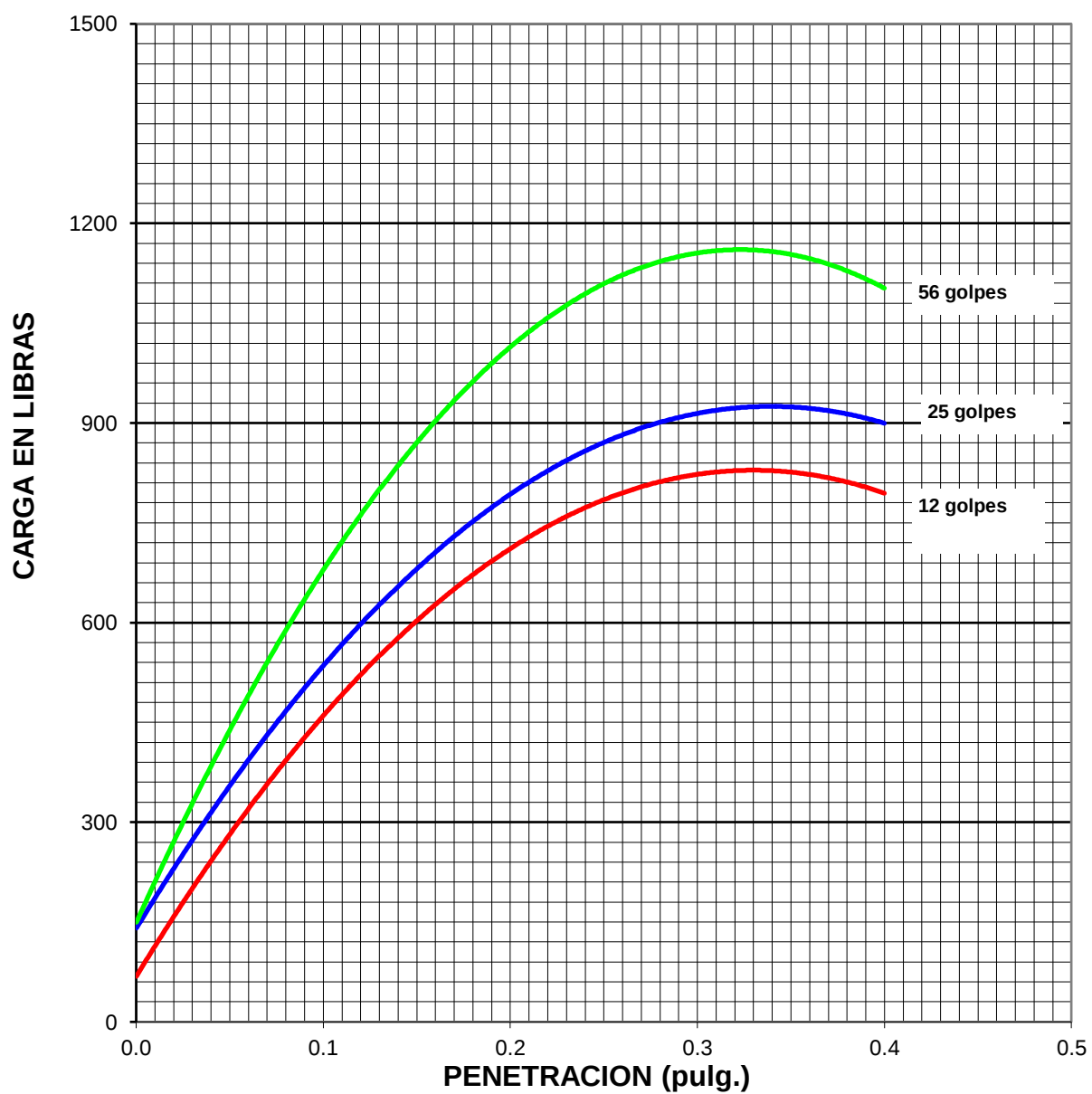
| Molde N°                        | 10               |         |                    | 11               |         |                    | 12               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 10650            |         | 10720              | 11120            |         | 111210             | 11150            |         | 11210              |
| Peso del Molde                  | 6455             |         | 6455               | 6565             |         | 6565               | 6550             |         | 6550               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4195             |         | 4265               | 4555             |         | 104645             | 4600             |         | 4660               |
| Volumen de la Muestra           | 2070             |         | 2070               | 2065             |         | 2065               | 2062             |         | 2062               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.027            |         | 2.060              | 2.206            |         | 50.676             | 2.231            |         | 2.260              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 3                |         | 5                  | 6                |         | 7                  | 9                |         | 11                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 200.50           |         | 255.10             | 210.00           |         | 280.50             | 260.00           |         | 245.50             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 190.00           |         | 240.00             | 199.00           |         | 264.00             | 244.40           |         | 231.00             |
| Peso del Agua                   | 10.50            |         | 15.10              | 11.00            |         | 16.50              | 15.60            |         | 14.50              |
| Peso de la Lata                 | 30.00            |         | 25.50              | 32.00            |         | 30.50              | 32.00            |         | 30.50              |
| Peso de la Muestra Seca         | 160.00           |         | 214.50             | 167.00           |         | 233.50             | 212.40           |         | 200.50             |
| Contenido de Humedad %          | 6.56             |         | 7.04               | 6.59             |         | 7.07               | 7.34             |         | 7.23               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 6.56             |         |                    | 6.59             |         |                    | 7.34             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.902            |         |                    | 2.080            |         |                    | 2.012            |         |                    |

### C.B.R.

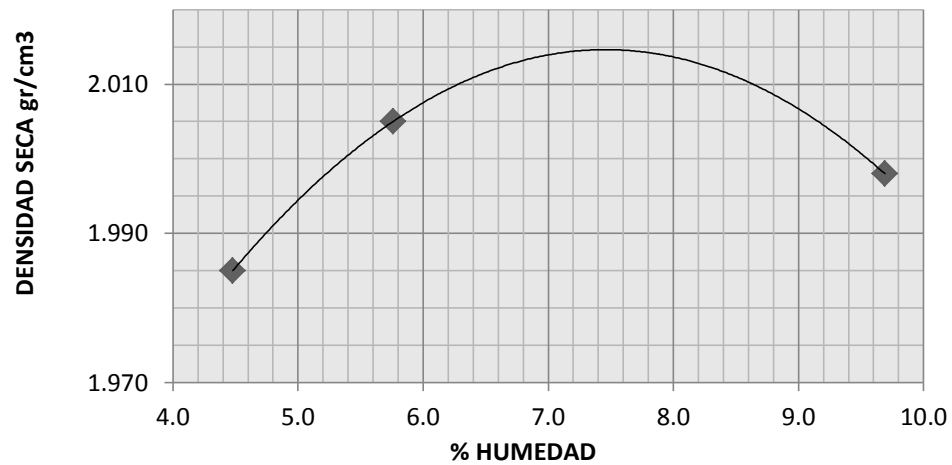
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 10           | 161 |                |      | 18           | 290    |                |      | 19           | 306    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 18           | 290 |                |      | 27           | 435    |                |      | 29           | 468    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 27           | 435 |                |      | 30           | 484    |                |      | 37           | 597    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 35           | 565 |                | 41.7 | 38           | 613    |                | 45.2 | 46           | 742    |                | 54.8 |

|      |       |  |    |     |  |      |    |      |  |      |    |      |  |      |
|------|-------|--|----|-----|--|------|----|------|--|------|----|------|--|------|
| 0,2" | 5,10  |  | 40 | 645 |  | 31.7 | 45 | 726  |  | 35.7 | 58 | 935  |  | 46.0 |
| 0,3" | 7,60  |  | 47 | 758 |  |      | 52 | 839  |  |      | 68 | 1091 |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 52 | 839 |  |      | 59 | 952  |  |      | 72 | 1152 |  |      |
| 0,5" | 12,70 |  | 58 | 935 |  |      | 62 | 1000 |  |      | 80 | 1273 |  |      |

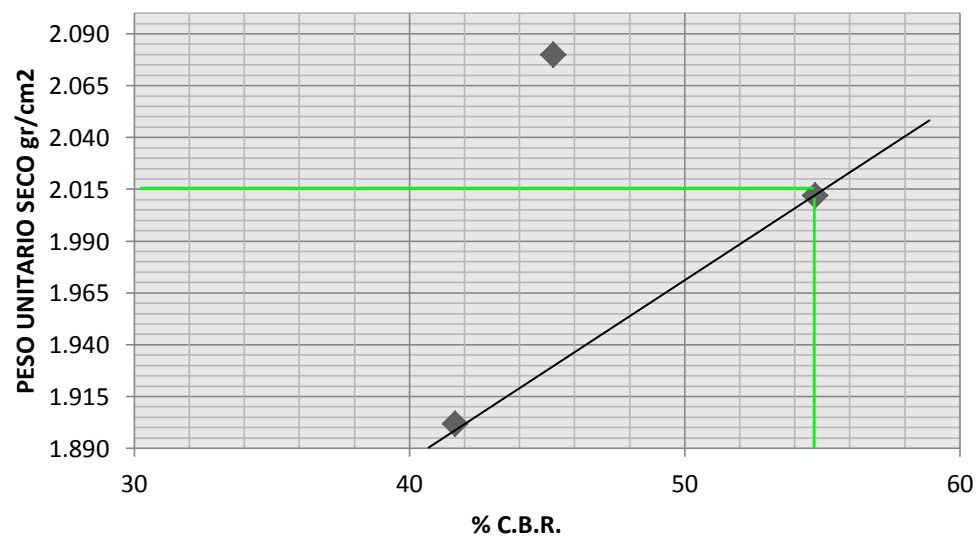
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



### DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

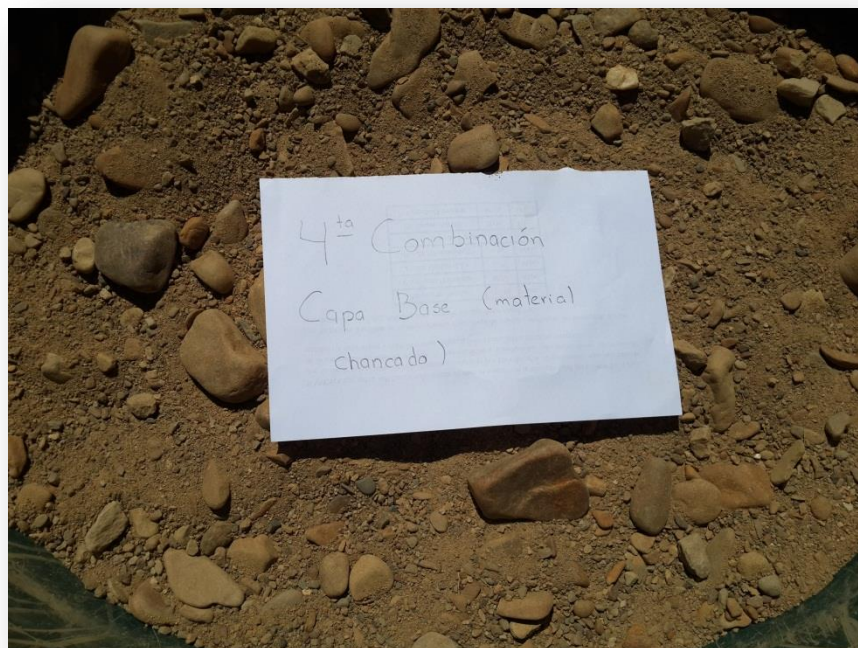


### CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



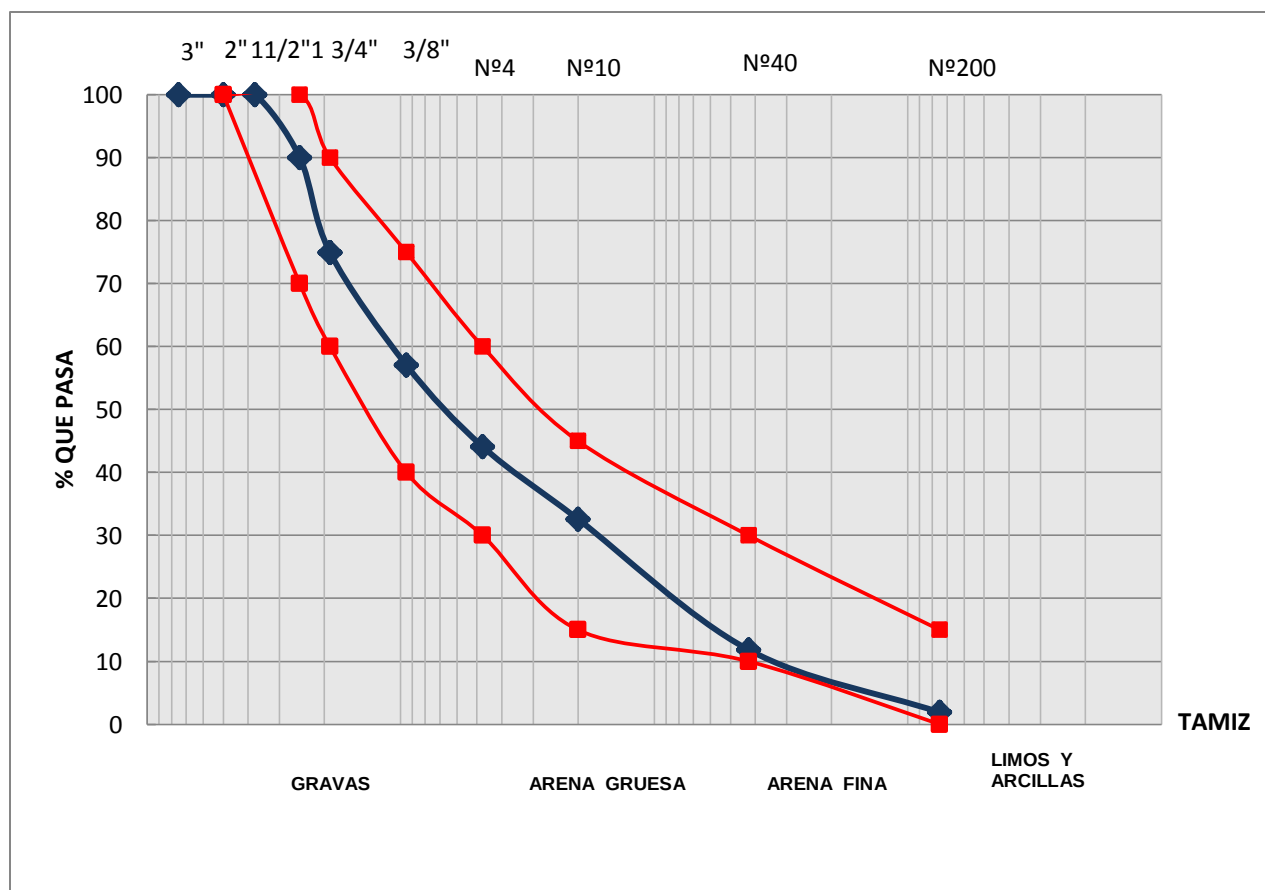
Al 95% Dmax.= 1.9143

### CUARTA COMBINACIÓN.



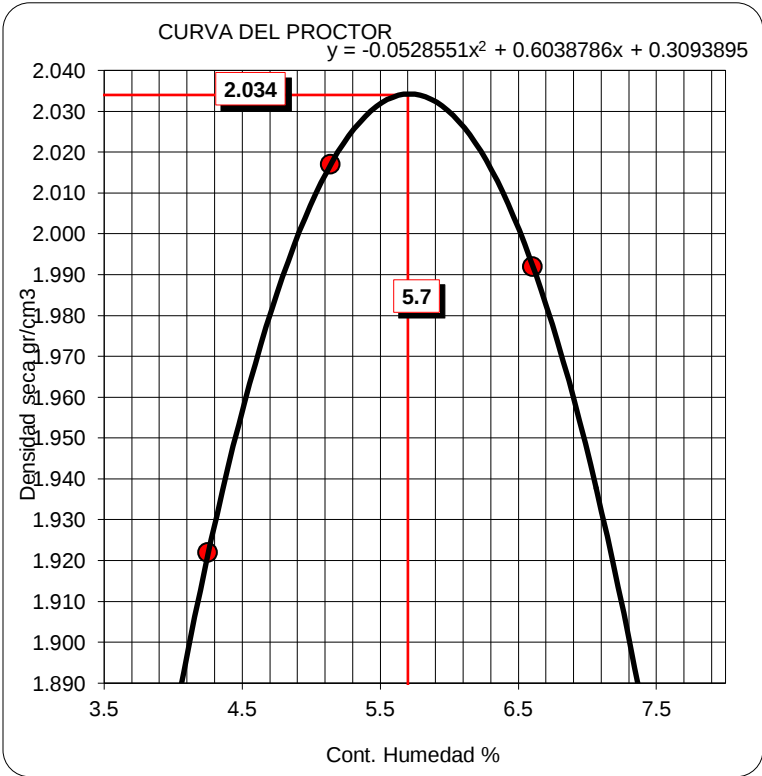
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1"                                     | 25,00  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 3/4"                                   | 19,00  | 497.00    | 497.00    | 9.94  | 90.06      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 756.00    | 1253.00   | 25.06 | 74.94      |
| Nº4                                    | 4,75   | 894.00    | 2147.00   | 42.94 | 57.06      |
| Nº10                                   | 2,00   | 648.00    | 2795.00   | 55.90 | 44.10      |
| Nº40                                   | 0,425  | 575.00    | 3370.00   | 67.40 | 32.60      |
| Nº200                                  | 0,075  | 1038.00   | 4408.00   | 88.16 | 11.84      |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 1      | 3      | 8      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 355.00 | 320.00 | 290.00 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 345.00 | 310.00 | 279.00 |
| Peso del agua                                | 10.00  | 10.00  | 11.00  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 110.00 | 115.50 | 112.50 |
| Humedad (%)                                  | 4.26   | 5.14   | 6.61   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7600   | 7850   | 7855   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4255   | 4505   | 4510   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.003  | 2.121  | 2.123  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.922  | 2.017  | 1.992  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.034 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5.7   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 4          | 0,00 | 0,00 | 0             | 5.7 %       | 2.03      |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

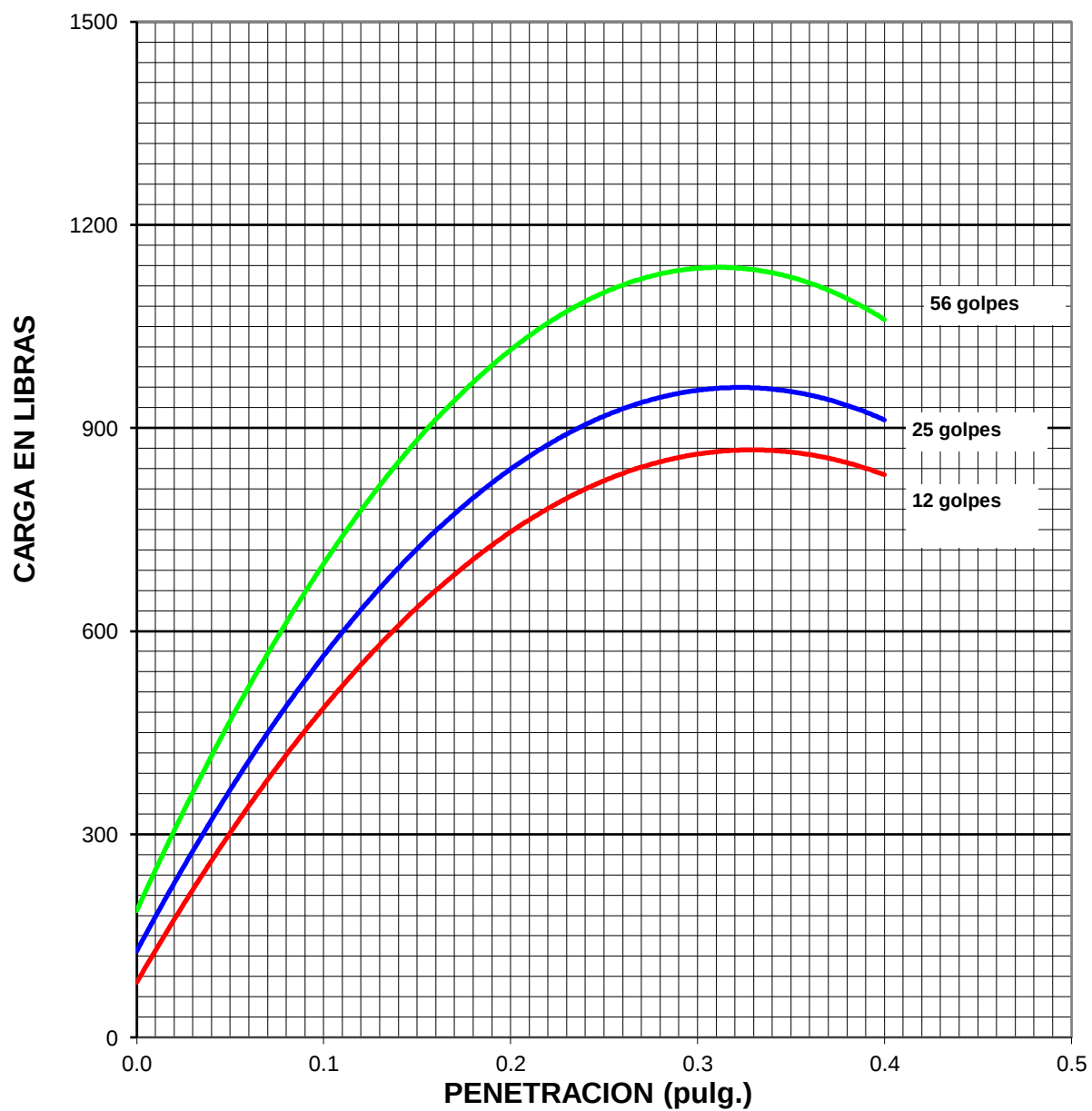
|                                 |                  |         |                    |                  |         |                    |                  |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| Molde N°                        | 20               |         |                    | 21               |         |                    | 22               |         |                    |
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 10750            |         | 10820              | 11200            |         | 11305              | 11250            |         | 11380              |
| Peso del Molde                  | 6455             |         | 6455               | 6565             |         | 6565               | 6550             |         | 6550               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4295             |         | 4365               | 4635             |         | 4740               | 4700             |         | 4830               |
| Volumen de la Muestra           | 2065             |         | 2065               | 2060             |         | 2060               | 2065             |         | 2065               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.080            |         | 2.114              | 2.250            |         | 2.301              | 2.276            |         | 2.339              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 6                |         | 8                  | 10               |         | 11                 | 12               |         | 15                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 365.00           |         | 320.00             | 405.00           |         | 322.00             | 293.00           |         | 306.00             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 348.00           |         | 306.00             | 386.00           |         | 306.60             | 279.00           |         | 292.00             |
| Peso del Agua                   | 17.00            |         | 14.00              | 19.00            |         | 15.40              | 14.00            |         | 14.00              |
| Peso de la Lata                 | 30.50            |         | 32.00              | 35.00            |         | 33.50              | 33.00            |         | 32.50              |
| Peso de la Muestra Seca         | 317.50           |         | 274.00             | 351.00           |         | 273.10             | 246.00           |         | 259.50             |
| Contenido de Humedad %          | 5.35             |         | 5.11               | 5.41             |         | 5.64               | 5.69             |         | 5.39               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5.35             |         |                    | 5.41             |         |                    | 5.69             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.974            |         |                    | 2.012            |         |                    | 2.022            |         |                    |

### C.B.R.

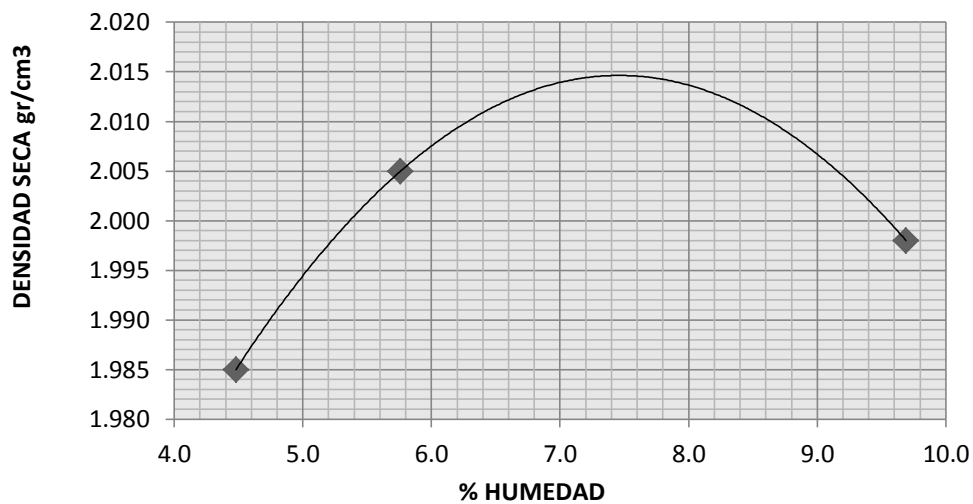
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 11           | 177 |                |      | 17           | 274    |                |      | 22           | 355    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 19           | 306 |                |      | 26           | 419    |                |      | 38           | 613    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 29           | 468 |                |      | 33           | 532    |                |      | 41           | 661    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 38           | 613 |                | 45.2 | 40           | 645    |                | 47.6 | 48           | 774    |                | 57.1 |
| 0,2"        | 5,10 |                     | 42           | 677 |                | 33.3 | 48           | 774    |                | 38.1 | 56           | 903    |                | 44.4 |
| 0,3"        | 7,60 |                     | 48           | 774 |                |      | 54           | 871    |                |      | 66           | 1061   |                |      |

|      |       |  |    |     |  |  |    |     |  |  |    |      |  |  |
|------|-------|--|----|-----|--|--|----|-----|--|--|----|------|--|--|
| 0,4" | 10,20 |  | 55 | 887 |  |  | 60 | 968 |  |  | 70 | 1121 |  |  |
| 0,5" | 12,70 |  | 11 | 177 |  |  | 17 | 274 |  |  | 22 | 355  |  |  |

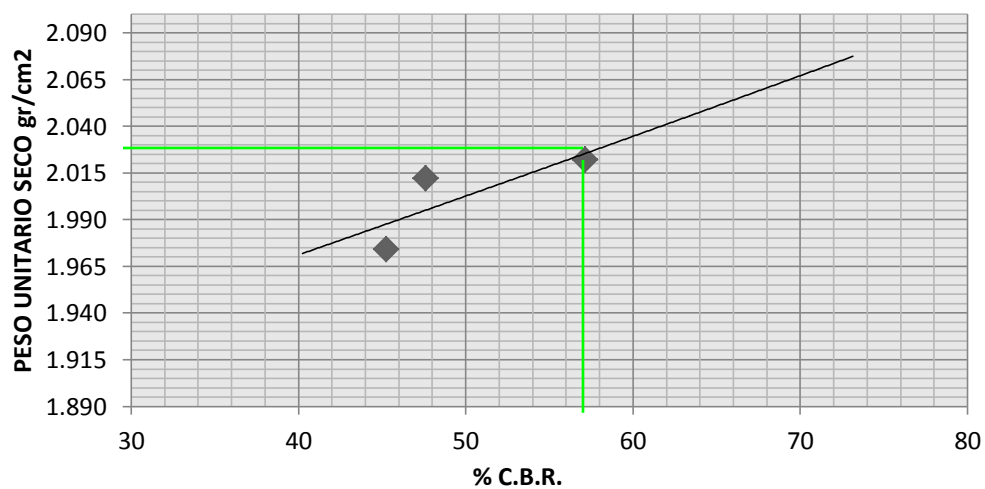
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



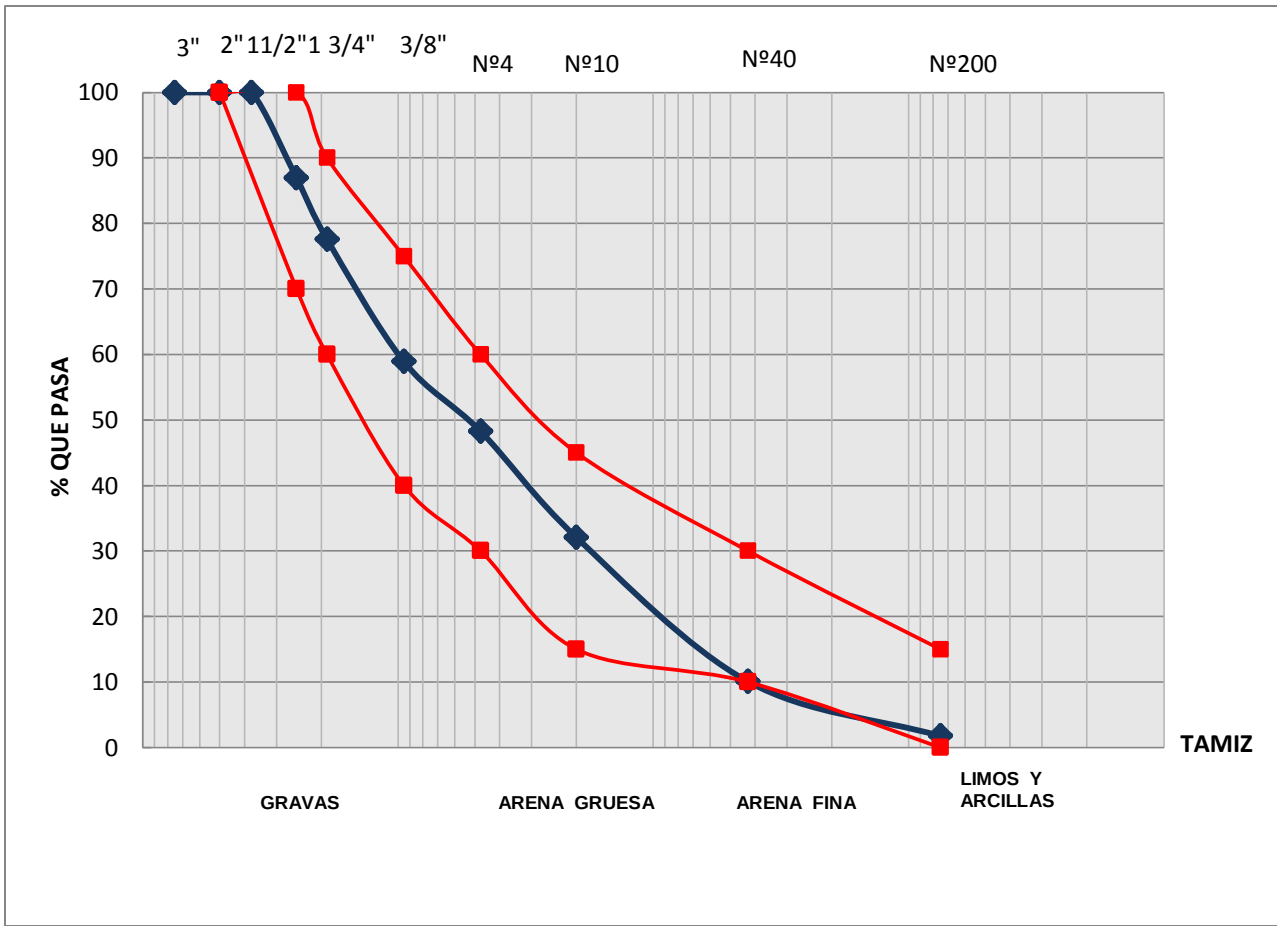
Al 95% Dmax.= 1.9323

### QUINTA COMBINACIÓN.



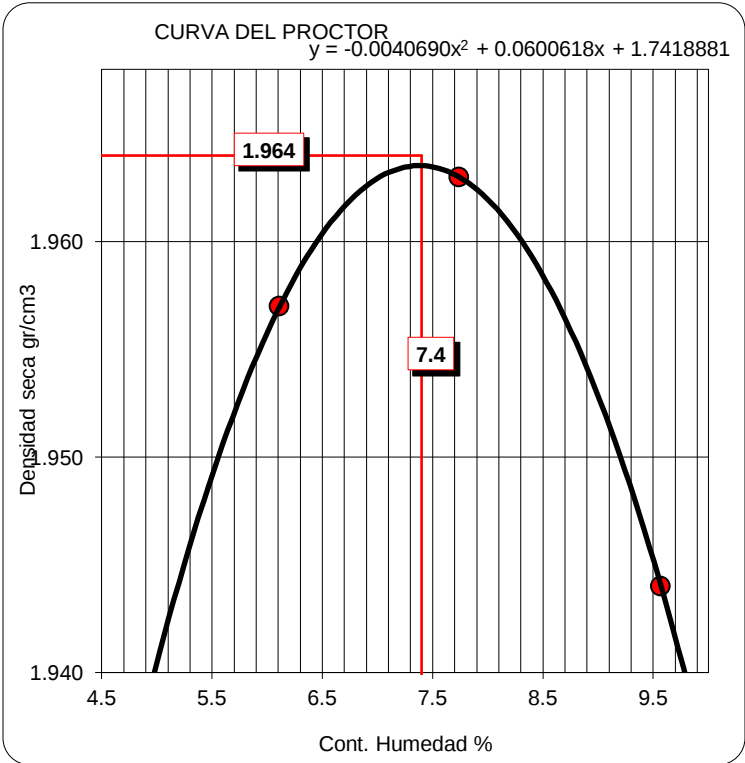
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1"                                     | 25,00  | 654.00    | 654.00    | 13.08 | 86.92      |
| 3/4"                                   | 19,00  | 466.00    | 1120.00   | 22.40 | 77.60      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 934.00    | 2054.00   | 41.08 | 58.92      |
| Nº4                                    | 4,75   | 533.00    | 2587.00   | 51.74 | 48.26      |
| Nº10                                   | 2,00   | 810.00    | 3397.00   | 67.94 | 32.06      |
| Nº40                                   | 0,425  | 1100.00   | 4497.00   | 89.94 | 10.06      |
| Nº200                                  | 0,075  | 415.00    | 4912.00   | 98.24 | 1.76       |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 6      | 7      | 10     |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 222.00 | 353.00 | 265.40 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 215.00 | 335.00 | 252.00 |
| Peso del agua                                | 7.00   | 18.00  | 13.40  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 100.50 | 102.50 | 112.00 |
| Humedad (%)                                  | 6.11   | 7.74   | 9.57   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7755   | 7800   | 7870   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4410   | 4455   | 4525   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.076  | 2.097  | 2.130  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.957  | 1.963  | 1.944  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 1.964 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 7.4   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 5          | 0,00 | 0,00 | 0             | 7.4 %       | 1.964     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

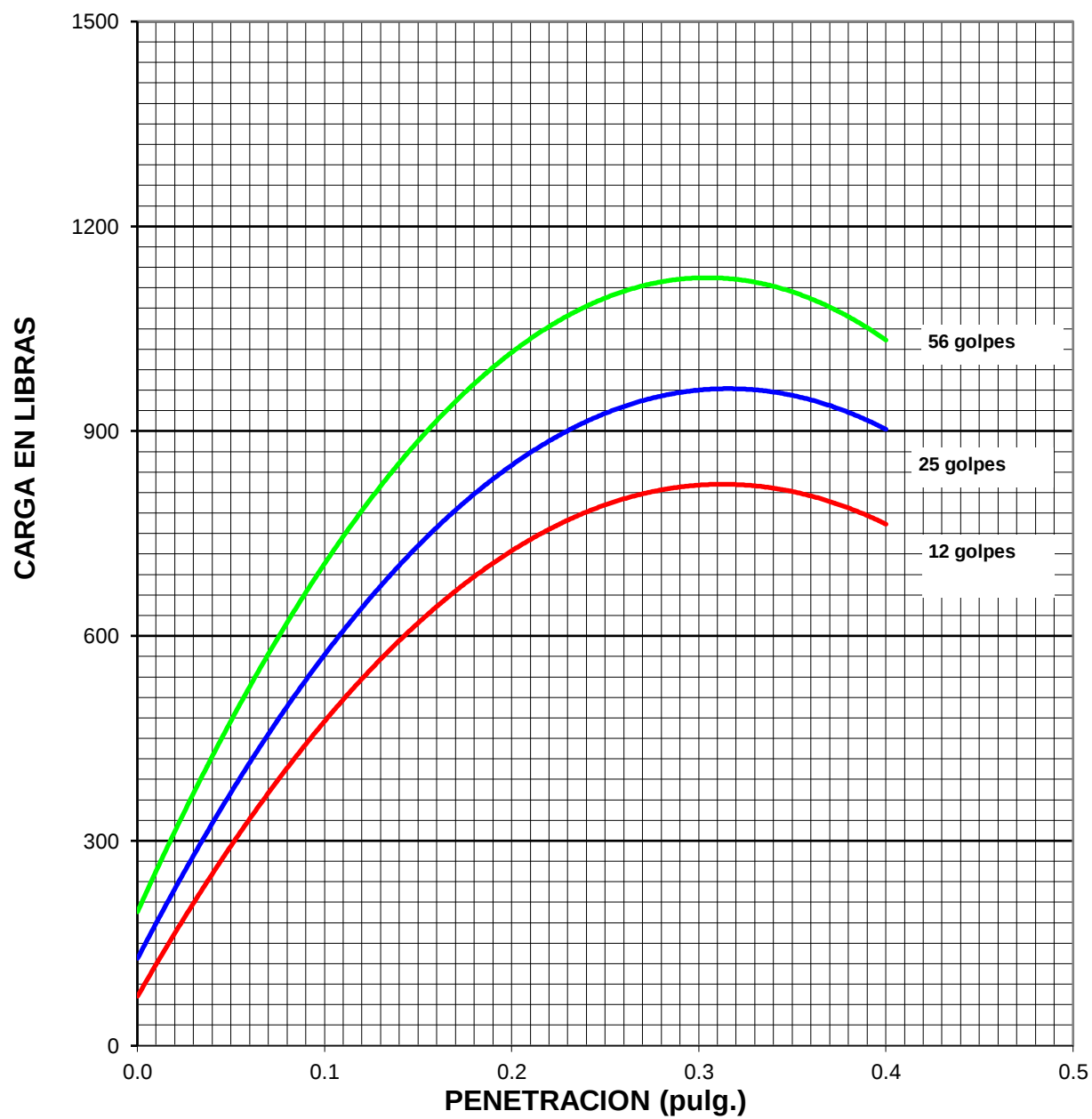
| Molde N°                        | 20               |         |                    | 21               |         |                    | 22               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11200            |         | 11350              | 11350            |         | 11465              | 11300            |         | 11420              |
| Peso del Molde                  | 6455             |         | 6455               | 6565             |         | 6565               | 6550             |         | 6550               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4745             |         | 4895               | 4785             |         | 4900               | 4750             |         | 4870               |
| Volumen de la Muestra           | 2070             |         | 2070               | 2065             |         | 2065               | 2060             |         | 2060               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.292            |         | 2.365              | 2.317            |         | 2.373              | 2.306            |         | 2.364              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 3                |         | 5                  | 11               |         | 2                  | 3                |         | 10                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 405.00           |         | 265.00             | 365.00           |         | 250.00             | 268.00           |         | 354.00             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 380.00           |         | 250.00             | 342.00           |         | 236.00             | 251.80           |         | 333.00             |
| Peso del Agua                   | 25.00            |         | 15.00              | 23.00            |         | 14.00              | 16.20            |         | 21.00              |
| Peso de la Lata                 | 32.00            |         | 32.50              | 31.00            |         | 33.00              | 32.50            |         | 33.00              |
| Peso de la Muestra Seca         | 348.00           |         | 217.50             | 311.00           |         | 203.00             | 219.30           |         | 300.00             |
| Contenido de Humedad %          | 7.18             |         | 6.90               | 7.40             |         | 6.90               | 7.39             |         | 7.00               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 7.18             |         |                    | 7.40             |         |                    | 7.39             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.942            |         |                    | 1.960            |         |                    | 1.920            |         |                    |

### C.B.R.

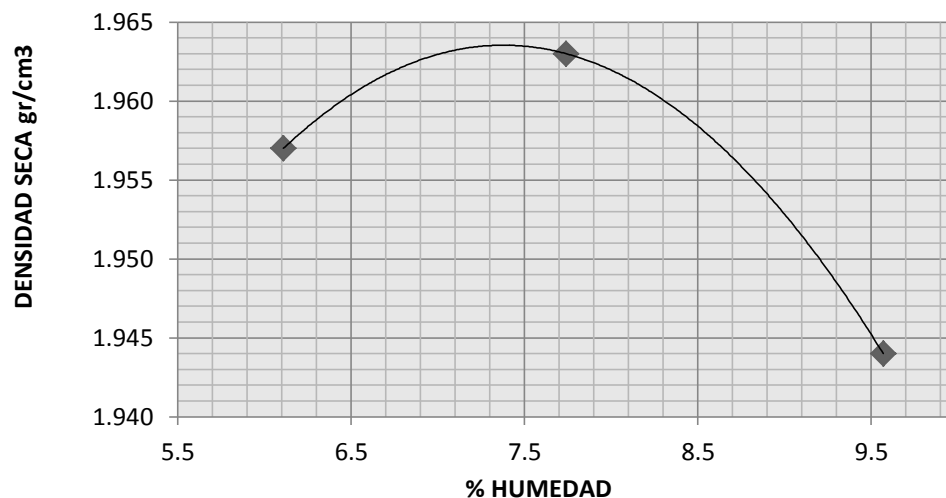
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 10           | 161 |                |      | 16           | 258    |                |      | 23           | 371    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 17           | 274 |                |      | 27           | 435    |                |      | 35           | 565    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 30           | 484 |                |      | 34           | 548    |                |      | 45           | 726    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 37           | 597 |                | 44.0 | 41           | 661    |                | 48.8 | 50           | 806    |                | 59.5 |

|      |       |  |    |     |  |      |    |      |  |      |    |      |  |      |
|------|-------|--|----|-----|--|------|----|------|--|------|----|------|--|------|
| 0,2" | 5,10  |  | 41 | 661 |  | 32.5 | 49 | 790  |  | 38.9 | 55 | 887  |  | 43.6 |
| 0,3" | 7,60  |  | 45 | 726 |  |      | 53 | 855  |  |      | 64 | 1030 |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 51 | 823 |  |      | 60 | 968  |  |      | 69 | 1106 |  |      |
| 0,5" | 12,70 |  | 60 | 968 |  |      | 68 | 1091 |  |      | 74 | 1182 |  |      |

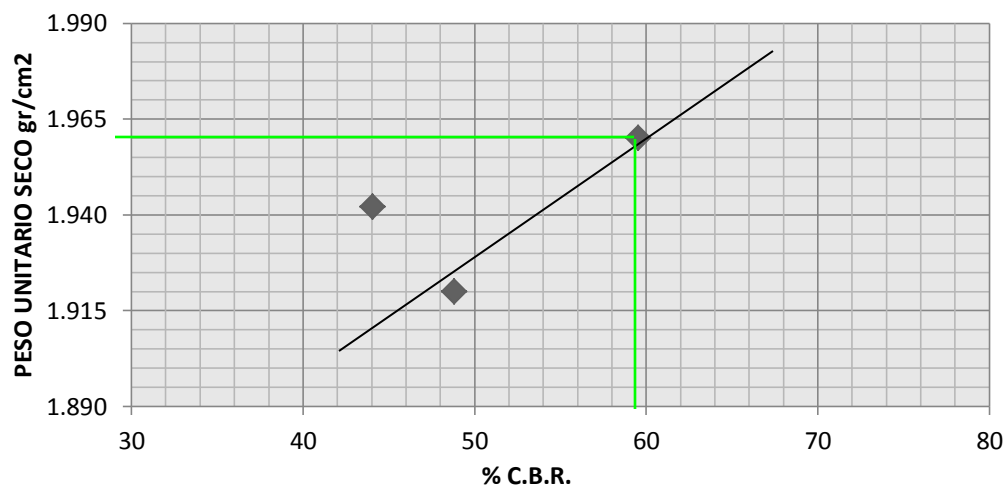
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



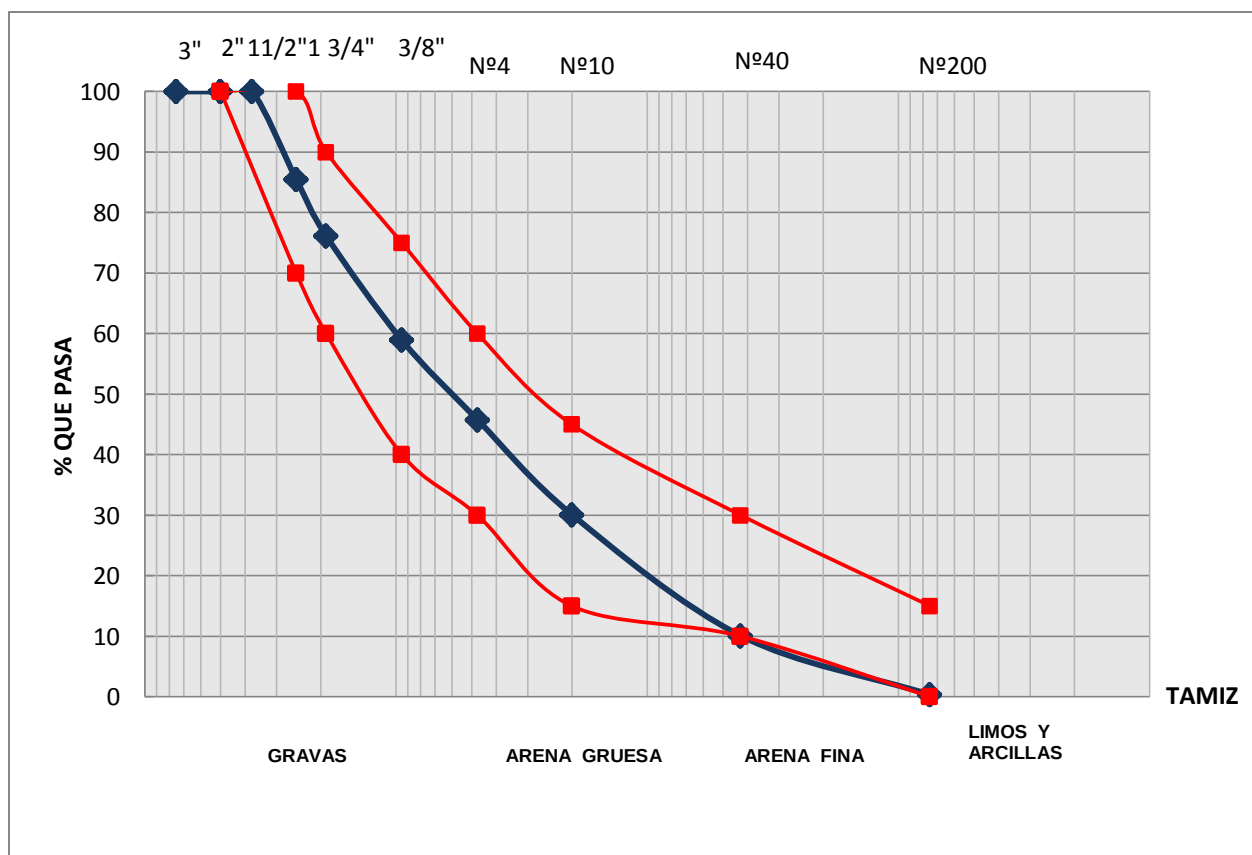
Al 95% Dmax.= 1.862

### SEXTA COMBINACIÓN.



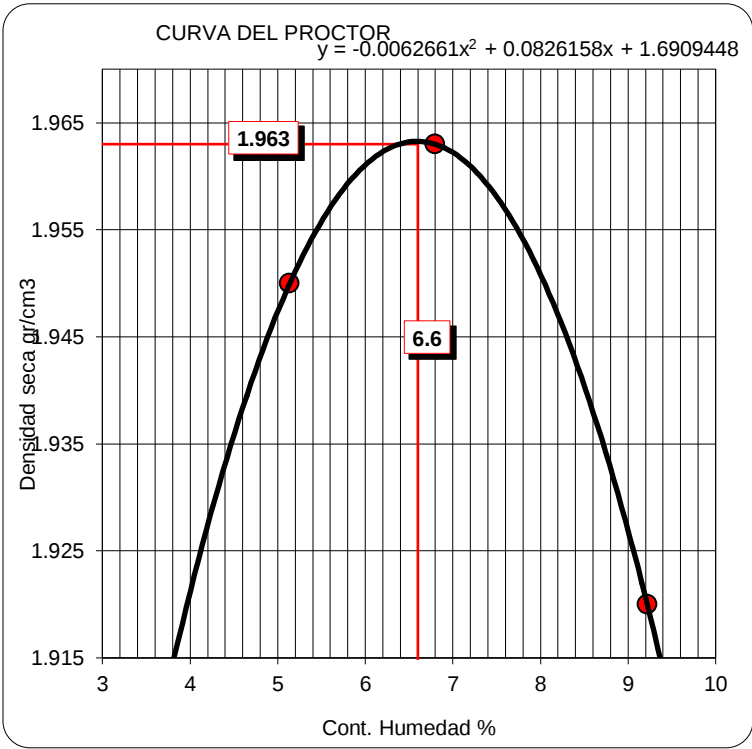
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1"                                     | 25,00  | 726.00    | 726.00    | 14.52 | 85.48      |
| 3/4"                                   | 19,00  | 467.00    | 1193.00   | 23.86 | 76.14      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 861.00    | 2054.00   | 41.08 | 58.92      |
| Nº4                                    | 4,75   | 657.00    | 2711.00   | 54.22 | 45.78      |
| Nº10                                   | 2,00   | 784.00    | 3495.00   | 69.90 | 30.10      |
| Nº40                                   | 0,425  | 1001.00   | 4496.00   | 89.92 | 10.08      |
| Nº200                                  | 0,075  | 487.00    | 4983.00   | 99.66 | 0.34       |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 3      | 5      | 11     |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 225.60 | 220.00 | 265.00 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 220.00 | 213.00 | 252.00 |
| Peso del agua                                | 5.60   | 7.00   | 13.00  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 111.00 | 110.00 | 111.00 |
| Humedad (%)                                  | 5.14   | 6.80   | 9.22   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7700   | 7750   | 7800   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4355   | 4405   | 4455   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.050  | 2.074  | 2.097  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.950  | 1.963  | 1.920  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 1.963 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 6.6   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 6          | 0,00 | 0,00 | 0             | 6.6 %       | 1.963     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

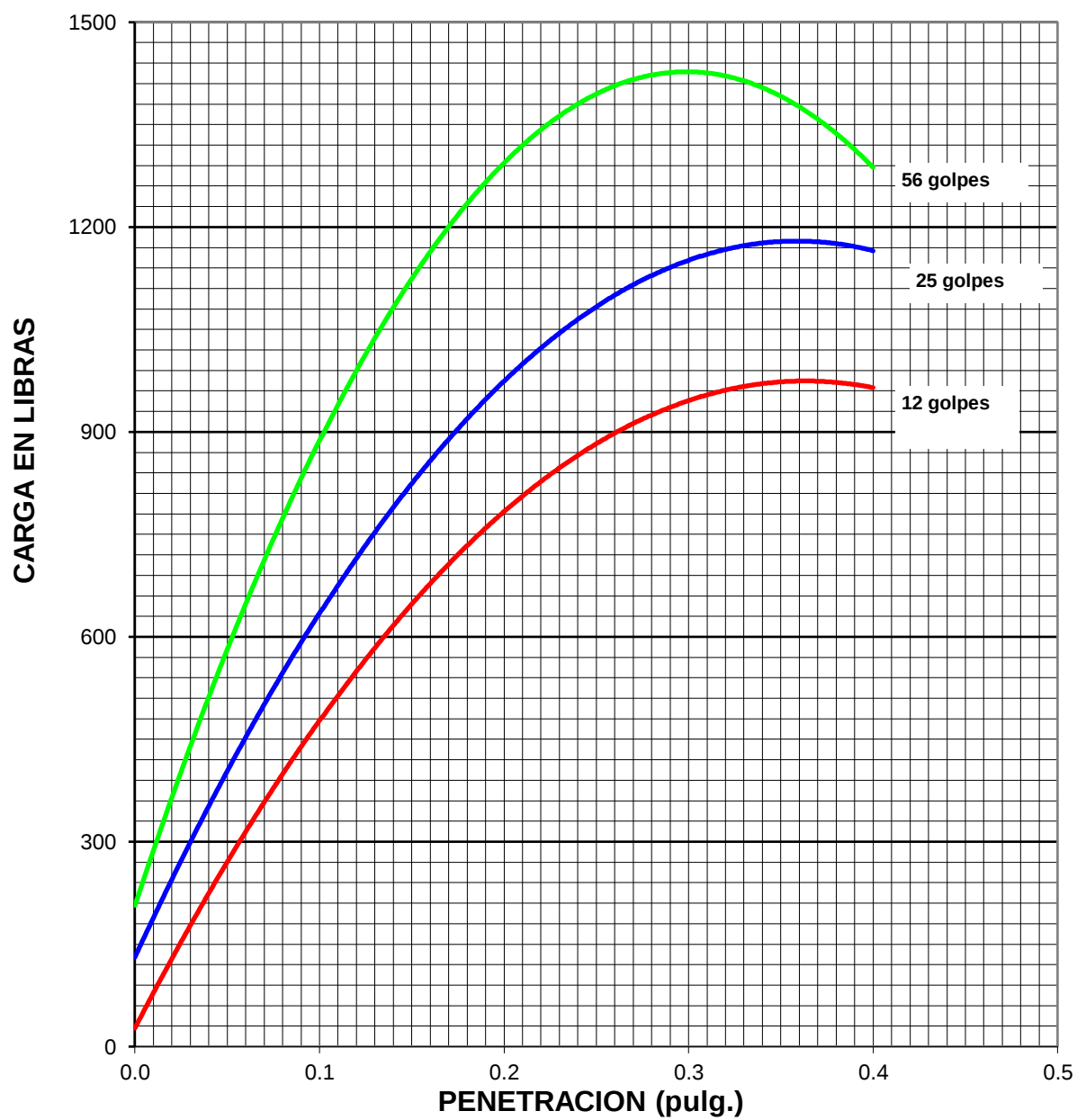
| Molde N°                        | 10               |         |                    | 11               |         |                    | 12               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11100            |         | 11210              | 11250            |         | 11330              | 11260            |         | 11320              |
| Peso del Molde                  | 6455             |         | 6455               | 6565             |         | 6565               | 6550             |         | 6550               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4645             |         | 4755               | 4685             |         | 4765               | 4710             |         | 4770               |
| Volumen de la Muestra           | 2075             |         | 2075               | 2070             |         | 2070               | 2075             |         | 2075               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.239            |         | 2.292              | 2.263            |         | 2.302              | 2.270            |         | 2.299              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 2                |         | 4                  | 10               |         | 12                 | 11               |         | 5                  |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 540.00           |         | 462.00             | 400.00           |         | 390.00             | 550.00           |         | 530.00             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 512.00           |         | 437.00             | 378.00           |         | 370.00             | 518.00           |         | 333.00             |
| Peso del Agua                   | 28.00            |         | 25.00              | 22.00            |         | 20.00              | 32.00            |         | 197.00             |
| Peso de la Lata                 | 31.00            |         | 32.00              | 33.50            |         | 33.50              | 32.00            |         | 31.00              |
| Peso de la Muestra Seca         | 481.00           |         | 405.00             | 344.50           |         | 336.50             | 486.00           |         | 302.00             |
| Contenido de Humedad %          | 5.82             |         | 6.17               | 6.39             |         | 5.94               | 6.58             |         | 65.23              |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5.82             |         |                    | 6.39             |         |                    | 6.58             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.938            |         |                    | 1.945            |         |                    | 1.950            |         |                    |

### C.B.R.

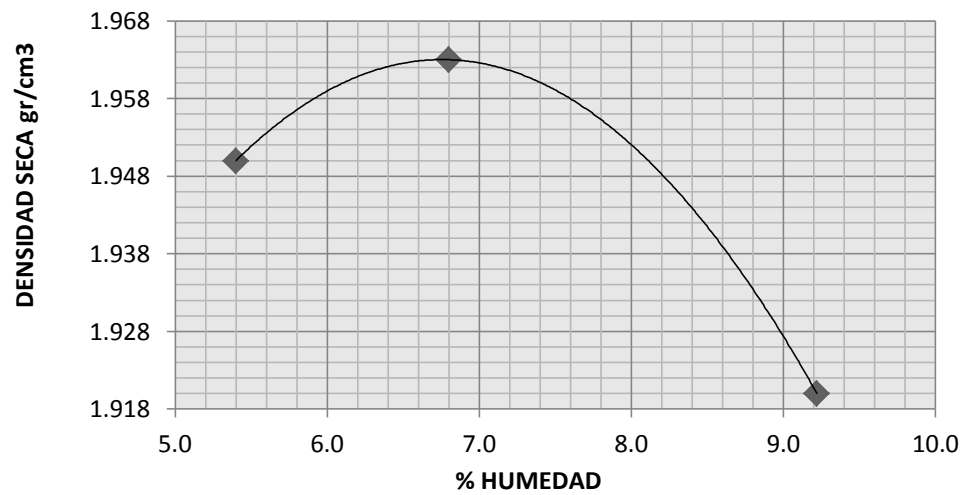
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 9            | 145 |                |      | 18           | 290    |                |      | 25           | 403    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 15           | 242 |                |      | 28           | 452    |                |      | 39           | 629    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 22           | 355 |                |      | 35           | 565    |                |      | 55           | 887    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 39           | 629 |                | 46.4 | 48           | 774    |                | 57.1 | 69           | 1106   |                | 81.6 |

|      |       |  |    |      |  |      |    |      |  |      |    |      |  |      |
|------|-------|--|----|------|--|------|----|------|--|------|----|------|--|------|
| 0,2" | 5,10  |  | 46 | 742  |  | 36.5 | 55 | 887  |  | 43.6 | 71 | 1136 |  | 55.9 |
| 0,3" | 7,60  |  | 55 | 887  |  |      | 66 | 1061 |  |      | 80 | 1273 |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 62 | 1000 |  |      | 77 | 1227 |  |      | 88 | 1394 |  |      |
| 0,5" | 12,70 |  | 70 | 1121 |  |      | 80 | 1273 |  |      | 92 | 1455 |  |      |

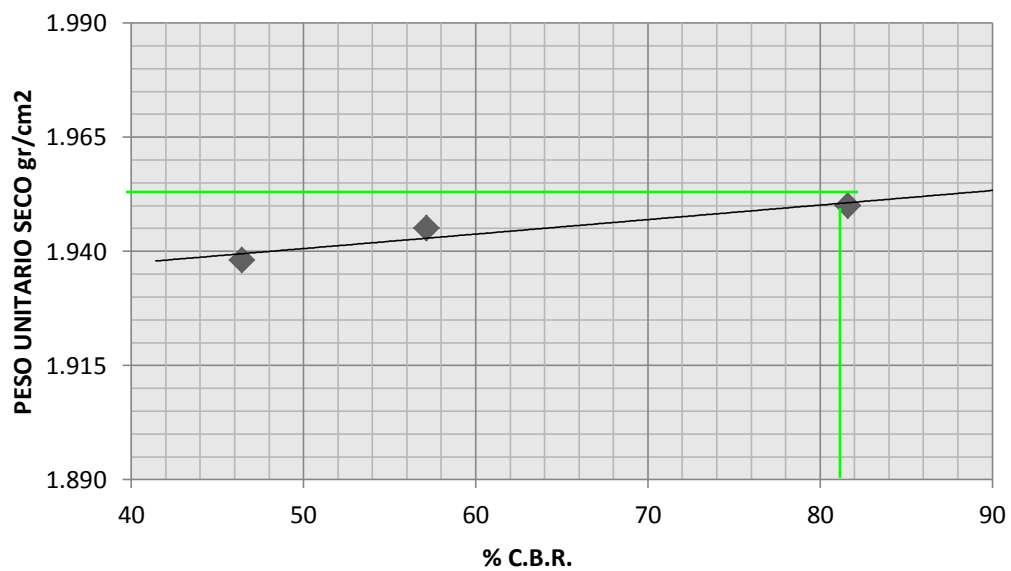
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



### DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

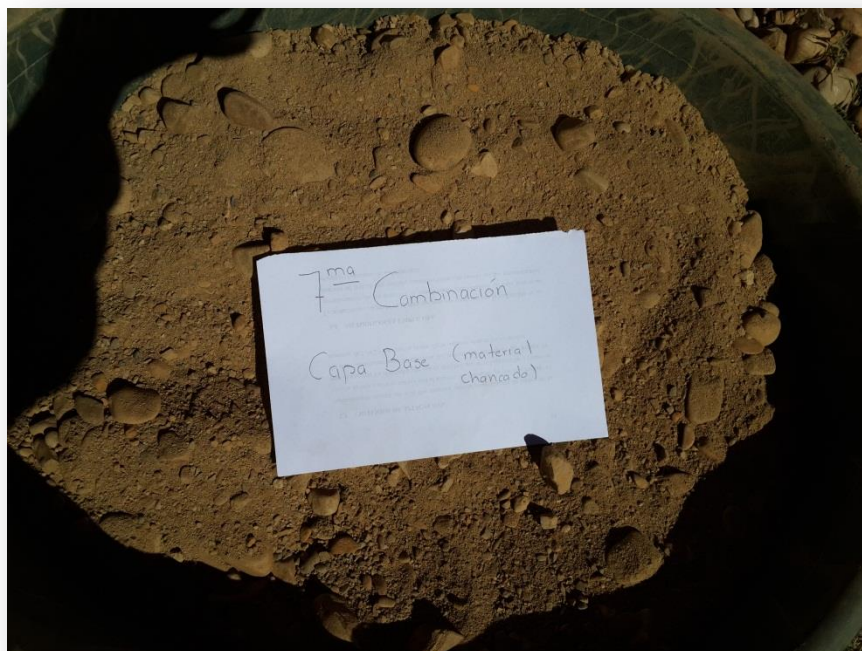


### CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



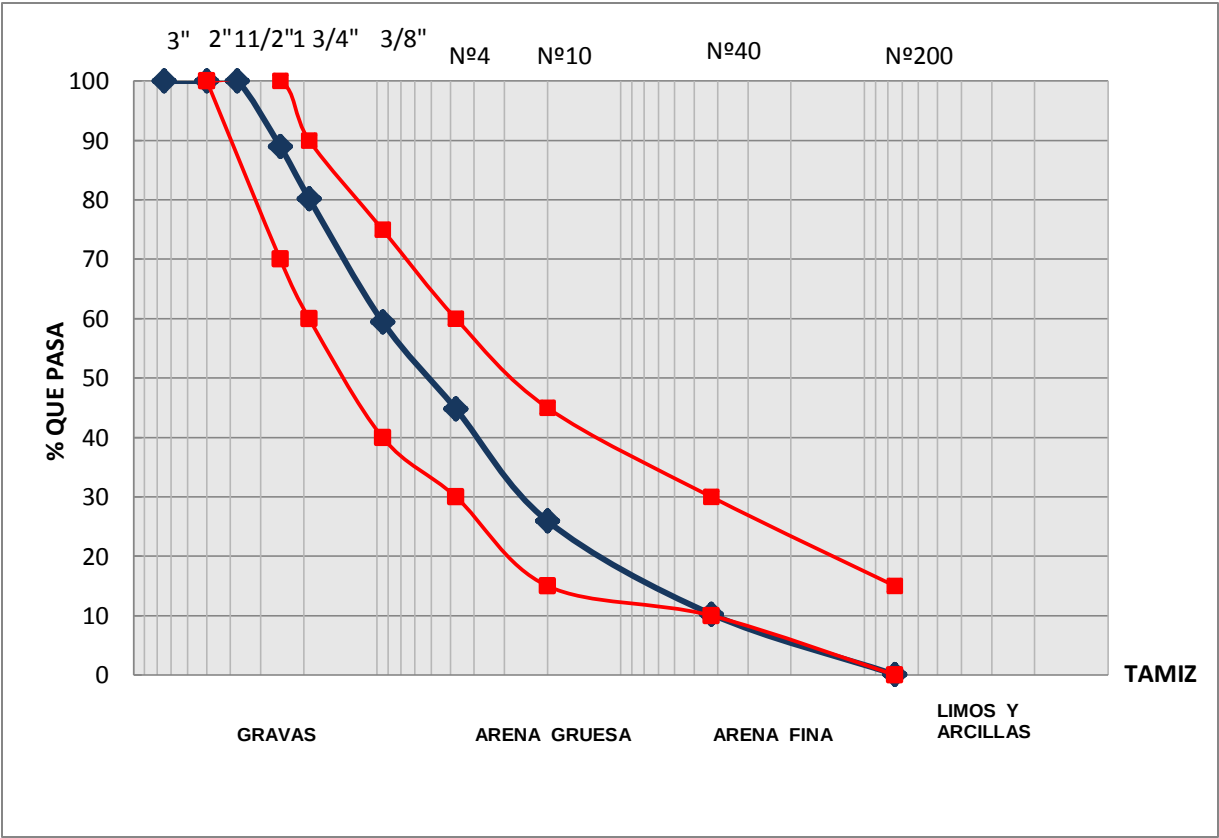
Al 95% Dmax.= 1.8648

## SÉPTIMA COMBINACIÓN.



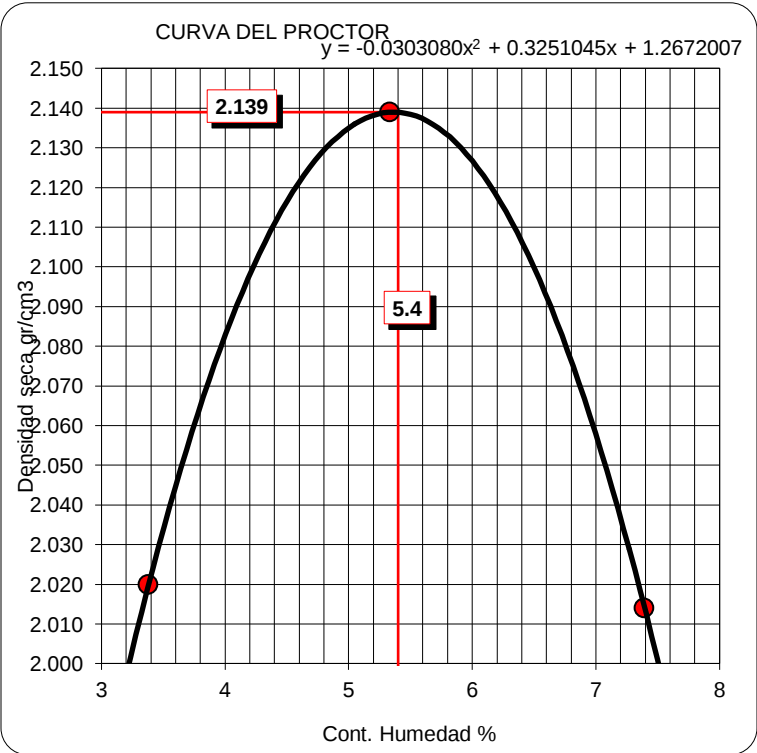
## GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |               |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa    |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total     |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | <b>100.00</b> |
| 1"                                     | 25,00  | 230.00    | 230.00    | 4.60  | <b>95.40</b>  |
| 3/4"                                   | 19,00  | 325.00    | 555.00    | 11.10 | <b>88.90</b>  |
| 3/8"                                   | 9,50   | 700.00    | 1255.00   | 25.10 | <b>74.90</b>  |
| Nº4                                    | 4,75   | 850.00    | 2105.00   | 42.10 | <b>57.90</b>  |
| Nº10                                   | 2,00   | 965.00    | 3070.00   | 61.40 | <b>38.60</b>  |
| Nº40                                   | 0,425  | 1230.00   | 4300.00   | 86.00 | <b>14.00</b>  |
| Nº200                                  | 0,075  | 681.00    | 4981.00   | 99.62 | <b>0.38</b>   |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 1      | 2      | 3      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 315.20 | 280.30 | 283.60 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 308.20 | 271.40 | 271.00 |
| Peso del agua                                | 7.00   | 8.90   | 12.60  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 101.20 | 104.60 | 100.60 |
| Humedad (%)                                  | 3.38   | 5.34   | 7.39   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7780   | 8130   | 7940   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4435   | 4785   | 4595   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.088  | 2.253  | 2.163  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 2.020  | 2.139  | 2.014  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.139 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5.4   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 7          | 0,00 | 0,00 | 0             | 5.4 %       | 2.139     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

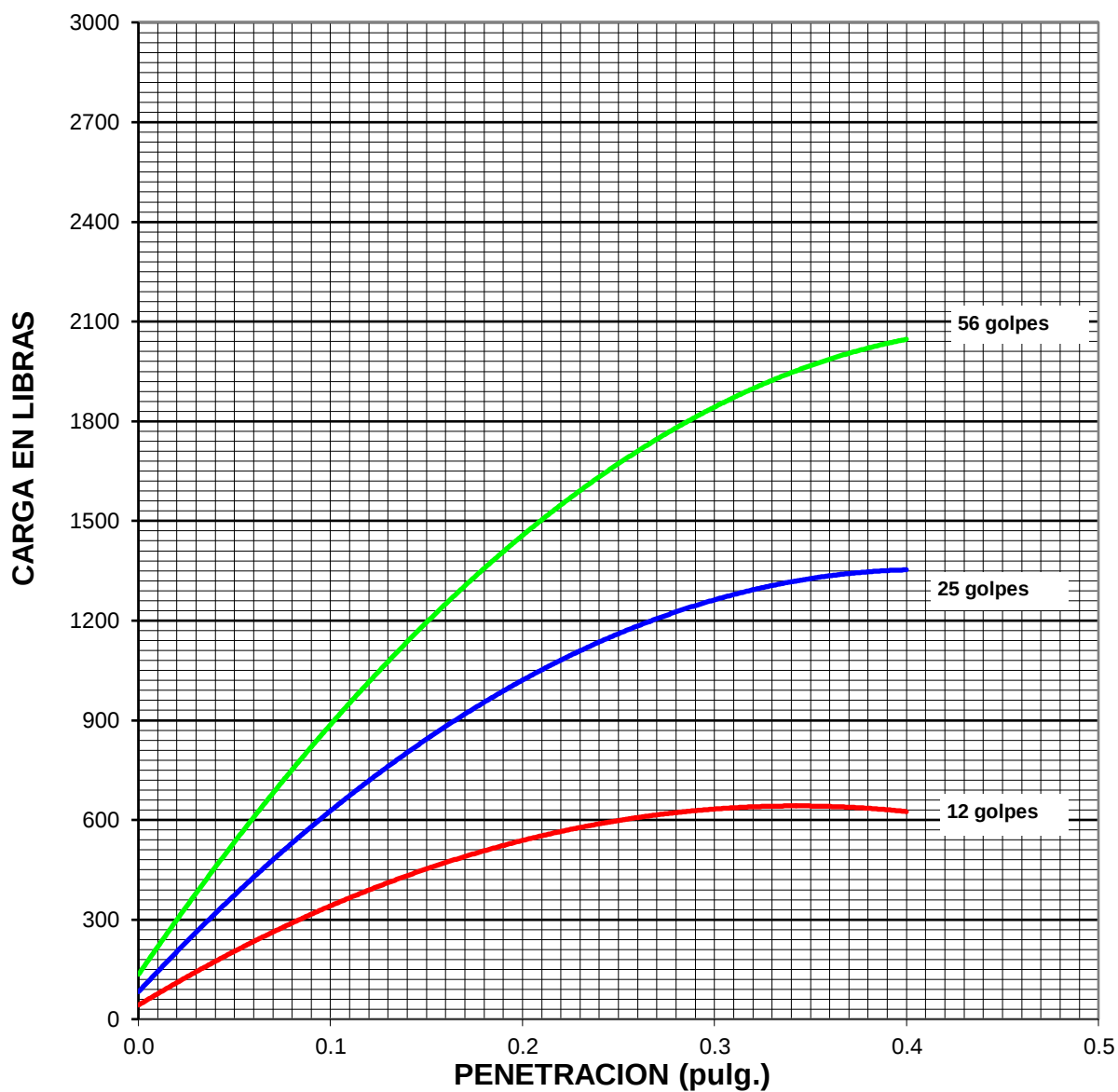
| Molde N°                        | 22               |         |                    | 23               |         |                    | 24               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11230            |         | 11325              | 11360            |         | 11410              | 11480            |         | 11570              |
| Peso del Molde                  | 6840             |         | 6840               | 6730             |         | 6730               | 6835             |         | 6835               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4390             |         | 4485               | 4630             |         | 4680               | 4645             |         | 4735               |
| Volumen de la Muestra           | 2064.99          |         | 2064.99            | 2071.34          |         | 2071.34            | 2059.55          |         | 2059.55            |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.126            |         | 2.172              | 2.235            |         | 2.259              | 2.255            |         | 2.299              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 30               |         | 31                 | 32               |         | 33                 | 34               |         | 35                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 80.10            |         | 86.23              | 90.13            |         | 89.21              | 95.33            |         | 91.20              |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 77.72            |         | 82.10              | 87.12            |         | 84.62              | 92.12            |         | 87.12              |
| Peso del Agua                   | 2.38             |         | 4.13               | 3.01             |         | 4.59               | 3.21             |         | 4.08               |
| Peso de la Lata                 | 31.20            |         | 30.20              | 28.00            |         | 28.10              | 31.50            |         | 31.60              |
| Peso de la Muestra Seca         | 46.52            |         | 51.90              | 59.12            |         | 56.52              | 60.62            |         | 55.52              |
| Contenido de Humedad %          | 5.12             |         | 7.96               | 5.09             |         | 8.12               | 5.30             |         | 7.35               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5.12             |         |                    | 5.09             |         |                    | 5.30             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 2.022            |         |                    | 2.127            |         |                    | 2.142            |         |                    |

### C.B.R.

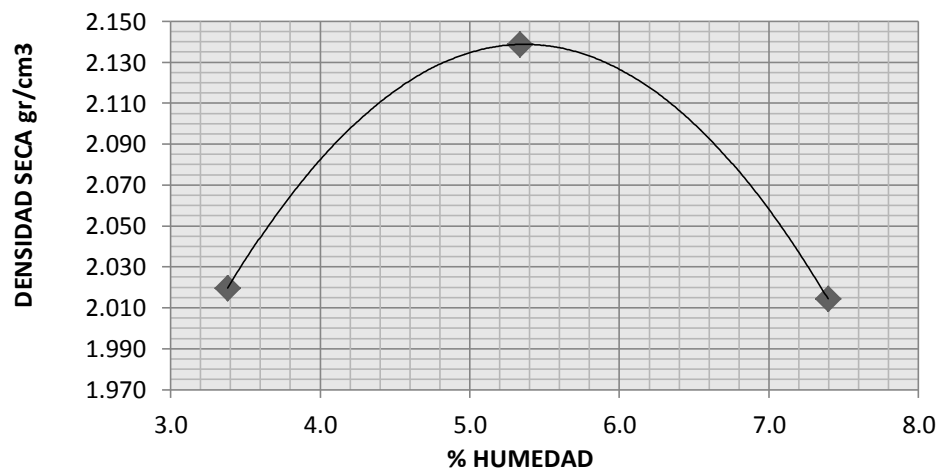
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 8            | 129 |                |      | 10           | 161    |                |      | 20           | 323    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 12           | 194 |                |      | 25           | 403    |                |      | 35           | 565    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 20           | 323 |                |      | 38           | 613    |                |      | 48           | 774    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 25           | 403 |                | 29.8 | 49           | 790    |                | 58.3 | 70           | 1121   |                | 82.7 |

|      |       |  |    |     |  |      |    |      |  |      |     |      |  |      |
|------|-------|--|----|-----|--|------|----|------|--|------|-----|------|--|------|
| 0,2" | 5,10  |  | 30 | 484 |  | 23.8 | 55 | 887  |  | 43.6 | 83  | 1318 |  | 64.9 |
| 0,3" | 7,60  |  | 38 | 613 |  |      | 75 | 1197 |  |      | 110 | 1734 |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 40 | 645 |  |      | 89 | 1409 |  |      | 135 | 2125 |  |      |
| 0,5" | 12,70 |  | 55 | 887 |  |      | 95 | 1500 |  |      | 163 | 2561 |  |      |

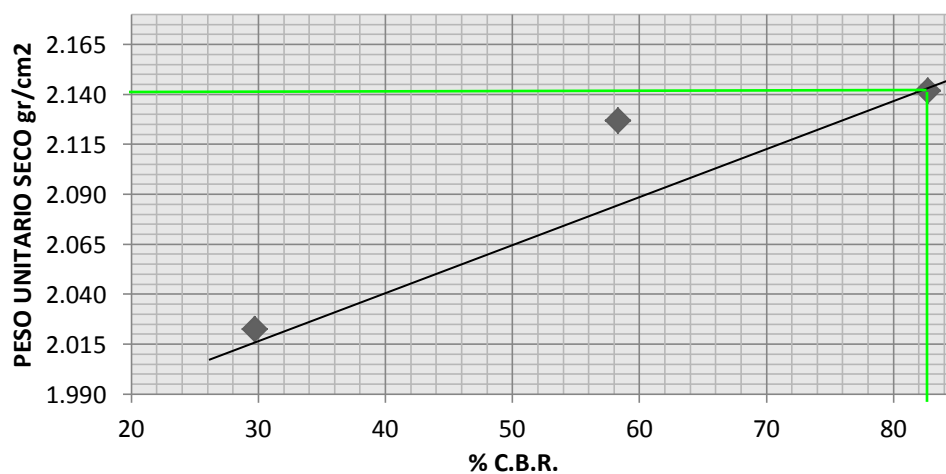
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

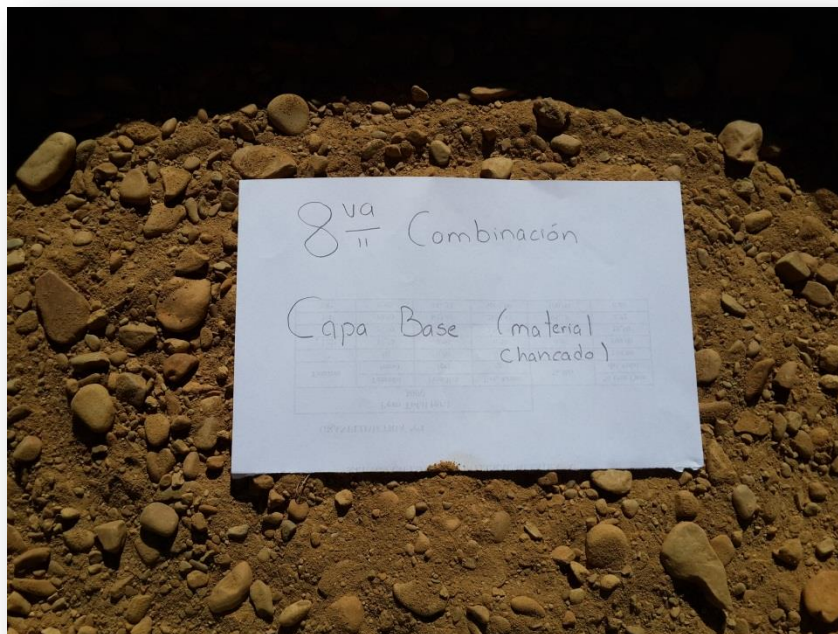


## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



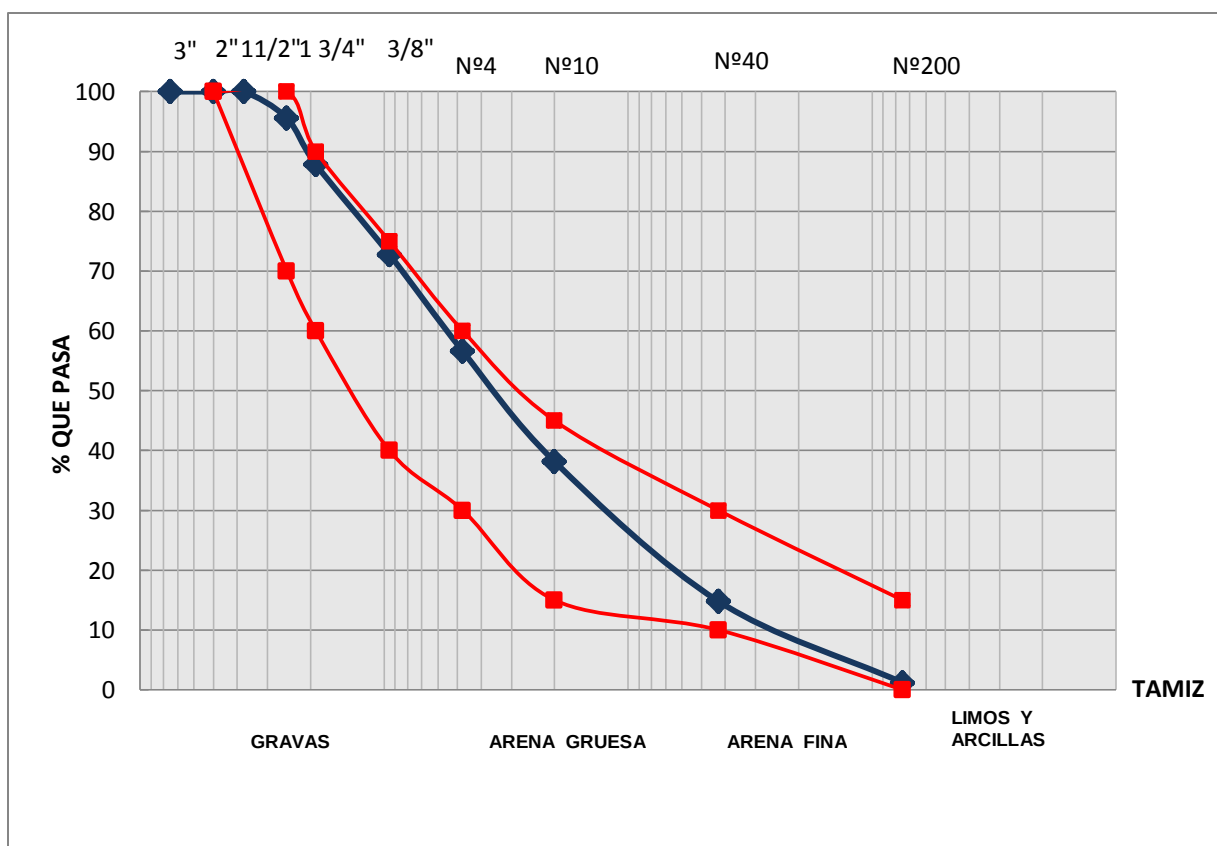
Al 95%  $D_{max} = 2.0320$

### OCTAVA COMBINACIÓN.



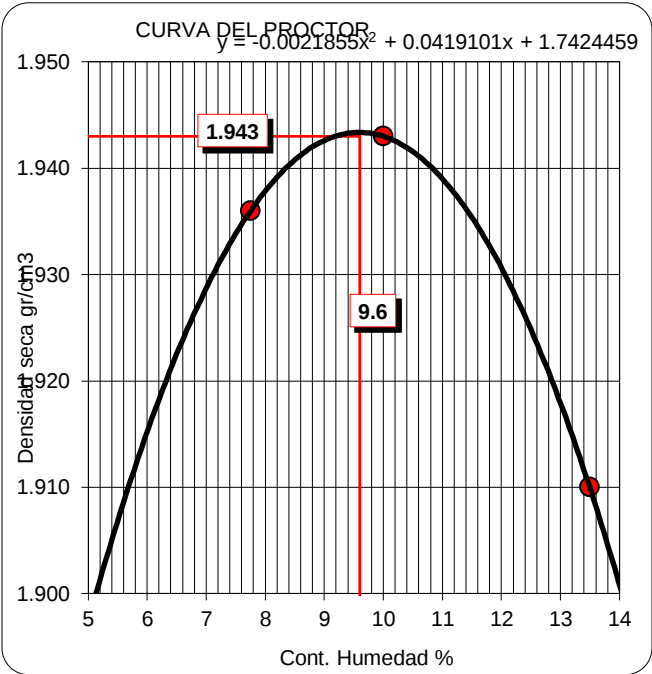
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1"                                     | 25,00  | 222.00    | 222.00    | 4.44  | 95.56      |
| 3/4"                                   | 19,00  | 387.00    | 609.00    | 12.18 | 87.82      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 752.00    | 1361.00   | 27.22 | 72.78      |
| Nº4                                    | 4,75   | 810.00    | 2171.00   | 43.42 | 56.58      |
| Nº10                                   | 2,00   | 921.00    | 3092.00   | 61.84 | 38.16      |
| Nº40                                   | 0,425  | 1169.00   | 4261.00   | 85.22 | 14.78      |
| Nº200                                  | 0,075  | 679.00    | 4940.00   | 98.80 | 1.20       |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 6      | 7      | 9      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 250.00 | 200.00 | 320.90 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 240.00 | 192.00 | 296.00 |
| Peso del agua                                | 10.00  | 8.00   | 24.90  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 111.00 | 112.00 | 111.50 |
| Humedad (%)                                  | 7.75   | 10.00  | 13.50  |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7775   | 7885   | 7950   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4430   | 4540   | 4605   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.086  | 2.137  | 2.168  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.936  | 1.943  | 1.910  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 1.943 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 9.6   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 8          | 0,00 | 0,00 | 0             | 9.6 %       | 1.943     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

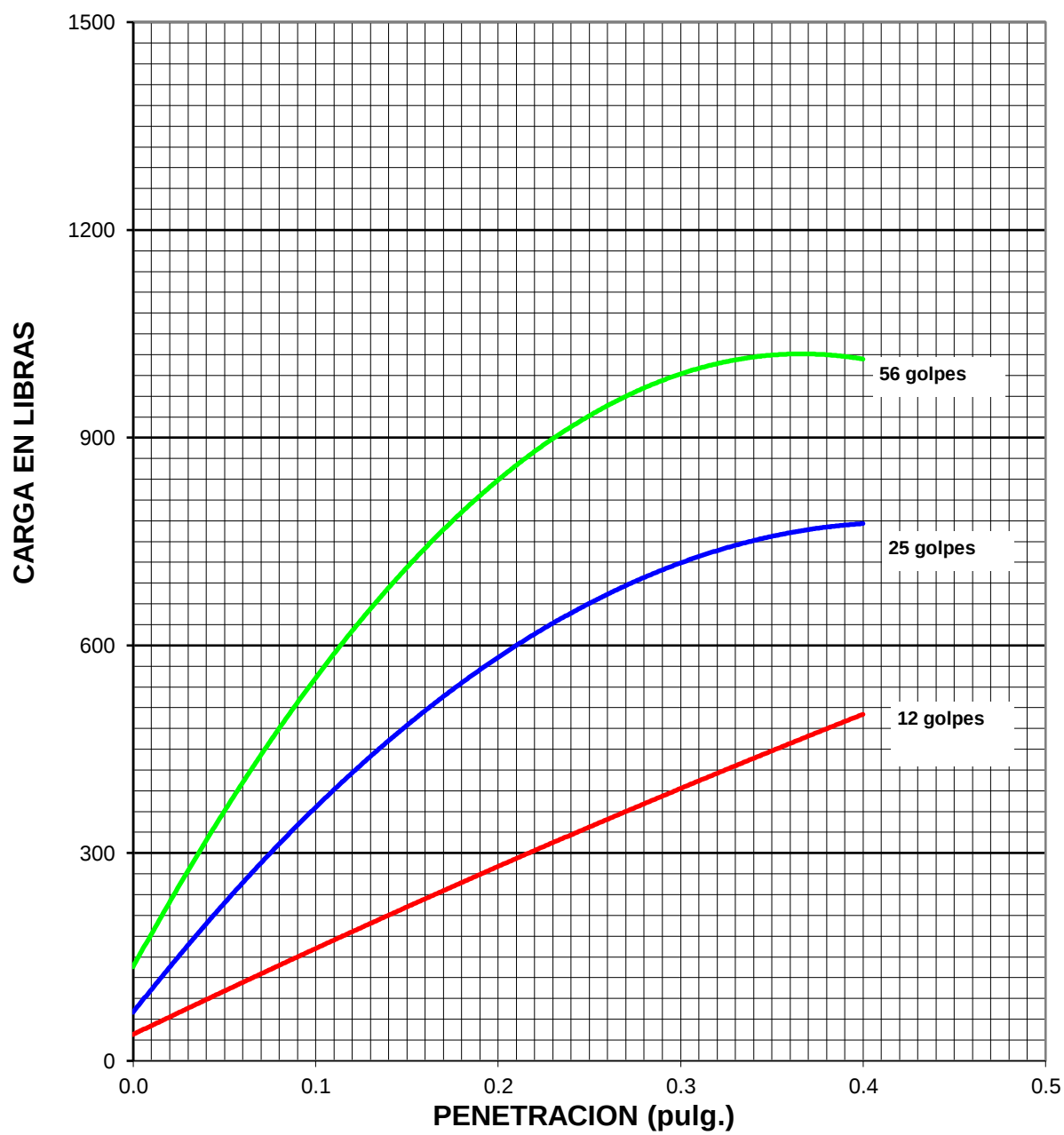
| Molde N°                        | 13               |         |                    | 14               |         |                    | 15               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 10550            |         | 10780              | 10250            |         | 10350              | 10680            |         | 10840              |
| Peso del Molde                  | 6455             |         | 6455               | 6565             |         | 6565               | 6550             |         | 6550               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4095             |         | 4325               | 3685             |         | 3785               | 4130             |         | 4290               |
| Volumen de la Muestra           | 2072.23          |         | 2072.23            | 2063.18          |         | 2063.18            | 2062.13          |         | 2062.13            |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 1.976            |         | 2.087              | 1.786            |         | 1.835              | 2.003            |         | 2.080              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 2                |         | 3                  | 5                |         | 11                 | 13               |         | 12                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 150.60           |         | 125.70             | 250.00           |         | 154.80             | 235.90           |         | 300.00             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 141.00           |         | 120.00             | 232.00           |         | 145.00             | 218.00           |         | 280.00             |
| Peso del Agua                   | 9.60             |         | 5.70               | 18.00            |         | 9.80               | 17.90            |         | 20.00              |
| Peso de la Lata                 | 31.20            |         | 31.33              | 32.60            |         | 31.23              | 30.55            |         | 31.60              |
| Peso de la Muestra Seca         | 109.80           |         | 88.67              | 199.40           |         | 113.77             | 187.45           |         | 248.40             |
| Contenido de Humedad %          | 8.74             |         | 6.43               | 9.03             |         | 8.61               | 9.55             |         | 8.05               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 8.74             |         |                    | 9.03             |         |                    | 9.55             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.817            |         |                    | 1.638            |         |                    | 1.828            |         |                    |

### C.B.R.

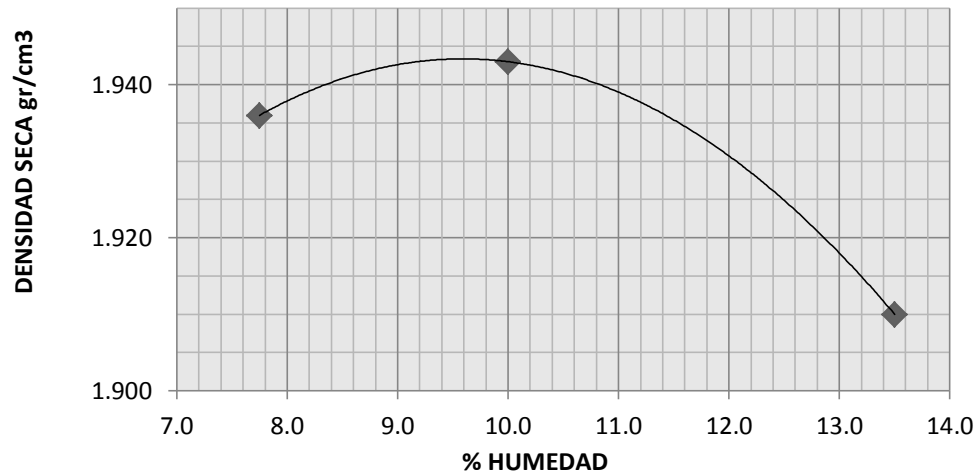
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 5            | 81  |                |      | 10           | 161    |                |      | 18           | 290    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 7            | 113 |                |      | 15           | 242    |                |      | 25           | 403    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 9            | 145 |                |      | 22           | 355    |                |      | 33           | 532    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 12           | 194 |                | 14.3 | 26           | 419    |                | 30.9 | 40           | 645    |                | 47.6 |

|      |       |  |    |     |  |      |    |     |  |      |    |      |  |      |
|------|-------|--|----|-----|--|------|----|-----|--|------|----|------|--|------|
| 0,2" | 5,10  |  | 16 | 258 |  | 12.7 | 33 | 532 |  | 26.2 | 46 | 742  |  | 36.5 |
| 0,3" | 7,60  |  | 23 | 371 |  |      | 42 | 677 |  |      | 58 | 935  |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 32 | 516 |  |      | 50 | 806 |  |      | 66 | 1061 |  |      |
| 0,5" | 12,70 |  | 38 | 613 |  |      | 58 | 935 |  |      | 71 | 1136 |  |      |

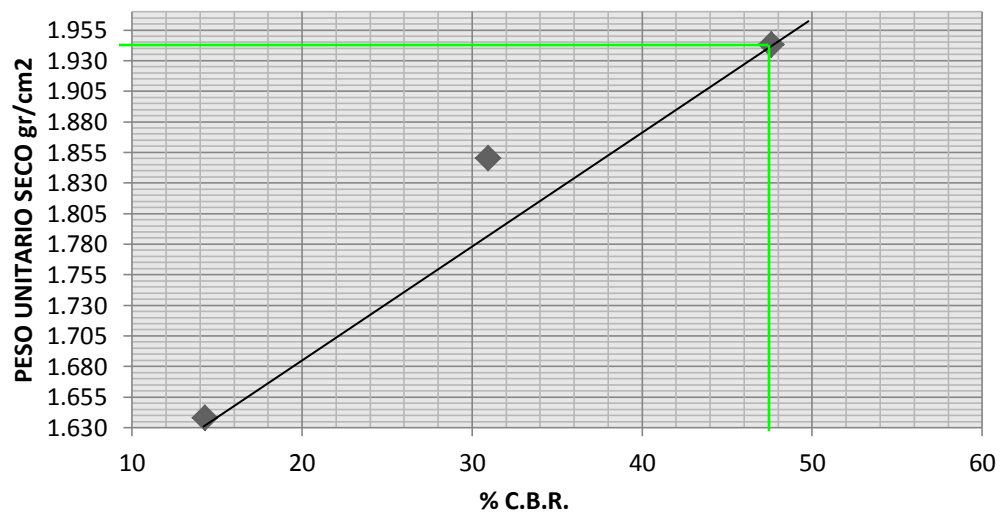
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



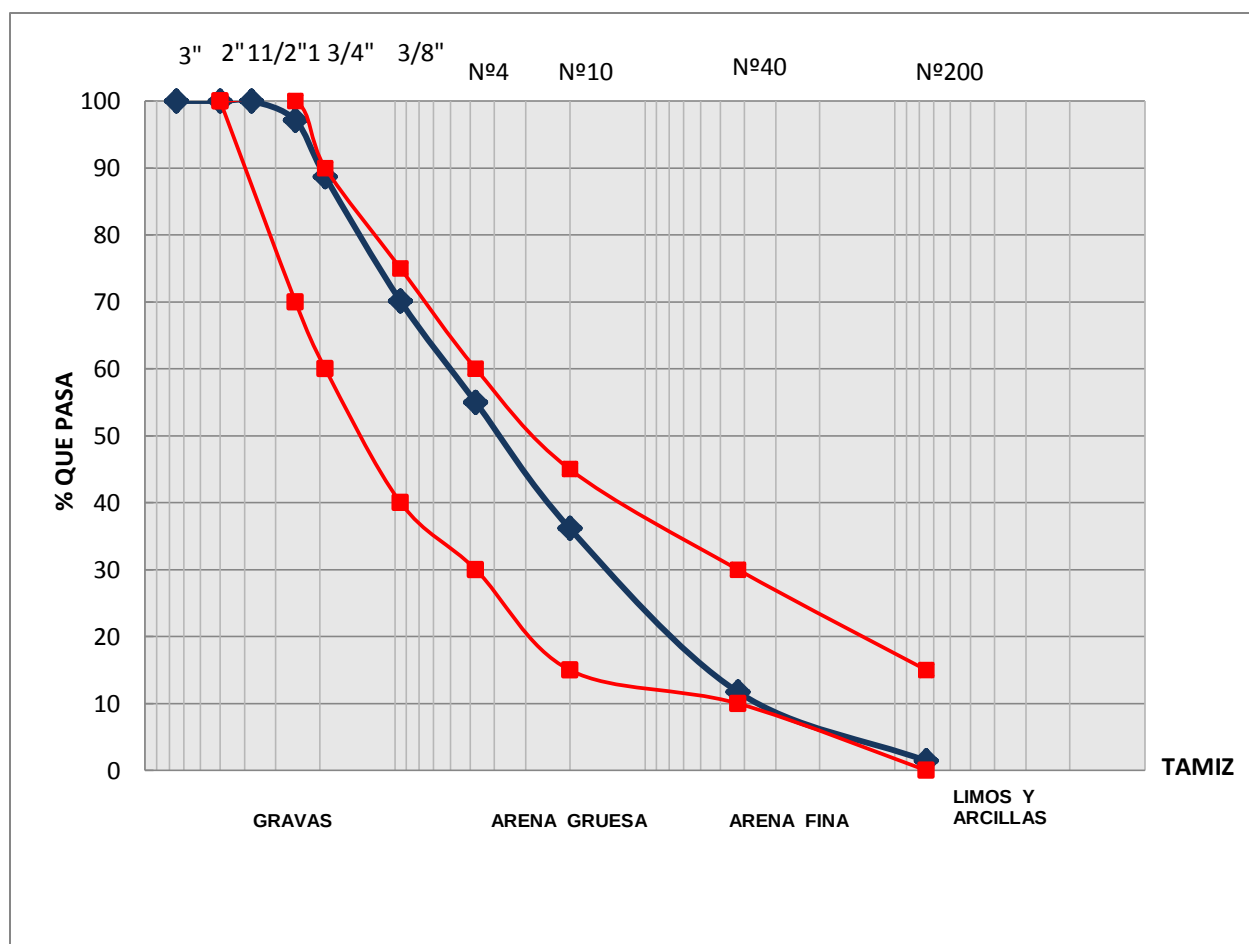
Al 95% Dmax.= 1.8458

## NOVENA COMBINACIÓN.



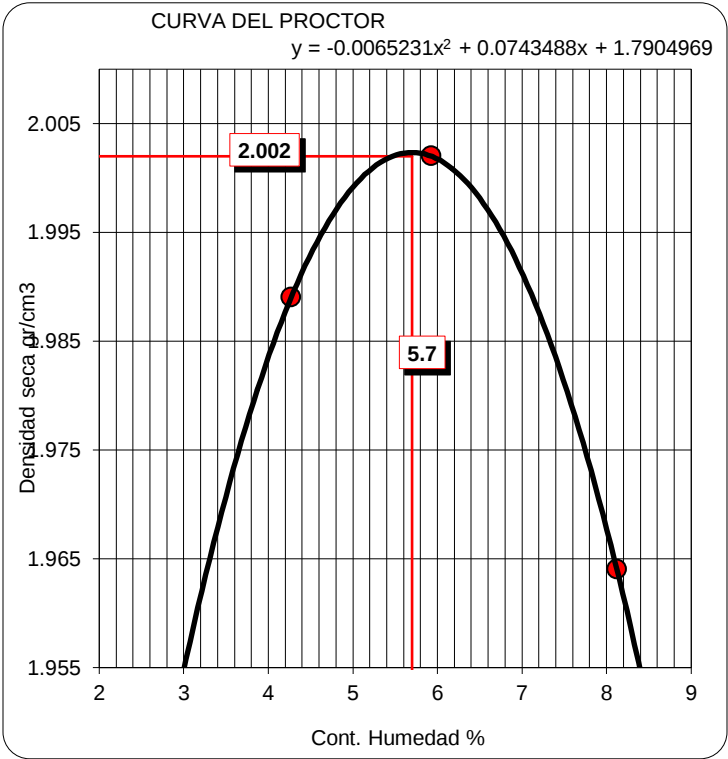
## GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1"                                     | 25,00  | 145.00    | 145.00    | 2.90  | 97.10      |
| 3/4"                                   | 19,00  | 420.00    | 565.00    | 11.30 | 88.70      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 930.00    | 1495.00   | 29.90 | 70.10      |
| Nº4                                    | 4,75   | 756.00    | 2251.00   | 45.02 | 54.98      |
| Nº10                                   | 2,00   | 941.00    | 3192.00   | 63.84 | 36.16      |
| Nº40                                   | 0,425  | 1222.00   | 4414.00   | 88.28 | 11.72      |
| Nº200                                  | 0,075  | 515.00    | 4929.00   | 98.58 | 1.42       |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 20     | 22     | 21     |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 368.50 | 355.70 | 355.40 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 358.00 | 342.00 | 337.00 |
| Peso del agua                                | 10.50  | 13.70  | 18.40  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 112.00 | 111.00 | 110.50 |
| Humedad (%)                                  | 4.27   | 5.93   | 8.12   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7750   | 7850   | 7855   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4405   | 4505   | 4510   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.074  | 2.121  | 2.123  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.989  | 2.002  | 1.964  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.002 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5.7   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 9          | 0,00 | 0,00 | 0             | 5.7 %       | 2.002     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

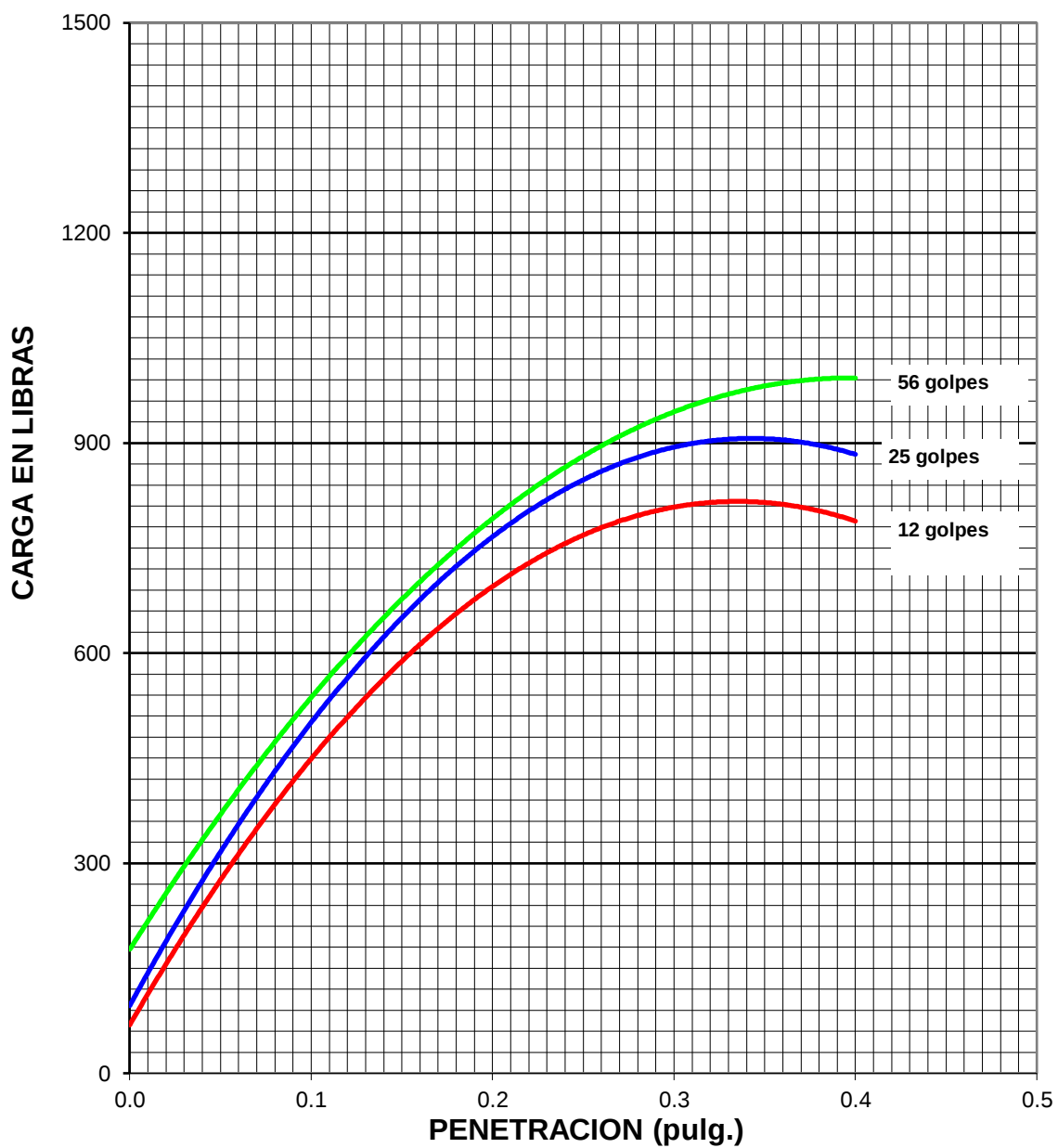
| Molde N°                        | 14               |         |                    | 15               |         |                    | 16               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 10565            |         | 10650              | 11350            |         | 11420              | 11000            |         | 11135              |
| Peso del Molde                  | 6455             |         | 6455               | 6565             |         | 6565               | 6550             |         | 6550               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4110             |         | 4195               | 4785             |         | 4855               | 4450             |         | 4585               |
| Volumen de la Muestra           | 2070             |         | 2070               | 2065             |         | 2065               | 2075             |         | 2075               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 1.986            |         | 2.027              | 2.317            |         | 2.351              | 2.145            |         | 2.210              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 2                |         | 3                  | 4                |         | 6                  | 8                |         | 11                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 254.00           |         | 265.80             | 241.50           |         | 250.00             | 236.70           |         | 244.50             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 243.00           |         | 255.00             | 231.00           |         | 240.00             | 226.00           |         | 234.00             |
| Peso del Agua                   | 11.00            |         | 10.80              | 10.50            |         | 10.00              | 10.70            |         | 10.50              |
| Peso de la Lata                 | 32.00            |         | 31.50              | 30.00            |         | 33.00              | 33.50            |         | 32.50              |
| Peso de la Muestra Seca         | 211.00           |         | 223.50             | 201.00           |         | 207.00             | 192.50           |         | 201.50             |
| Contenido de Humedad %          | 5.21             |         | 4.83               | 5.22             |         | 4.83               | 5.56             |         | 5.21               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5.21             |         |                    | 5.22             |         |                    | 5.56             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.887            |         |                    | 1.963            |         |                    | 2.000            |         |                    |

### C.B.R.

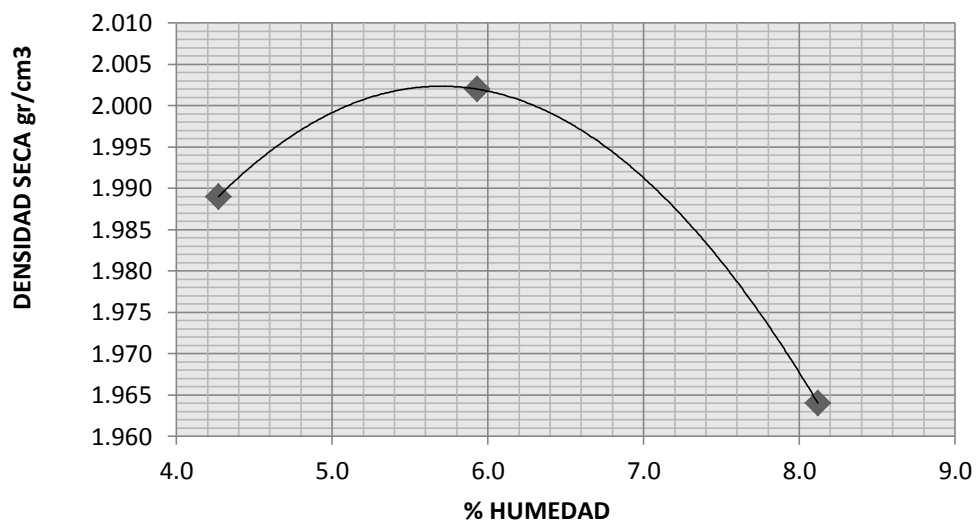
| PENETRACION |      | Carga Normal<br>Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                   |   | MOLDE N°2    |        |                   |   | MOLDE N°3    |        |                |   |
|-------------|------|------------------------|--------------|-----|-------------------|---|--------------|--------|-------------------|---|--------------|--------|----------------|---|
| Pulg.       | cm.  |                        | Carga Ensayo |     | C.B.R.<br>Correg. |   | Carga Ensayo |        | C.B.R.<br>Correg. |   | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |   |
|             |      |                        | Dial         | Kg  | Kg                | % | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2            | % | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | % |
| 0,025       | 0,64 |                        | 10           | 161 |                   |   | 15           | 242    |                   |   | 20           | 323    |                |   |
| 0,050       | 1,27 |                        | 18           | 290 |                   |   | 20           | 323    |                   |   | 29           | 468    |                |   |
| 0,075       | 1,91 |                        | 25           | 403 |                   |   | 28           | 452    |                   |   | 33           | 532    |                |   |

|      |       |  |    |     |  |      |    |      |  |      |    |      |  |      |
|------|-------|--|----|-----|--|------|----|------|--|------|----|------|--|------|
| 0,1" | 2,54  |  | 35 | 565 |  | 41.7 | 37 | 597  |  | 44.0 | 37 | 597  |  | 44.0 |
| 0,2" | 5,10  |  | 40 | 645 |  | 31.7 | 45 | 726  |  | 35.7 | 45 | 726  |  | 35.7 |
| 0,3" | 7,60  |  | 45 | 726 |  |      | 50 | 806  |  |      | 52 | 839  |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 52 | 839 |  |      | 58 | 935  |  |      | 66 | 1061 |  |      |
| 0,5" | 12,70 |  | 58 | 935 |  |      | 62 | 1000 |  |      | 75 | 1197 |  |      |

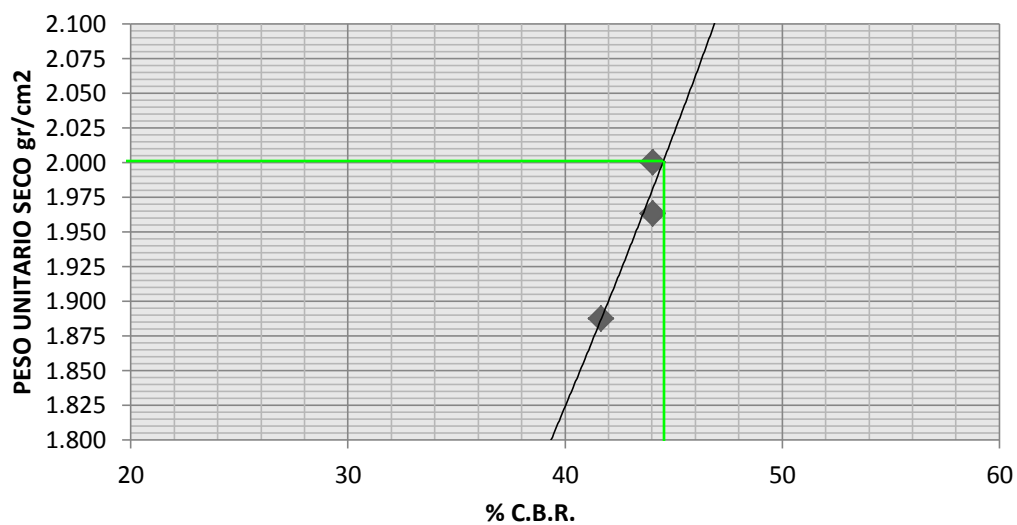
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



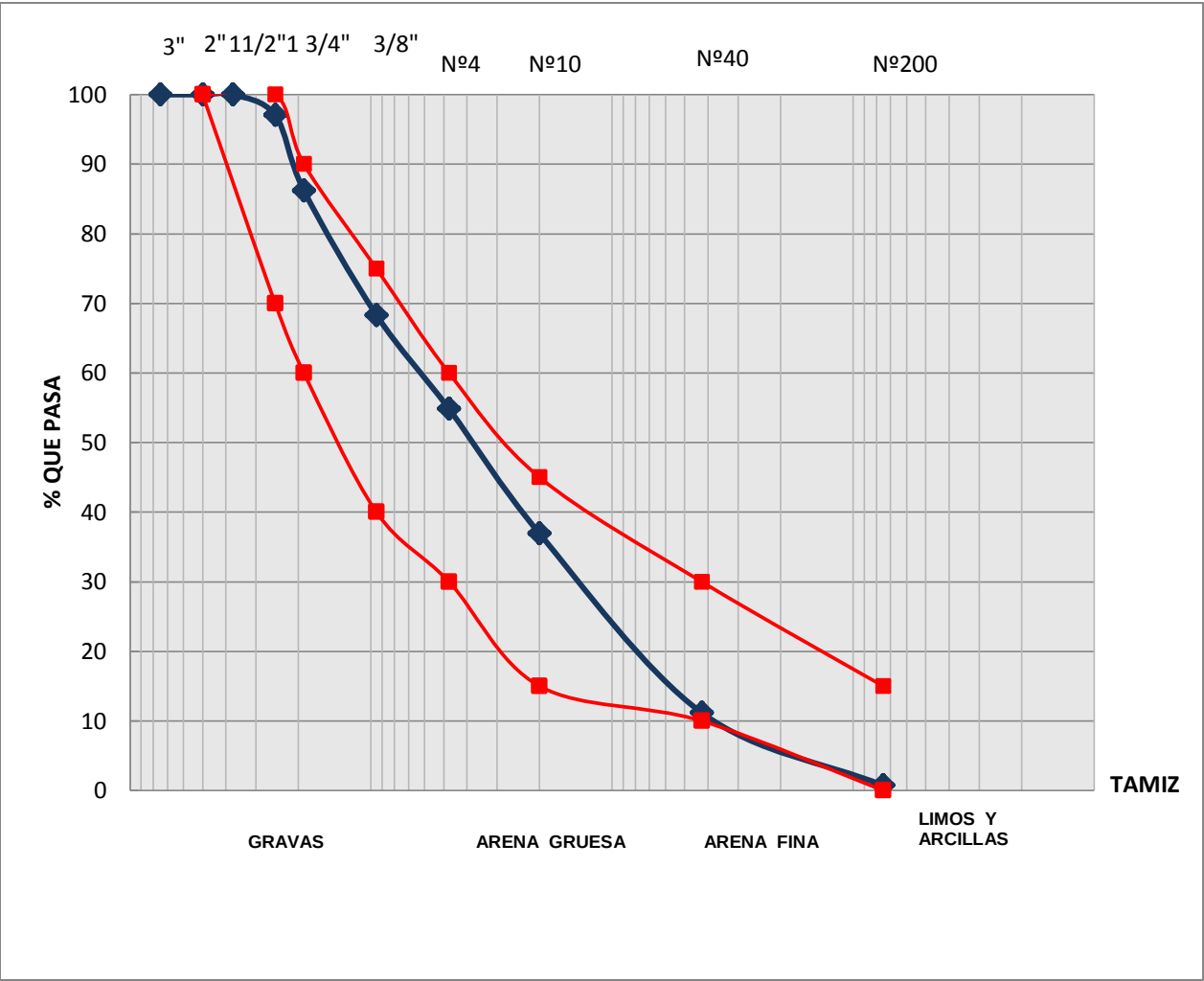
Al 95% Dmax.= 1.9019

### DÉCIMA COMBINACIÓN.



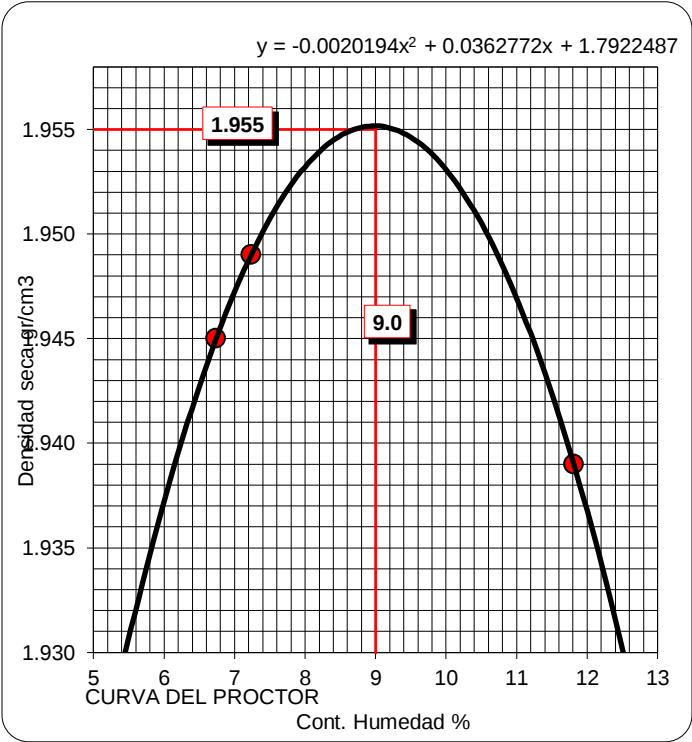
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1"                                     | 25,00  | 148.00    | 148.00    | 2.96  | 97.04      |
| 3/4"                                   | 19,00  | 542.00    | 690.00    | 13.80 | 86.20      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 894.00    | 1584.00   | 31.68 | 68.32      |
| Nº4                                    | 4,75   | 674.00    | 2258.00   | 45.16 | 54.84      |
| Nº10                                   | 2,00   | 896.00    | 3154.00   | 63.08 | 36.92      |
| Nº40                                   | 0,425  | 1287.00   | 4441.00   | 88.82 | 11.18      |
| Nº200                                  | 0,075  | 523.00    | 4964.00   | 99.28 | 0.72       |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 2      | 4      | 5      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 241.20 | 238.50 | 350.10 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 233.00 | 230.00 | 325.00 |
| Peso del agua                                | 8.20   | 8.50   | 25.10  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 111.30 | 112.50 | 112.50 |
| Humedad (%)                                  | 6.74   | 7.23   | 11.81  |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7755   | 7785   | 7950   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4410   | 4440   | 4605   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.076  | 2.090  | 2.168  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.945  | 1.949  | 1.939  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 1.955 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 9     | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 10         | 0,00 | 0,00 | 0             | 9 %         | 1.955     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

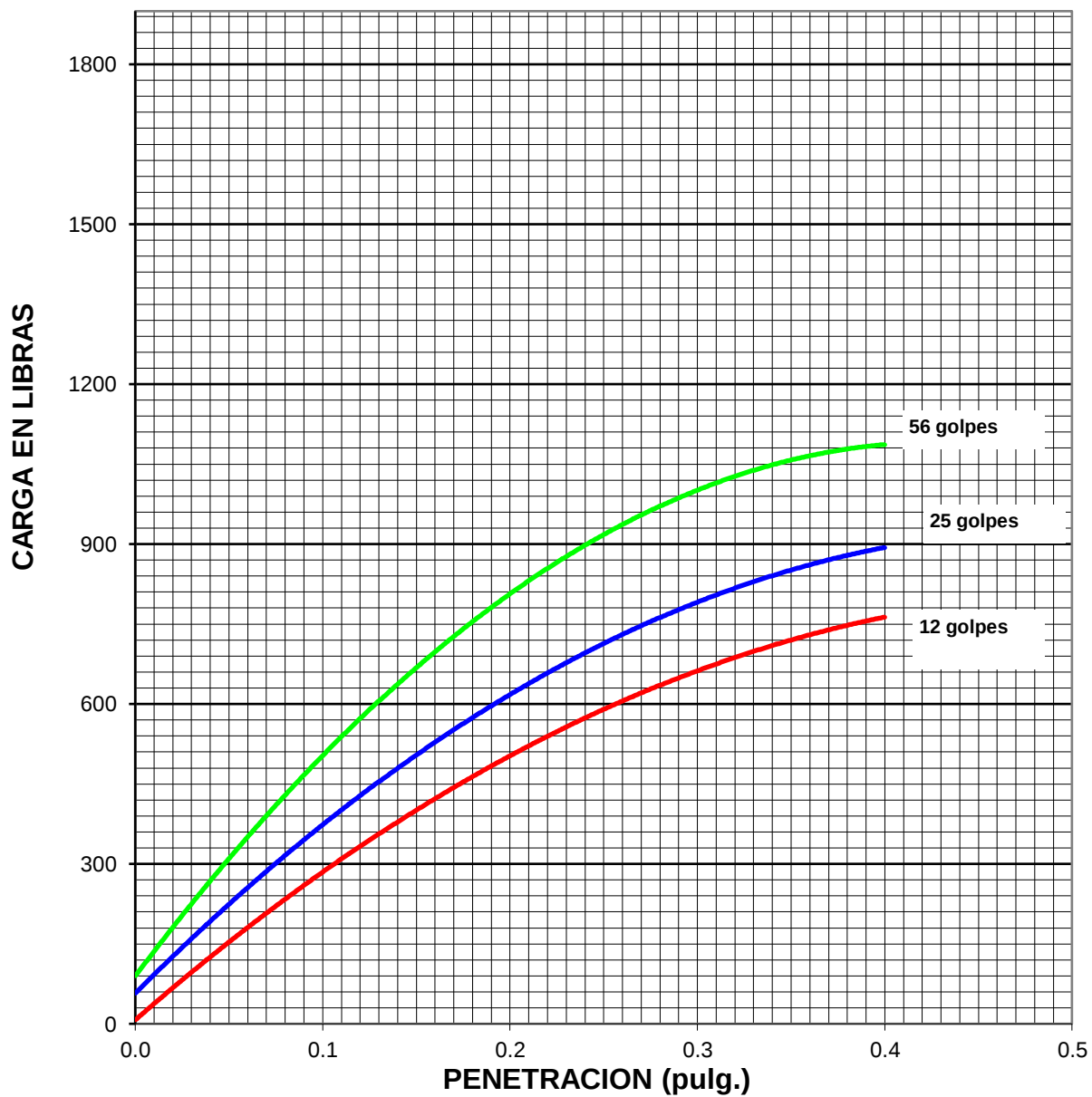
| Molde N°                        | 22               |         |                    | 23               |         |                    | 24               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 10655            |         | 10780              | 10555            |         | 10650              | 11250            |         | 11355              |
| Peso del Molde                  | 6570             |         | 6570               | 6455             |         | 6455               | 6555             |         | 6555               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4085             |         | 4210               | 4100             |         | 4195               | 4695             |         | 4800               |
| Volumen de la Muestra           | 2130             |         | 2130               | 2200             |         | 2200               | 2160             |         | 2160               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 1.918            |         | 1.977              | 1.864            |         | 1.907              | 2.174            |         | 2.222              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 2                |         | 4                  | 5                |         | 10                 | 11               |         | 13                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 360.40           |         | 395.40             | 300.50           |         | 321.60             | 365.10           |         | 295.60             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 345.00           |         | 376.50             | 265.00           |         | 308.50             | 230.10           |         | 235.00             |
| Peso del Agua                   | 15.40            |         | 18.90              | 35.50            |         | 13.10              | 135.00           |         | 60.60              |
| Peso de la Lata                 | 112.00           |         | 110.50             | 110.50           |         | 126.00             | 116.00           |         | 120.50             |
| Peso de la Muestra Seca         | 233.00           |         | 266.00             | 154.50           |         | 182.50             | 114.10           |         | 114.50             |
| Contenido de Humedad %          | 6.61             |         | 7.11               | 7.00             |         | 7.18               | 7.10             |         | 7.08               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 6.61             |         |                    | 7.11             |         |                    | 7.18             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.799            |         |                    | 1.935            |         |                    | 1.944            |         |                    |

### C.B.R.

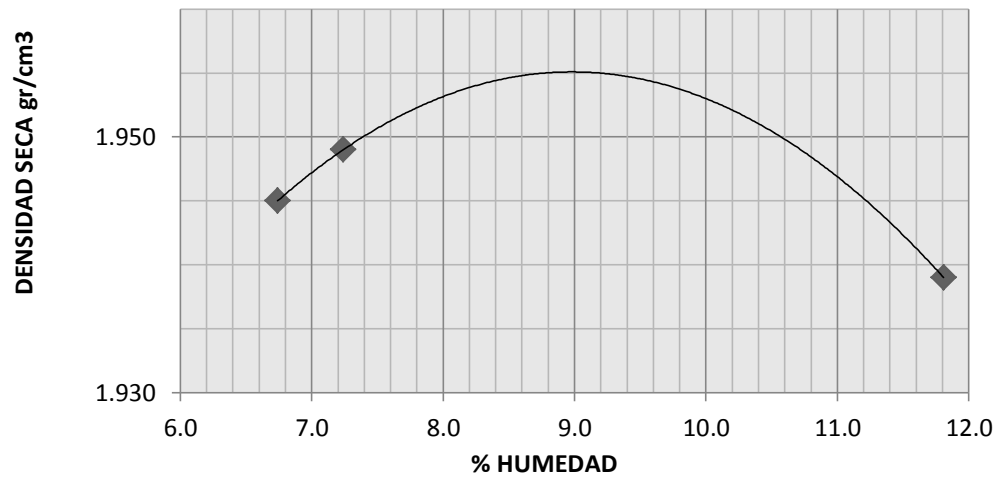
| PENETRACION |      | Carga Normal<br>Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|------------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                        | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                        | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                        | 5            | 81  |                |      | 9            | 145    |                |      | 15           | 242    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                        | 9            | 145 |                |      | 12           | 194    |                |      | 20           | 323    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                        | 12           | 194 |                |      | 22           | 355    |                |      | 28           | 452    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                        | 22           | 355 |                | 26.2 | 30           | 484    |                | 35.7 | 35           | 565    |                | 41.7 |

[illegible]

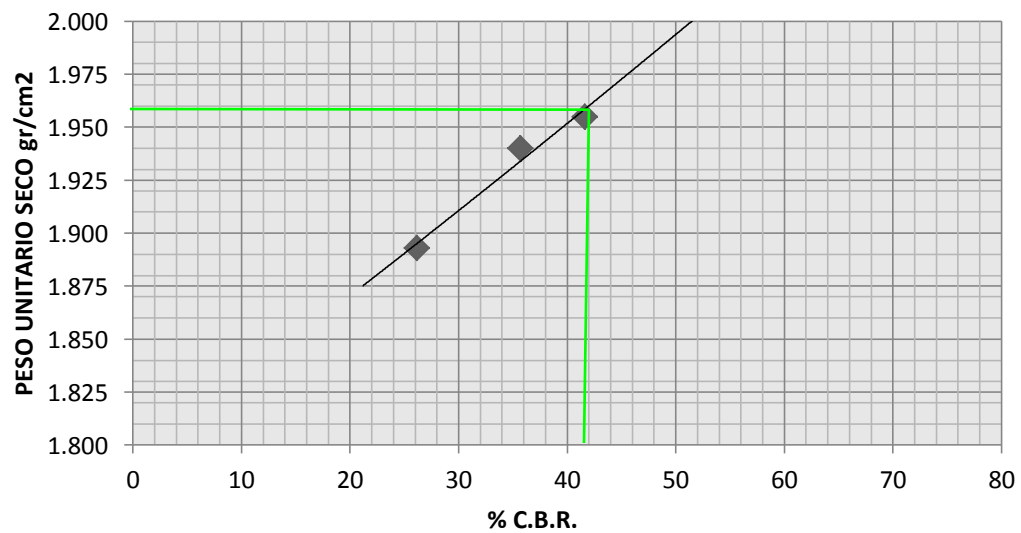
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

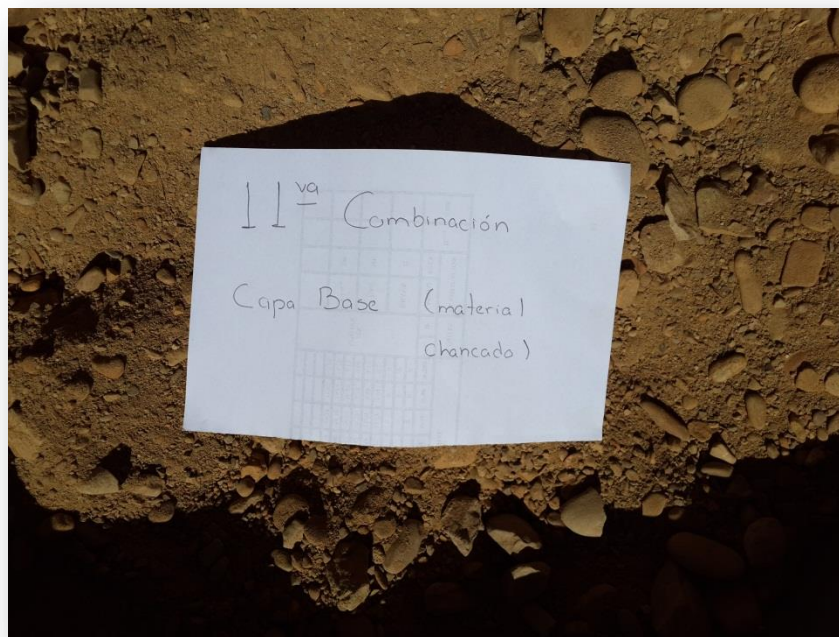


## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



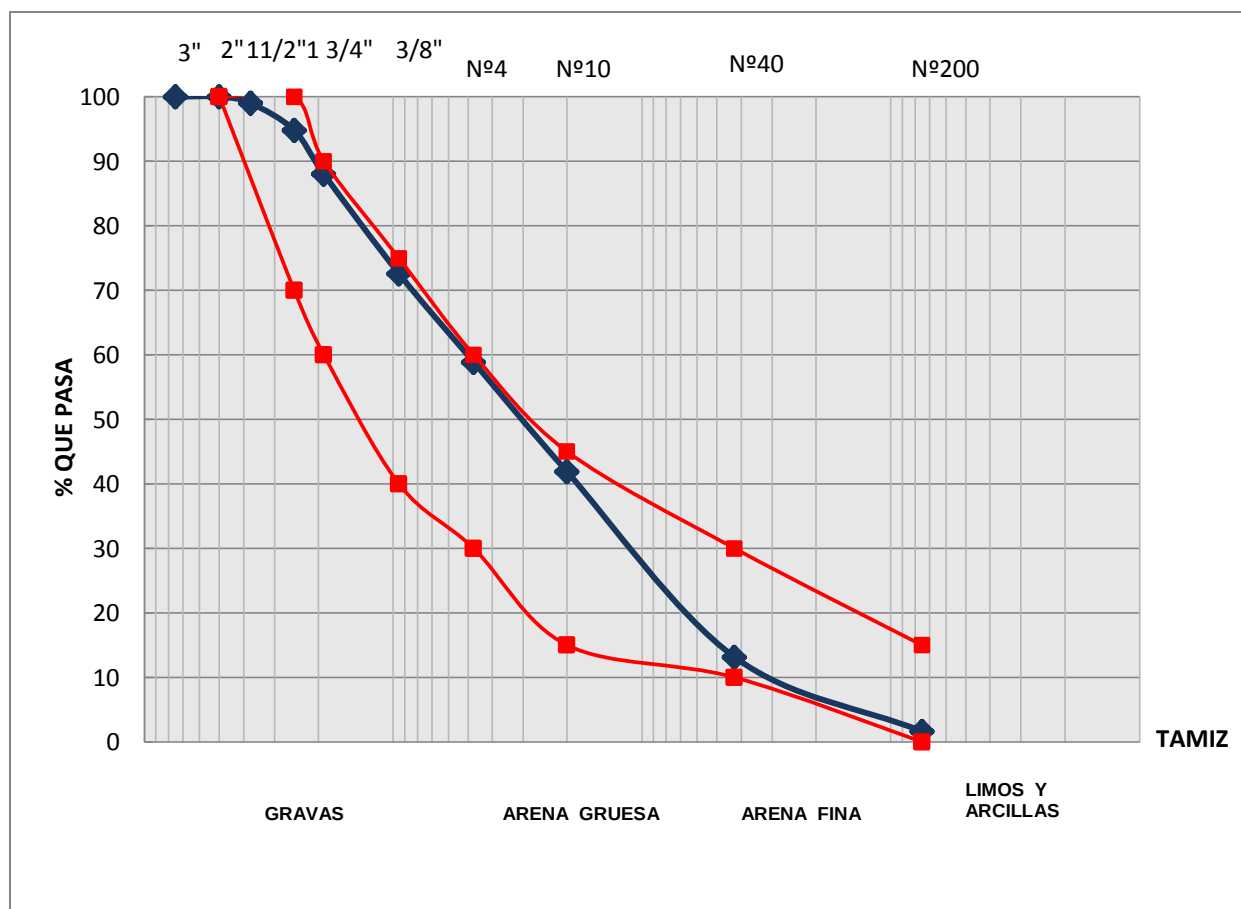
Al 95%  $D_{\text{max.}} = 1.8573$

### DÉCIMA PRIMERA COMBINACIÓN.



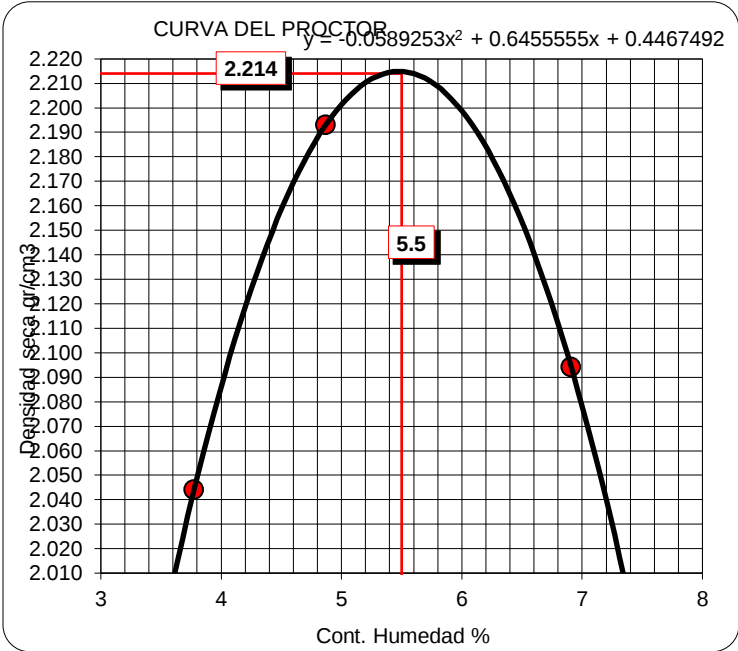
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 50.00     | 50.00     | 1.00  | 99.00      |
| 1"                                     | 25,00  | 210.00    | 260.00    | 5.20  | 94.80      |
| 3/4"                                   | 19,00  | 340.00    | 600.00    | 12.00 | 88.00      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 770.00    | 1370.00   | 27.40 | 72.60      |
| Nº4                                    | 4,75   | 687.00    | 2057.00   | 41.14 | 58.86      |
| Nº10                                   | 2,00   | 850.00    | 2907.00   | 58.14 | 41.86      |
| Nº40                                   | 0,425  | 1436.00   | 4343.00   | 86.86 | 13.14      |
| Nº200                                  | 0,075  | 575.00    | 4918.00   | 98.36 | 1.64       |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 5      | 6      | 7      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 375.20 | 385.60 | 380.60 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 365.20 | 372.60 | 362.60 |
| Peso del agua                                | 10.00  | 13.00  | 18.00  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 100.30 | 105.60 | 102.10 |
| Humedad (%)                                  | 3.78   | 4.87   | 6.91   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7850   | 8230   | 8100   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4505   | 4885   | 4755   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.121  | 2.300  | 2.239  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 2.044  | 2.193  | 2.094  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.214 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5.5   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 11         | 0,00 | 0,00 | 0             | 5.5 %       | 2.214     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

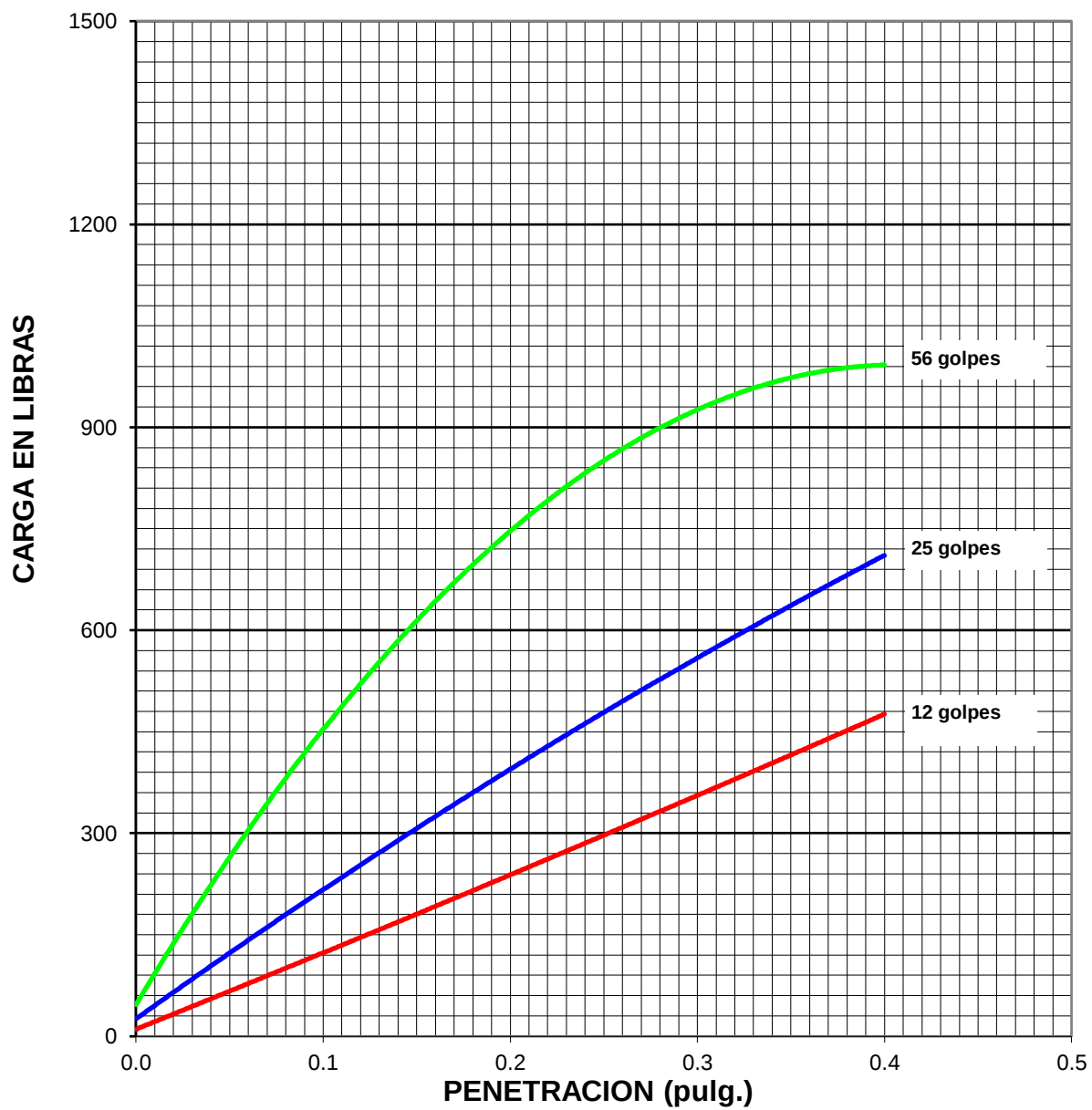
| Molde N°                        | 10               |         |                    | 11               |         |                    | 12               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11120            |         | 11230              | 11310            |         | 11410              | 11365            |         | 11460              |
| Peso del Molde                  | 6455             |         | 6455               | 6565             |         | 6565               | 6550             |         | 6550               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4665             |         | 4775               | 4745             |         | 4845               | 4815             |         | 4910               |
| Volumen de la Muestra           | 2072.23          |         | 2072.23            | 2063.18          |         | 2063.18            | 2062.13          |         | 2062.13            |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.251            |         | 2.304              | 2.300            |         | 2.348              | 2.335            |         | 2.381              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 1                |         | 2                  | 4                |         | 6                  | 8                |         | 10                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 105.60           |         | 84.62              | 103.60           |         | 100.20             | 112.60           |         | 90.10              |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 101.90           |         | 81.00              | 99.90            |         | 95.20              | 108.40           |         | 86.00              |
| Peso del Agua                   | 3.70             |         | 3.62               | 3.70             |         | 5.00               | 4.20             |         | 4.10               |
| Peso de la Lata                 | 31.10            |         | 31.40              | 31.20            |         | 30.10              | 31.60            |         | 30.20              |
| Peso de la Muestra Seca         | 70.80            |         | 49.60              | 68.70            |         | 65.10              | 76.80            |         | 55.80              |
| Contenido de Humedad %          | 5.23             |         | 7.30               | 5.39             |         | 7.68               | 5.47             |         | 7.35               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5.23             |         |                    | 5.39             |         |                    | 5.47             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 2.139            |         |                    | 2.182            |         |                    | 2.214            |         |                    |

### C.B.R.

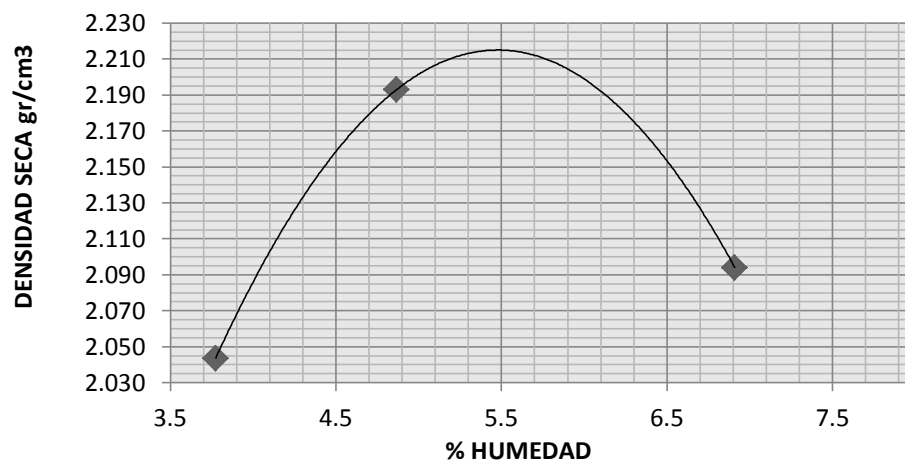
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 3            | 48  |                |      | 5            | 81     |                |      | 12           | 194    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 4            | 65  |                |      | 8            | 129    |                |      | 16           | 258    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 5            | 81  |                |      | 11           | 177    |                |      | 21           | 339    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 9            | 145 |                | 10.7 | 15           | 242    |                | 17.9 | 33           | 532    |                | 39.3 |

|      |       |  |    |     |  |      |    |     |  |      |    |      |  |      |
|------|-------|--|----|-----|--|------|----|-----|--|------|----|------|--|------|
| 0,2" | 5,10  |  | 15 | 242 |  | 11.9 | 24 | 387 |  | 19.0 | 45 | 726  |  | 35.7 |
| 0,3" | 7,60  |  | 21 | 339 |  |      | 33 | 532 |  |      | 55 | 887  |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 30 | 484 |  |      | 45 | 726 |  |      | 63 | 1015 |  |      |
| 0,5" | 12,70 |  | 37 | 597 |  |      | 51 | 823 |  |      | 75 | 1197 |  |      |

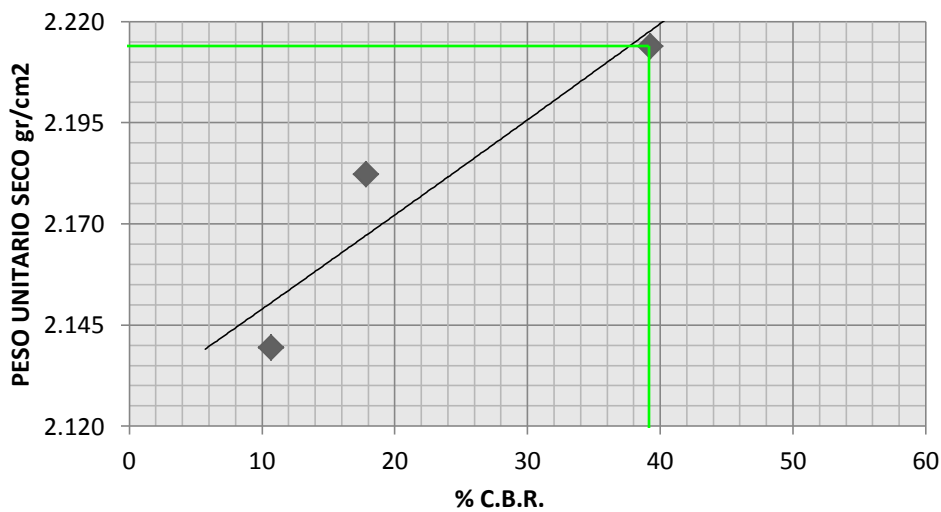
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

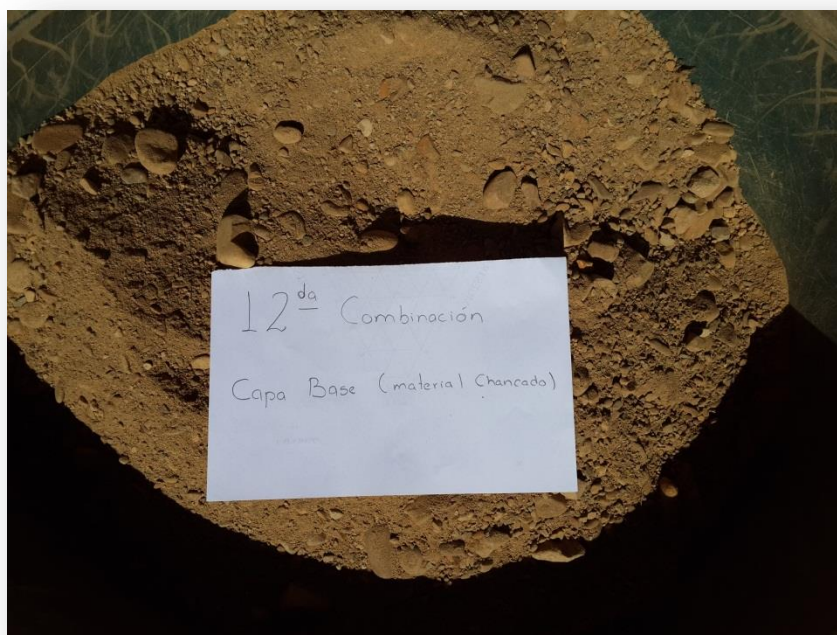


## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



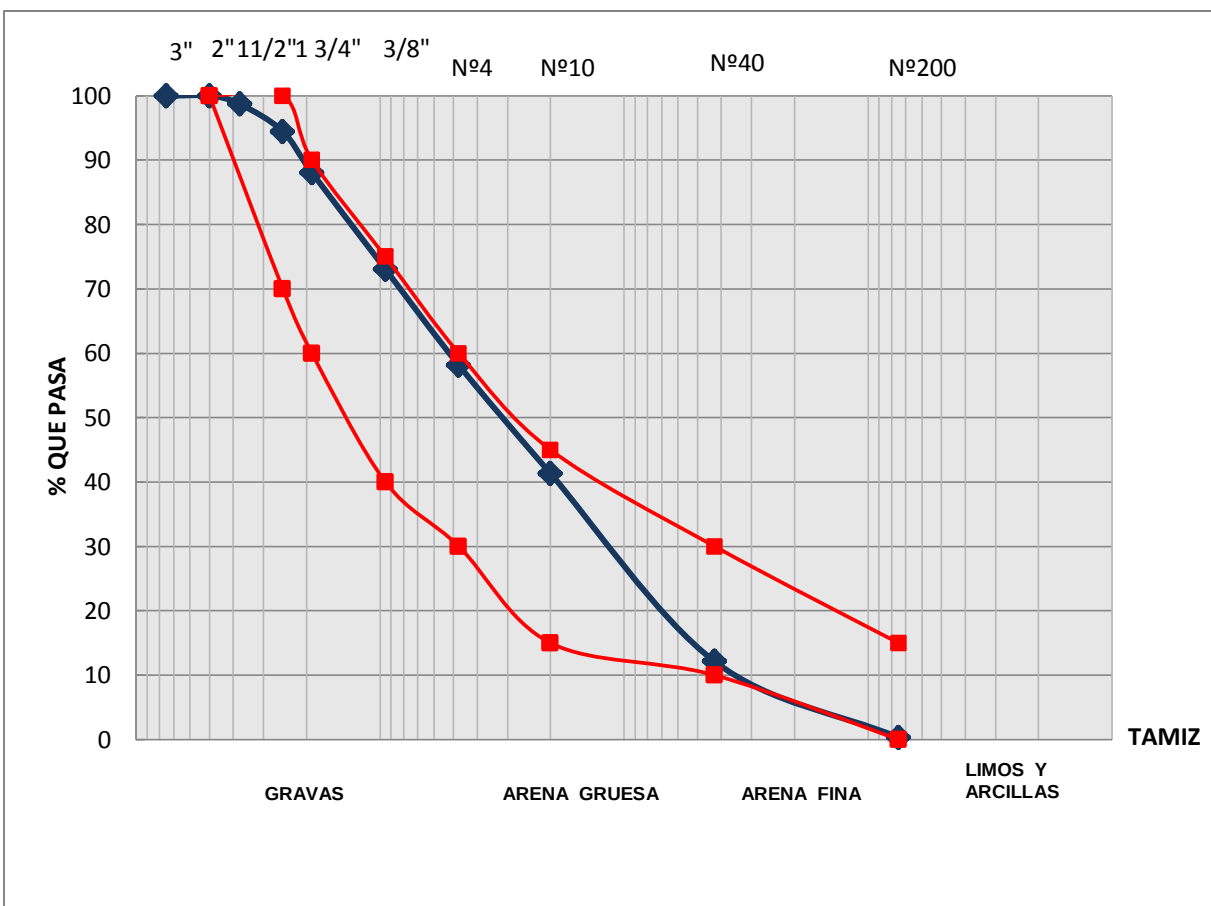
Al 95% Dmax. = 2.1033

## DÉCIMA SEGUNDA COMBINACIÓN.



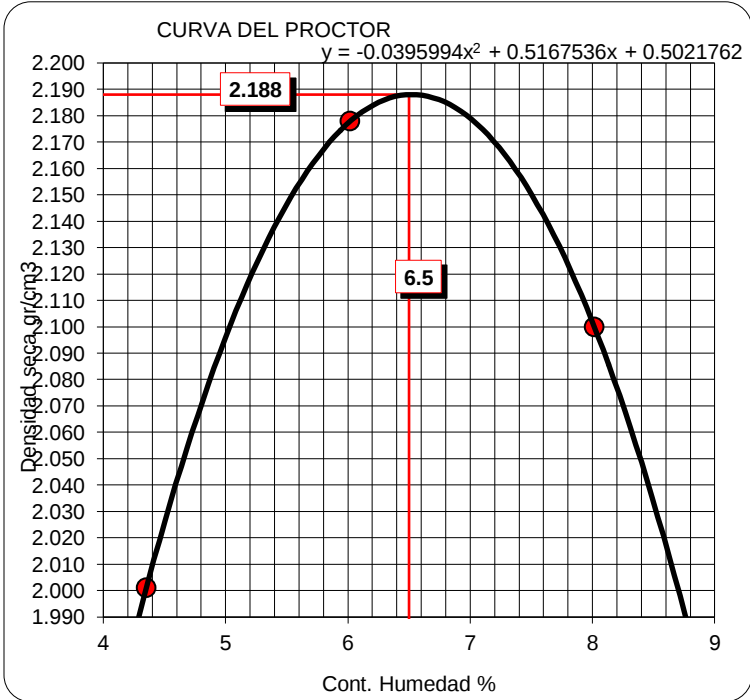
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 65.00     | 65.00     | 1.30  | 98.70      |
| 1"                                     | 25,00  | 212.00    | 277.00    | 5.54  | 94.46      |
| 3/4"                                   | 19,00  | 320.00    | 597.00    | 11.94 | 88.06      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 750.00    | 1347.00   | 26.94 | 73.06      |
| Nº4                                    | 4,75   | 746.00    | 2093.00   | 41.86 | 58.14      |
| Nº10                                   | 2,00   | 841.00    | 2934.00   | 58.68 | 41.32      |
| Nº40                                   | 0,425  | 1460.00   | 4394.00   | 87.88 | 12.12      |
| Nº200                                  | 0,075  | 590.00    | 4984.00   | 99.68 | 0.32       |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 7      | 8      | 10     |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 350.20 | 366.50 | 395.40 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 340.00 | 352.00 | 375.00 |
| Peso del agua                                | 10.20  | 14.50  | 20.40  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 105.60 | 111.20 | 120.50 |
| Humedad (%)                                  | 4.35   | 6.02   | 8.02   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7780   | 8250   | 8952   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4435   | 4905   | 5607   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.088  | 2.309  | 2.640  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 2.001  | 2.178  | 2.100  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.188 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 6.5   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 12         | 0,00 | 0,00 | 0             | 6.5 %       | 2.188     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

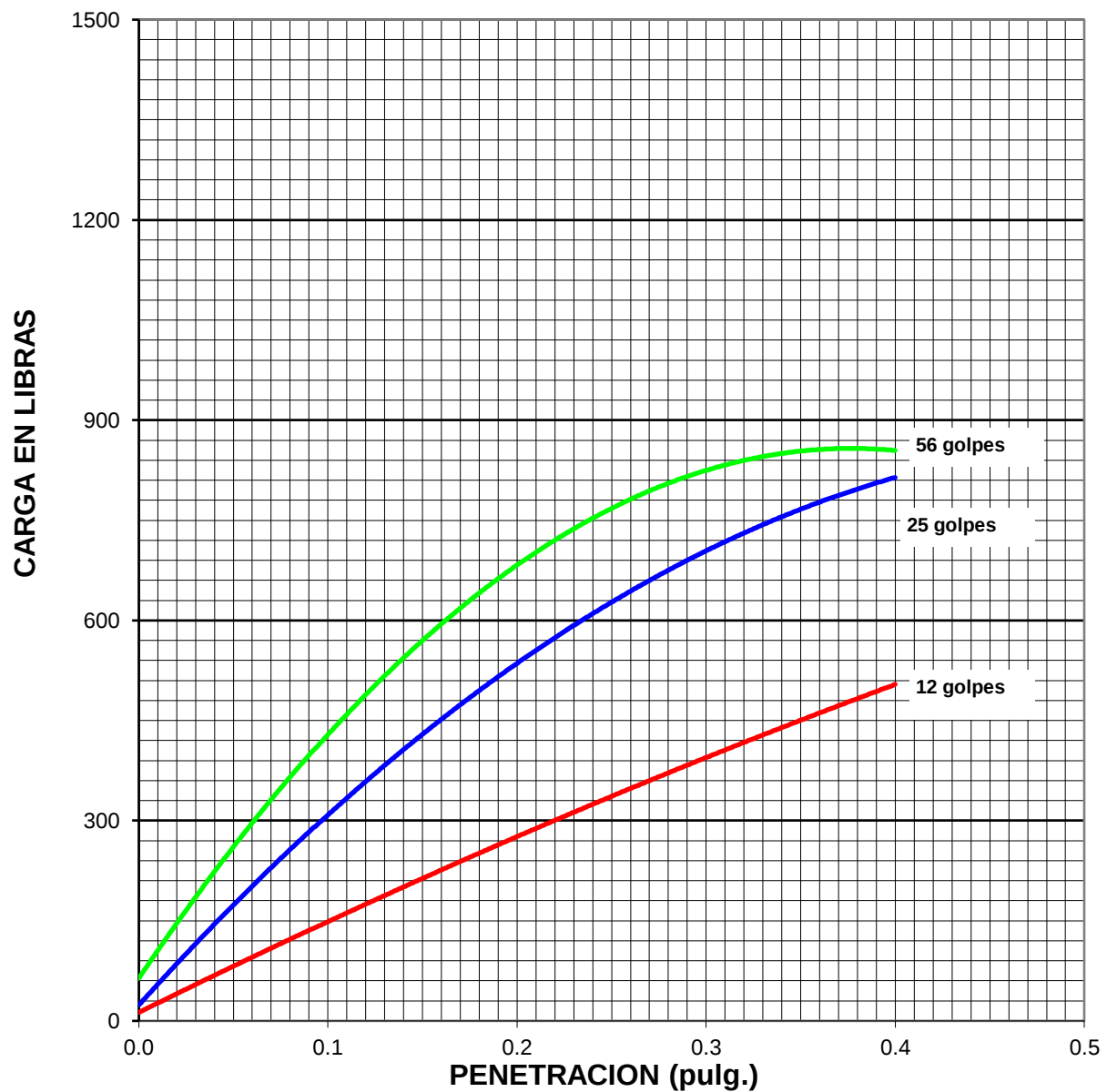
| Molde N°                        | 25               |         |                    | 26               |         |                    | 27               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 10550            |         | 10750              | 11350            |         | 11420              | 11555            |         | 11670              |
| Peso del Molde                  | 6455             |         | 6455               | 6565             |         | 6565               | 6550             |         | 6550               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4095             |         | 4295               | 4785             |         | 4855               | 5005             |         | 5120               |
| Volumen de la Muestra           | 2044             |         | 2044               | 2065             |         | 2065               | 2084             |         | 2084               |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.003            |         | 2.101              | 2.317            |         | 2.351              | 2.402            |         | 2.457              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 8                |         | 9                  | 10               |         | 11                 | 13               |         | 12                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 260.80           |         | 220.00             | 221.50           |         | 266.50             | 215.20           |         | 222.50             |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 247.00           |         | 210.00             | 210.80           |         | 255.00             | 204.30           |         | 211.00             |
| Peso del Agua                   | 13.80            |         | 10.00              | 10.70            |         | 11.50              | 10.90            |         | 11.50              |
| Peso de la Lata                 | 30.50            |         | 32.00              | 33.50            |         | 30.10              | 35.20            |         | 32.40              |
| Peso de la Muestra Seca         | 216.50           |         | 178.00             | 177.30           |         | 224.90             | 169.10           |         | 178.60             |
| Contenido de Humedad %          | 6.37             |         | 5.62               | 6.03             |         | 5.11               | 6.45             |         | 6.44               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 6.37             |         |                    | 6.03             |         |                    | 6.45             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.980            |         |                    | 2.090            |         |                    | 2.100            |         |                    |

### C.B.R.

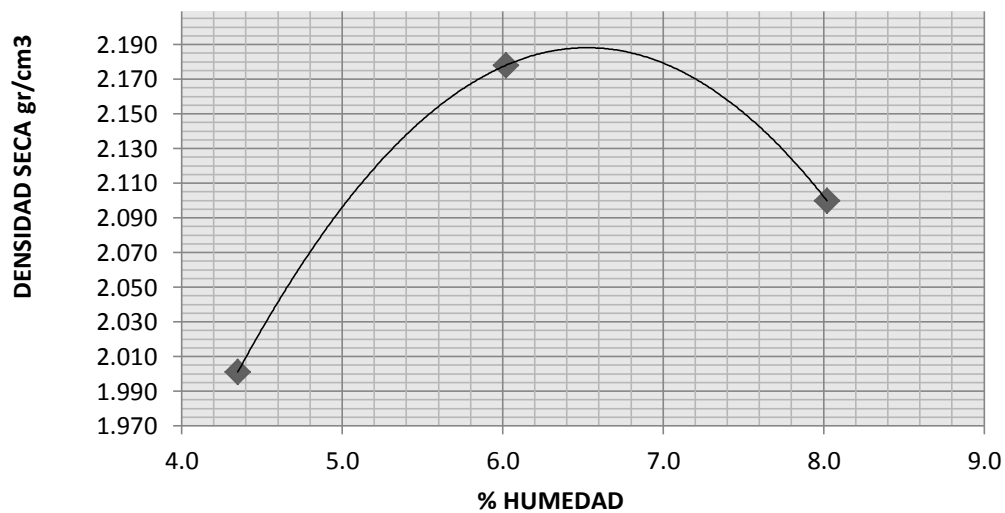
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |      | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 3            | 48  |                |      | 6            | 97     |                |      | 11           | 177    |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 5            | 81  |                |      | 10           | 161    |                |      | 17           | 274    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 7            | 113 |                |      | 15           | 242    |                |      | 23           | 371    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 11           | 177 |                | 13.1 | 24           | 387    |                | 28.6 | 31           | 500    |                | 36.9 |

|      |       |  |    |     |  |      |    |     |  |      |    |     |  |      |
|------|-------|--|----|-----|--|------|----|-----|--|------|----|-----|--|------|
| 0,2" | 5,10  |  | 17 | 274 |  | 13.5 | 32 | 516 |  | 25.4 | 40 | 645 |  | 31.7 |
| 0,3" | 7,60  |  | 23 | 371 |  |      | 41 | 661 |  |      | 48 | 774 |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 32 | 516 |  |      | 52 | 839 |  |      | 55 | 887 |  |      |

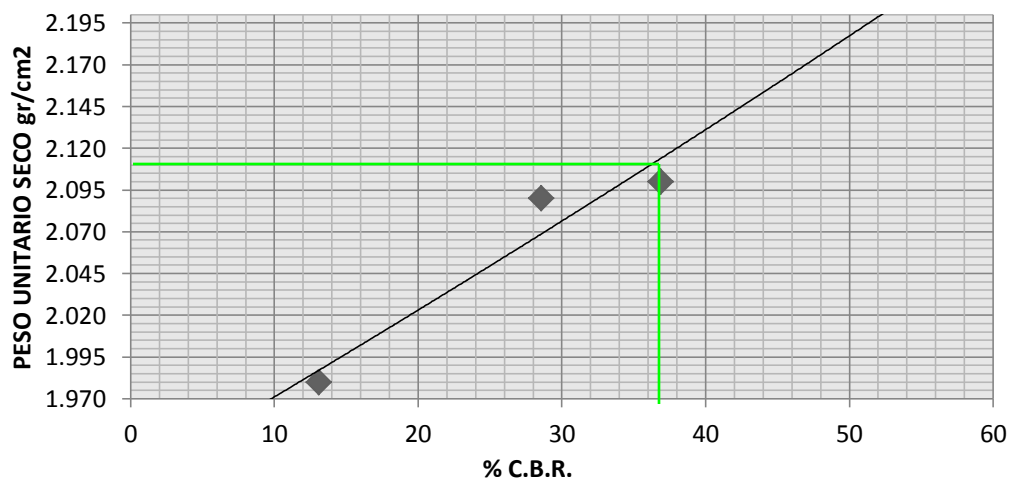
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



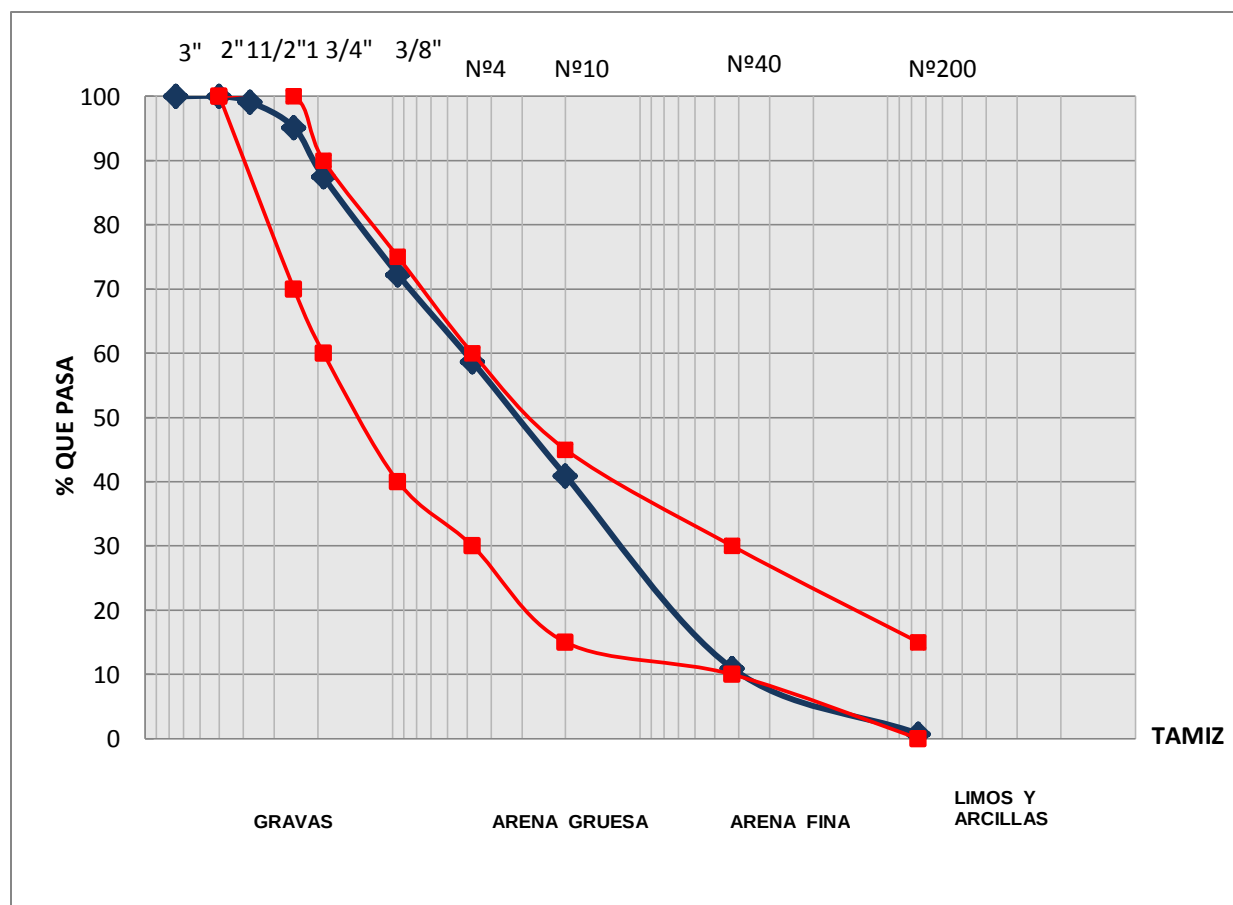
Al 95% Dmax.=2.0121

### DÉCIMA TERCERA COMBINACIÓN.



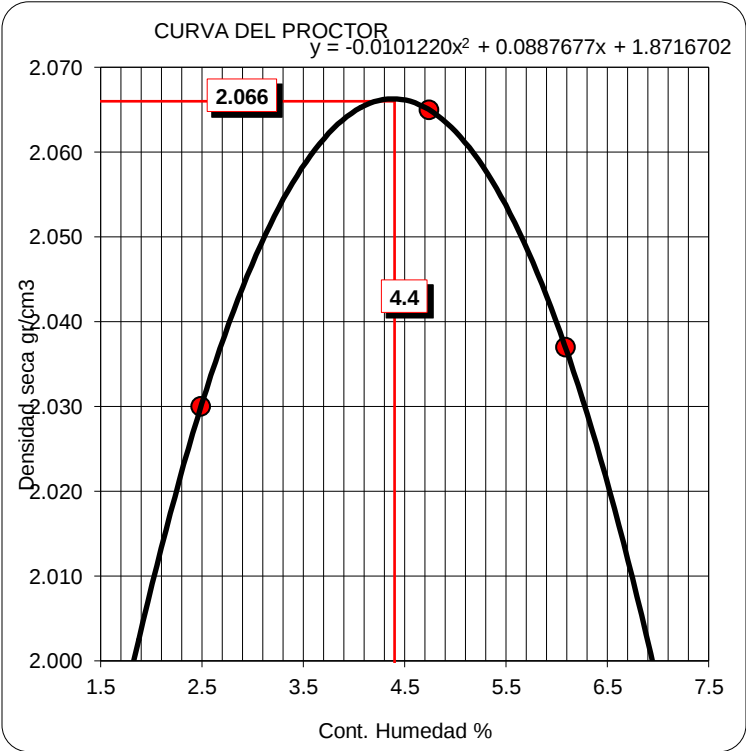
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 45.00     | 45.00     | 0.90  | 99.10      |
| 1"                                     | 25,00  | 197.00    | 242.00    | 4.84  | 95.16      |
| 3/4"                                   | 19,00  | 385.00    | 627.00    | 12.54 | 87.46      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 761.00    | 1388.00   | 27.76 | 72.24      |
| Nº4                                    | 4,75   | 678.00    | 2066.00   | 41.32 | 58.68      |
| Nº10                                   | 2,00   | 888.00    | 2954.00   | 59.08 | 40.92      |
| Nº40                                   | 0,425  | 1498.00   | 4452.00   | 89.04 | 10.96      |
| Nº200                                  | 0,075  | 510.00    | 4962.00   | 99.24 | 0.76       |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 11     | 9      | 12     |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 310.30 | 281.30 | 280.30 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 305.20 | 273.50 | 270.10 |
| Peso del agua                                | 5.10   | 7.80   | 10.20  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 100.50 | 109.00 | 102.50 |
| Humedad (%)                                  | 2.49   | 4.74   | 6.09   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7765   | 7940   | 7935   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4420   | 4595   | 4590   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.081  | 2.163  | 2.161  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 2.030  | 2.065  | 2.037  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.066 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 4.4   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 13         | 0,00 | 0,00 | 0             | 4.4 %       | 2.066     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

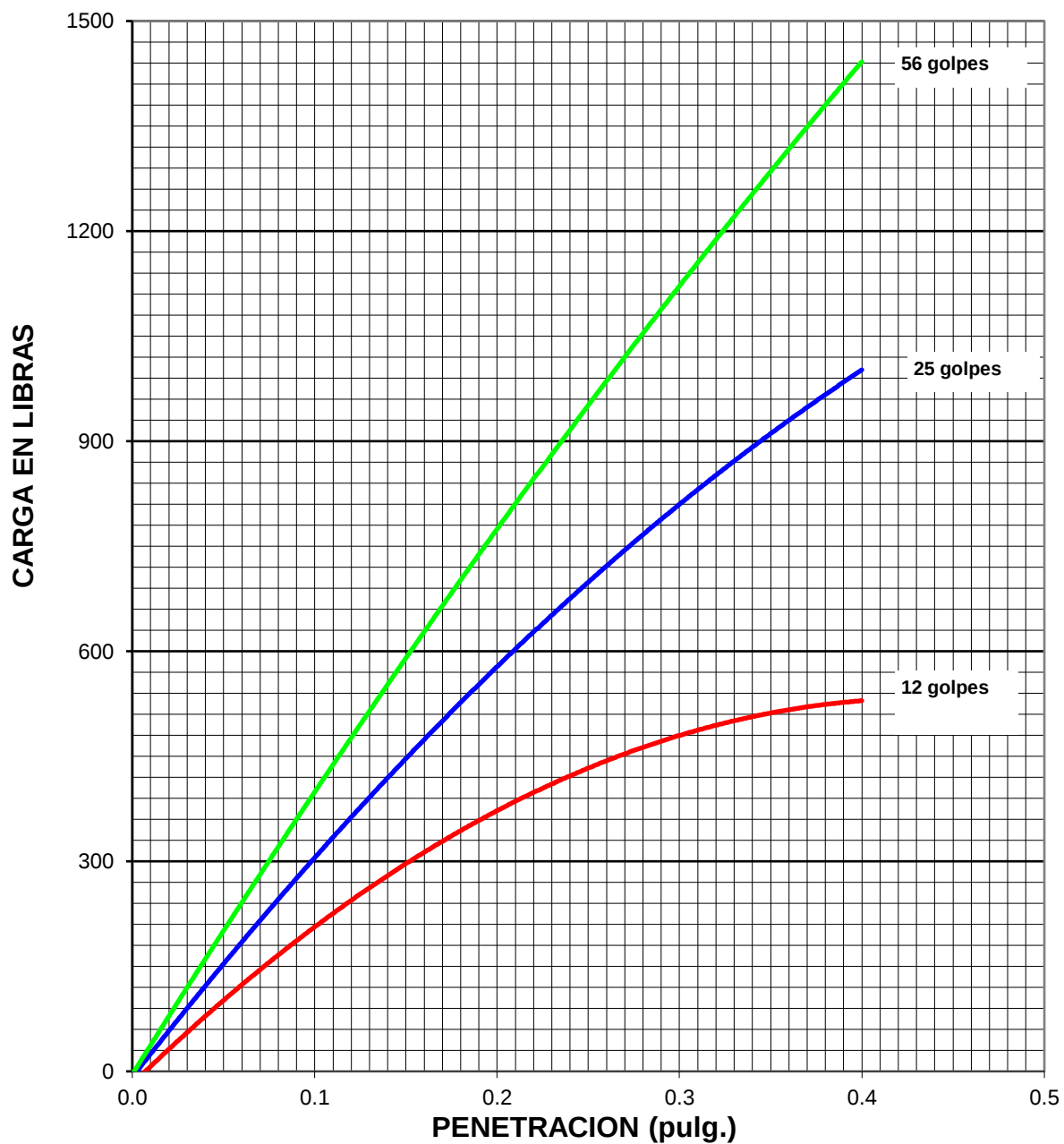
| Molde N°                        | 12               |         |                    | 13               |         |                    | 14               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 11130            |         | 11280              | 10995            |         | 11110              | 11260            |         | 11340              |
| Peso del Molde                  | 6885             |         | 6885               | 6700             |         | 6700               | 6795             |         | 6795               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4245             |         | 4395               | 4295             |         | 4410               | 4465             |         | 4545               |
| Volumen de la Muestra           | 2079.57          |         | 2079.57            | 2063.18          |         | 2063.18            | 2066.8           |         | 2066.8             |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.041            |         | 2.113              | 2.082            |         | 2.137              | 2.160            |         | 2.199              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 31               |         | 30                 | 32               |         | 33                 | 35               |         | 34                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 90.50            |         | 89.60              | 93.20            |         | 91.50              | 95.60            |         | 92.30              |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 88.00            |         | 85.40              | 90.60            |         | 87.50              | 92.90            |         | 88.50              |
| Peso del Agua                   | 2.50             |         | 4.20               | 2.60             |         | 4.00               | 2.70             |         | 3.80               |
| Peso de la Lata                 | 30.20            |         | 31.20              | 28.00            |         | 28.10              | 31.60            |         | 31.50              |
| Peso de la Muestra Seca         | 57.80            |         | 54.20              | 62.60            |         | 59.40              | 61.30            |         | 57.00              |
| Contenido de Humedad %          | 4.33             |         | 7.75               | 4.15             |         | 6.73               | 4.40             |         | 6.67               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 4.33             |         |                    | 4.15             |         |                    | 4.40             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.957            |         |                    | 1.999            |         |                    | 2.069            |         |                    |

### C.B.R.

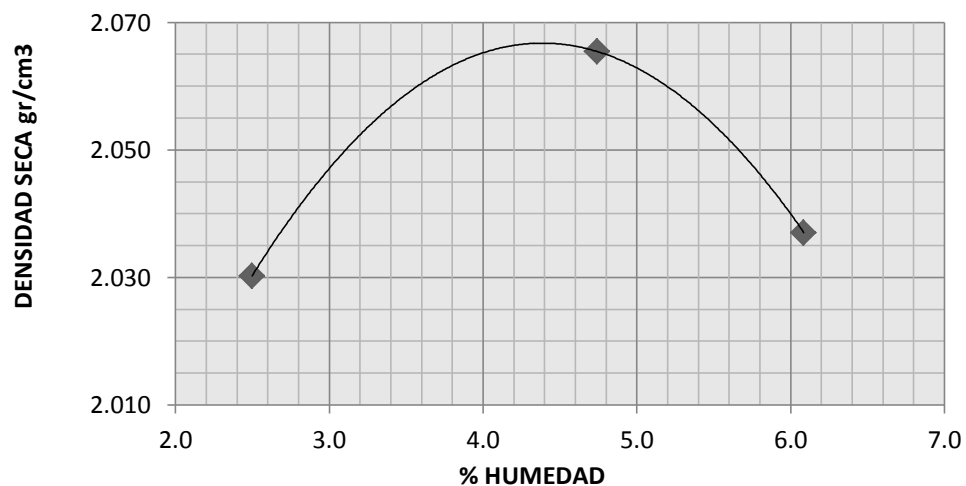
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |    |                |   | MOLDE N°2    |        |                |   | MOLDE N°3    |        |                |   |
|-------------|------|---------------------|--------------|----|----------------|---|--------------|--------|----------------|---|--------------|--------|----------------|---|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |    | C.B.R. Correg. |   | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |   | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |   |
|             |      |                     | Dial         | Kg | Kg             | % | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | % | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | % |
| 0,025       | 0,64 |                     | 2            | 32 |                |   | 5            | 81     |                |   | 7            | 113    |                |   |
| 0,050       | 1,27 |                     | 5            | 81 |                |   | 9            | 145    |                |   | 12           | 194    |                |   |

|       |       |  |    |     |  |      |    |      |  |      |     |      |  |      |
|-------|-------|--|----|-----|--|------|----|------|--|------|-----|------|--|------|
| 0,075 | 1,91  |  | 10 | 161 |  |      | 14 | 226  |  |      | 18  | 290  |  |      |
| 0,1"  | 2,54  |  | 13 | 210 |  | 15.5 | 18 | 290  |  | 21.4 | 24  | 387  |  | 28.6 |
| 0,2"  | 5,10  |  | 24 | 387 |  | 19.0 | 37 | 597  |  | 29.4 | 49  | 790  |  | 38.9 |
| 0,3"  | 7,60  |  | 29 | 468 |  |      | 50 | 806  |  |      | 70  | 1121 |  |      |
| 0,4"  | 10,20 |  | 33 | 532 |  |      | 62 | 1000 |  |      | 91  | 1439 |  |      |
| 0,5"  | 12,70 |  | 38 | 613 |  |      | 75 | 1197 |  |      | 112 | 1766 |  |      |

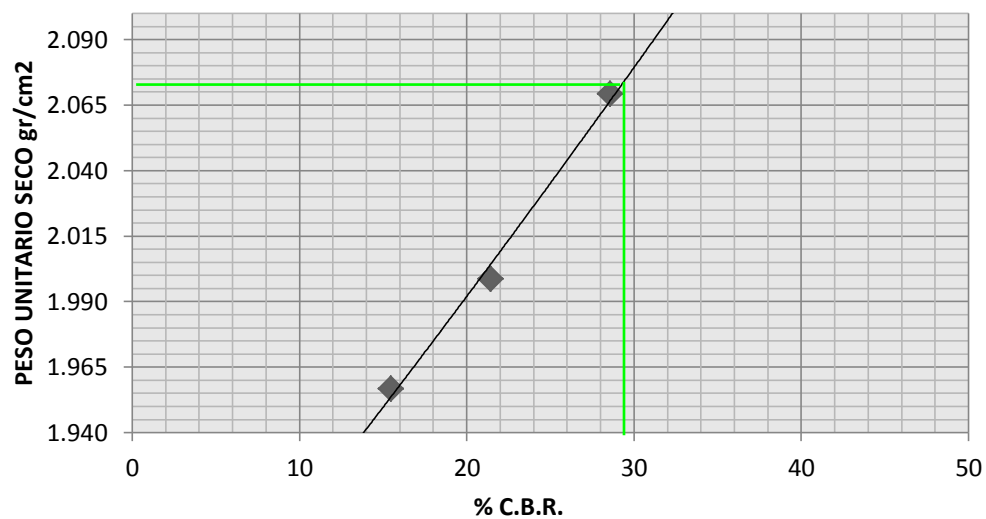
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



### DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



### CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



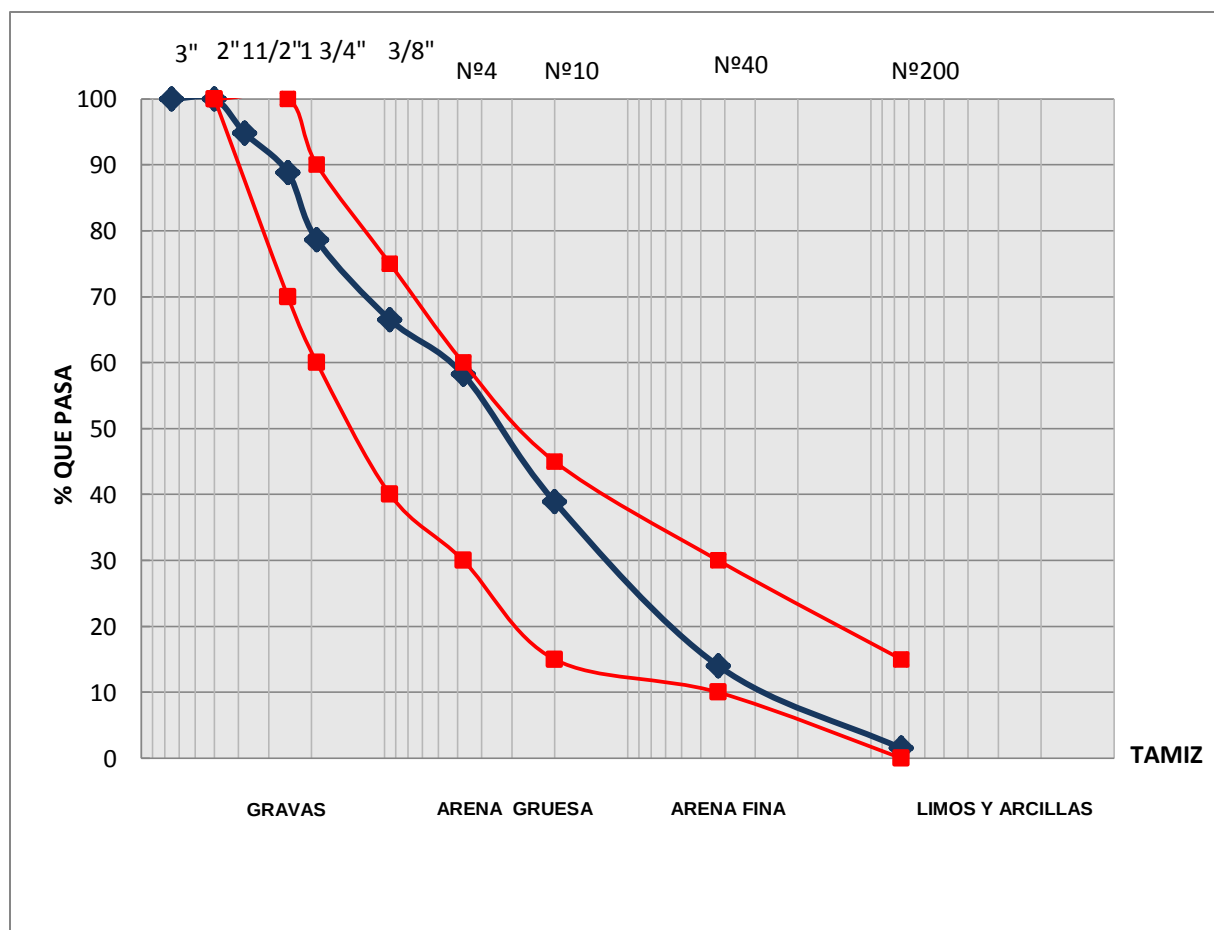
Al 95%  $D_{max} = 1.9627$

### DÉCIMA CUARTA COMBINACIÓN.



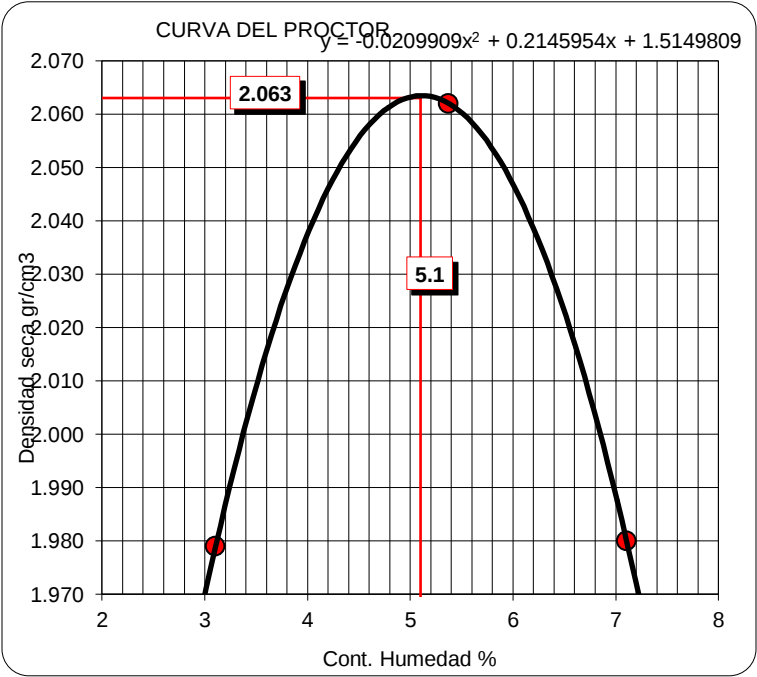
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 261.00    | 261.00    | 5.22  | 94.78      |
| 1"                                     | 25,00  | 297.00    | 558.00    | 11.16 | 88.84      |
| 3/4"                                   | 19,00  | 512.00    | 1070.00   | 21.40 | 78.60      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 605.00    | 1675.00   | 33.50 | 66.50      |
| Nº4                                    | 4,75   | 415.00    | 2090.00   | 41.80 | 58.20      |
| Nº10                                   | 2,00   | 965.00    | 3055.00   | 61.10 | 38.90      |
| Nº40                                   | 0,425  | 1244.00   | 4299.00   | 85.98 | 14.02      |
| Nº200                                  | 0,075  | 626.00    | 4925.00   | 98.50 | 1.50       |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 8      | 10     | 12     |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 320.10 | 260.20 | 392.60 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 313.50 | 252.30 | 373.60 |
| Peso del agua                                | 6.60   | 7.90   | 19.00  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 101.00 | 105.30 | 106.20 |
| Humedad (%)                                  | 3.11   | 5.37   | 7.11   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7680   | 7960   | 7850   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4335   | 4615   | 4505   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.041  | 2.173  | 2.121  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.979  | 2.062  | 1.980  |



| RESULTADOS      |       |                    |
|-----------------|-------|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2.063 | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 5.1   | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 14         | 0,00 | 0,00 | 0             | 5.1 %       | 2.063     |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

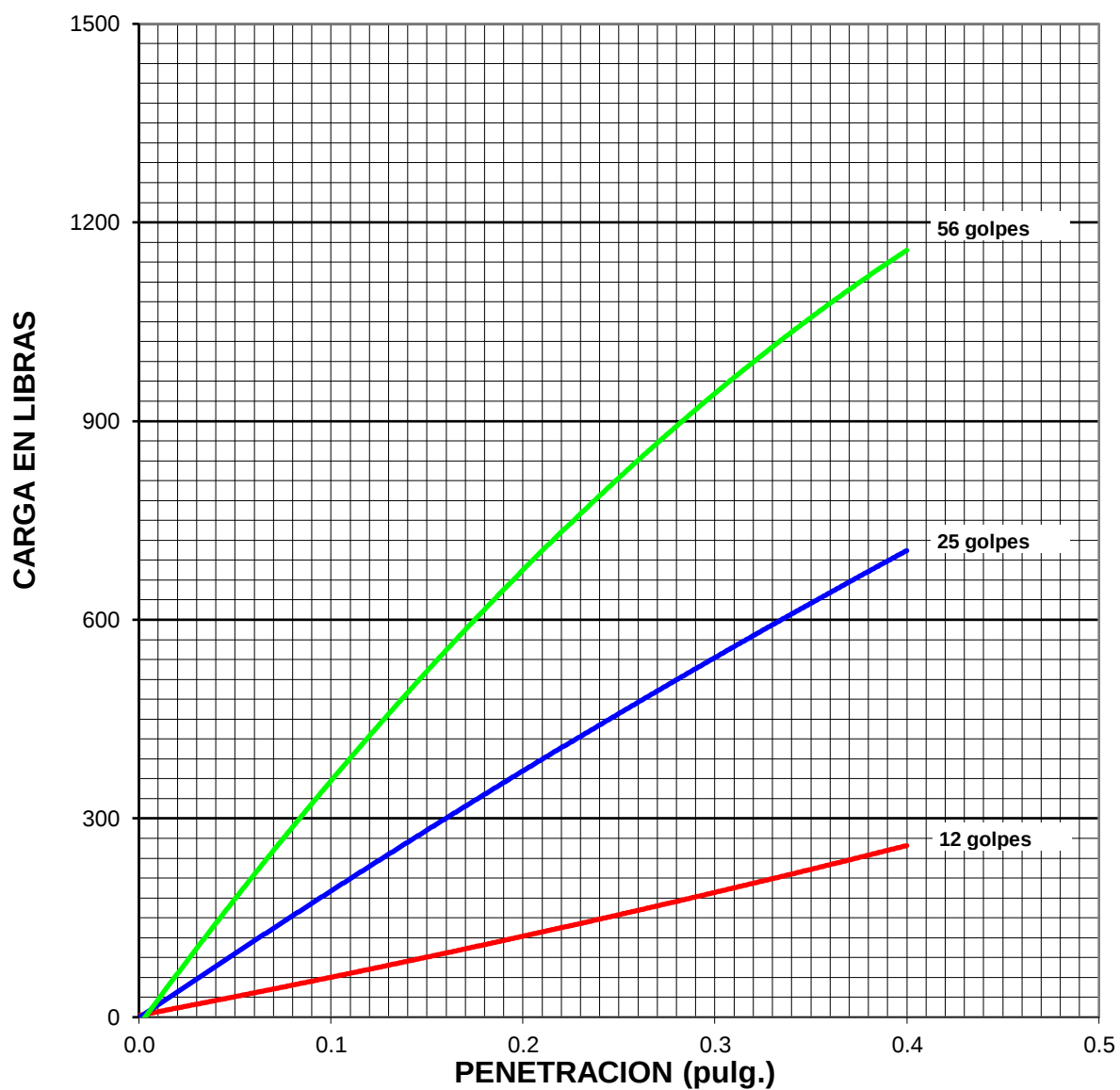
| Molde N°                        | 26               |         |                    | 27               |         |                    | 28               |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 10790            |         | 10860              | 10860            |         | 10980              | 10965            |         | 11090              |
| Peso del Molde                  | 6605             |         | 6605               | 6490             |         | 6490               | 6460             |         | 6460               |
| Peso Muestra Húmeda             | 4185             |         | 4255               | 4370             |         | 4490               | 4505             |         | 4630               |
| Volumen de la Muestra           | 2084.9           |         | 2084.9             | 2078.54          |         | 2078.54            | 2081.28          |         | 2081.28            |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 2.007            |         | 2.041              | 2.102            |         | 2.160              | 2.165            |         | 2.225              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 5                |         | 6                  | 7                |         | 8                  | 9                |         | 10                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 90.23            |         | 91.15              | 92.33            |         | 94.56              | 98.78            |         | 93.10              |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 87.35            |         | 86.52              | 89.84            |         | 90.52              | 96.00            |         | 89.20              |
| Peso del Agua                   | 2.88             |         | 4.63               | 2.49             |         | 4.04               | 2.78             |         | 3.90               |
| Peso de la Lata                 | 30.10            |         | 32.20              | 40.20            |         | 41.20              | 41.10            |         | 40.15              |
| Peso de la Muestra Seca         | 57.25            |         | 54.32              | 49.64            |         | 49.32              | 54.90            |         | 49.05              |
| Contenido de Humedad %          | 5.03             |         | 8.52               | 5.02             |         | 8.19               | 5.06             |         | 7.95               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 5.03             |         |                    | 5.02             |         |                    | 5.06             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.911            |         |                    | 2.002            |         |                    | 2.060            |         |                    |

### C.B.R.

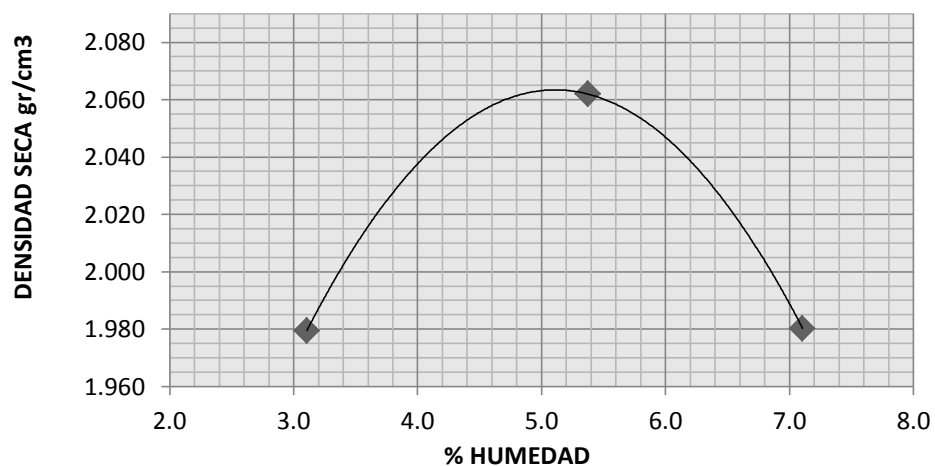
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |    |                |     | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|----|----------------|-----|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |    | C.B.R. Correg. |     | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg | Kg             | %   | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 1            | 16 |                |     | 3            | 48     |                |      | 5            | 81     |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 2            | 32 |                |     | 5            | 81     |                |      | 11           | 177    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 3            | 48 |                |     | 9            | 145    |                |      | 16           | 258    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 4            | 65 |                | 4.8 | 13           | 210    |                | 15.5 | 23           | 371    |                | 27.4 |

|      |       |  |    |     |  |     |    |     |  |      |    |      |  |      |
|------|-------|--|----|-----|--|-----|----|-----|--|------|----|------|--|------|
| 0,2" | 5,10  |  | 7  | 113 |  | 5.6 | 23 | 371 |  | 18.3 | 39 | 629  |  | 30.9 |
| 0,3" | 7,60  |  | 12 | 194 |  |     | 33 | 532 |  |      | 62 | 1000 |  |      |
| 0,4" | 10,20 |  | 16 | 258 |  |     | 44 | 710 |  |      | 71 | 1136 |  |      |
| 0,5" | 12,70 |  | 20 | 323 |  |     | 52 | 839 |  |      | 82 | 1303 |  |      |

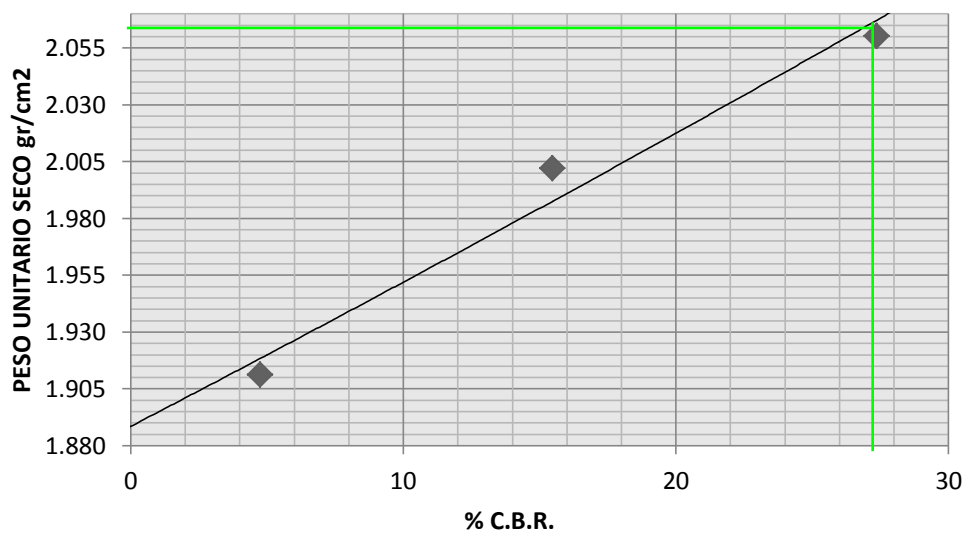
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



## DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



## CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



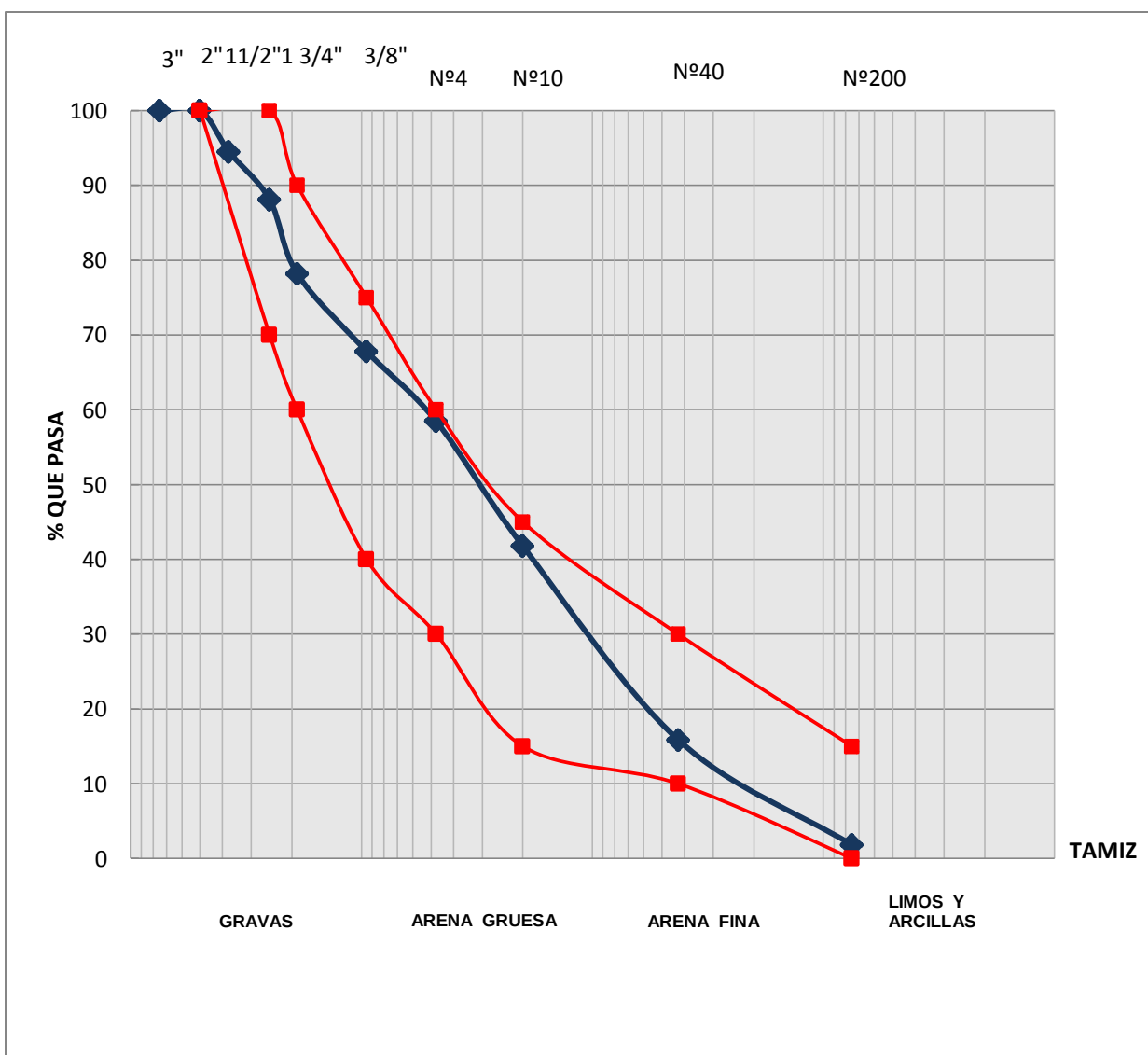
Al 95% Dmax.= 1.9598

### DÉCIMA QUINTA COMBINACIÓN.



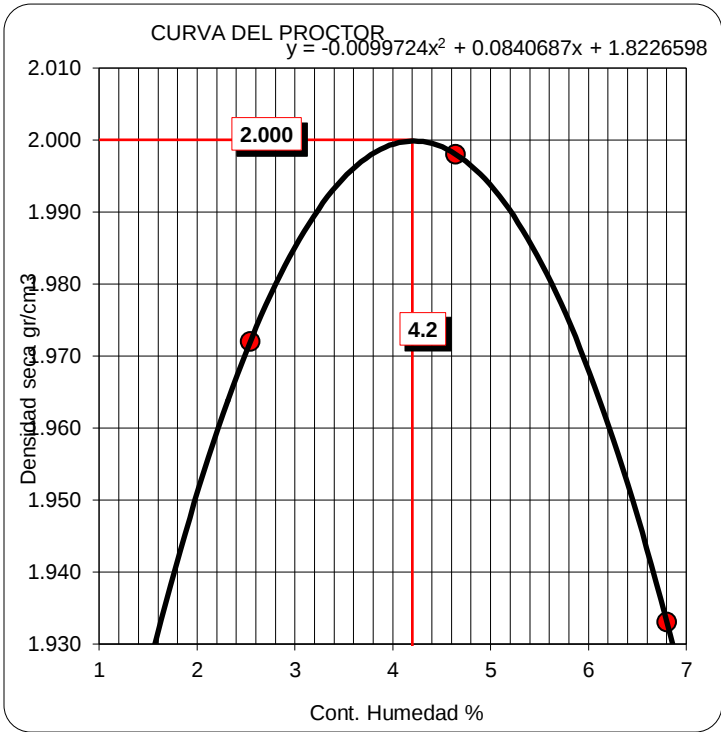
### GRANULOMETRÍA:

| <b>Peso Total (gr.)</b><br><b>5000</b> |        |           |           |       |            |
|----------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------|------------|
| Tamices                                | Tamaño | Peso Ret. | Ret. Acum | % Ret | % Que Pasa |
|                                        | (mm)   | (gr)      | (gr)      |       | del Total  |
| 2"                                     | 50     | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 100.00     |
| 1 1/2"                                 | 37,50  | 275.00    | 275.00    | 5.50  | 94.50      |
| 1"                                     | 25,00  | 320.00    | 595.00    | 11.90 | 88.10      |
| 3/4"                                   | 19,00  | 495.00    | 1090.00   | 21.80 | 78.20      |
| 3/8"                                   | 9,50   | 520.00    | 1610.00   | 32.20 | 67.80      |
| Nº4                                    | 4,75   | 467.00    | 2077.00   | 41.54 | 58.46      |
| Nº10                                   | 2,00   | 835.00    | 2912.00   | 58.24 | 41.76      |
| Nº40                                   | 0,425  | 1295.00   | 4207.00   | 84.14 | 15.86      |
| Nº200                                  | 0,075  | 703.00    | 4910.00   | 98.20 | 1.80       |



PROCTOR MODIFICADO T-180:

| PRUEBA                                       | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| No de Golpes                                 | 56     | 56     | 56     |
| Molde No                                     | 1      | 1      | 1      |
| No de Capas                                  | 5      | 5      | 5      |
| Recipiente No                                | 4      | 5      | 6      |
| Peso rec + Muestra Humeda (P1)               | 325.80 | 258.20 | 390.50 |
| Peso rec + Muestra Seca (P2)                 | 320.20 | 251.80 | 372.00 |
| Peso del agua                                | 5.60   | 6.40   | 18.50  |
| Peso Recipiente (P3)                         | 100.10 | 114.00 | 100.10 |
| Humedad (%)                                  | 2.54   | 4.64   | 6.80   |
| Peso muestra húmeda y molde . grs            | 7640   | 7785   | 7730   |
| Peso molde . grs                             | 3345   | 3345   | 3345   |
| Peso muestra humeda , grs                    | 4295   | 4440   | 4385   |
| Volumen molde , cm <sup>3</sup>              | 2124   | 2124   | 2124   |
| Densidad muestra Humeda gr / cm <sup>3</sup> | 2.022  | 2.090  | 2.065  |
| Densidad muestra seca gr / cm <sup>3</sup>   | 1.972  | 1.998  | 1.933  |



| RESULTADOS      |     |                    |
|-----------------|-----|--------------------|
| DENSIDAD MAXIMA | 2   | gr/cm <sup>3</sup> |
| HUMEDAD OPTIMA  | 4.2 | %                  |

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA:

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

| Muestra N° | L.L. | I.P. | Clasificación | Hum. Optima | D. Máxima |
|------------|------|------|---------------|-------------|-----------|
| 15         | 0,00 | 0,00 | 0             | 4.2 %       | 2         |

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

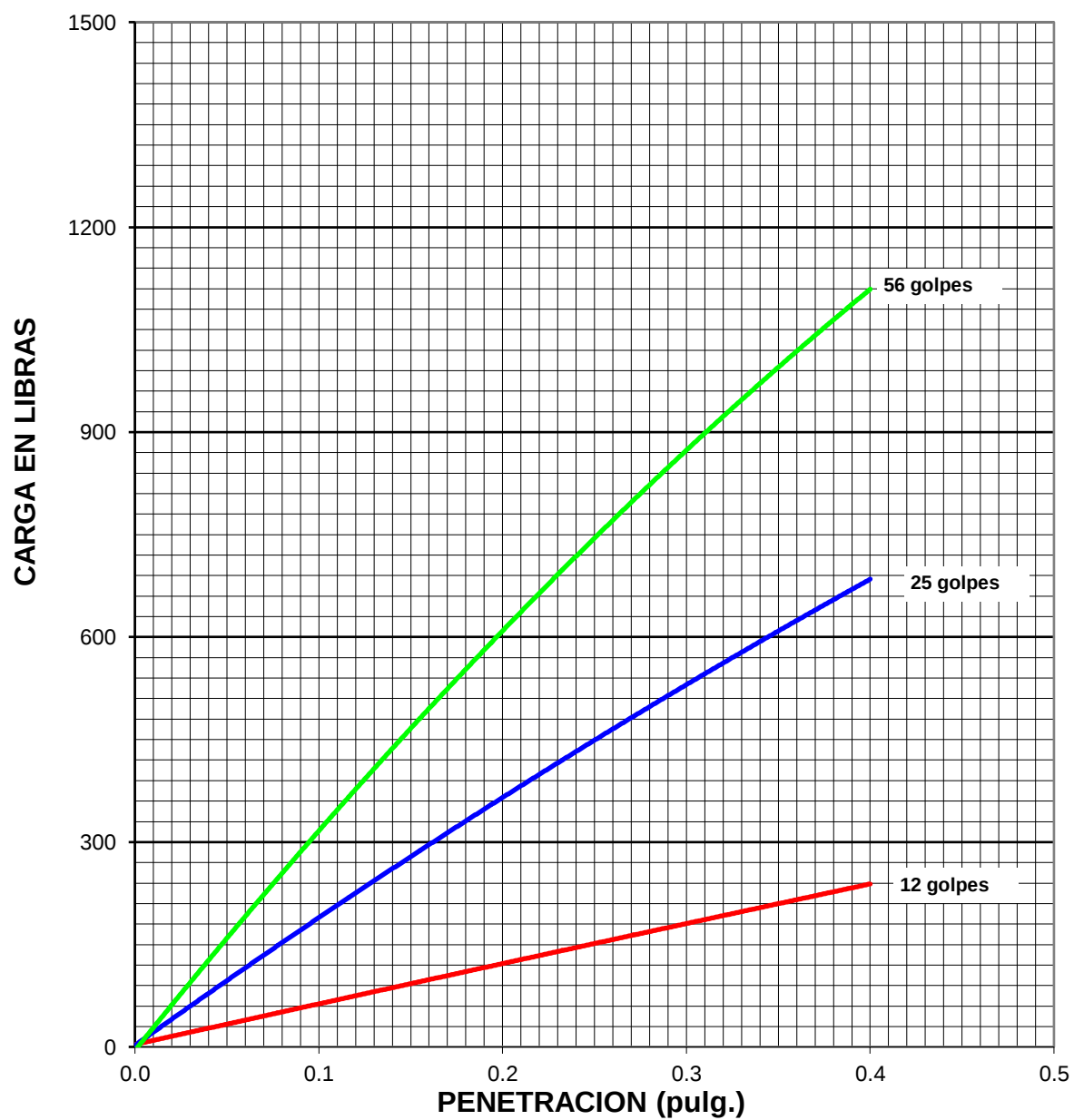
|                                 |                  |         |                    |                  |         |                    |                  |         |                    |
|---------------------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|------------------|---------|--------------------|
| Molde N°                        | 22               |         |                    | 23               |         |                    | 24               |         |                    |
| N° de Capas                     | 5                |         |                    | 5                |         |                    | 5                |         |                    |
| N° de Golpes por Capa           | 12               |         |                    | 25               |         |                    | 56               |         |                    |
| Condición de la Muestra         | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse | Antes de Mojarse |         | Después de Mojarse |
| Peso Muestra Hum + Molde        | 10580            |         | 10920              | 10705            |         | 11090              | 10790            |         | 11210              |
| Peso del Molde                  | 6605             |         | 6605               | 6490             |         | 6490               | 6460             |         | 6460               |
| Peso Muestra Húmeda             | 3975             |         | 4315               | 4215             |         | 4600               | 4330             |         | 4750               |
| Volumen de la Muestra           | 2084.9           |         | 2084.9             | 2078.54          |         | 2078.54            | 2081.28          |         | 2081.28            |
| Peso Unit. De la Muestra Húmeda | 1.907            |         | 2.070              | 2.028            |         | 2.213              | 2.080            |         | 2.282              |
| Muestra de Humedad del          | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            | Fondo            | Superf. | 2" Sup.            |
| Lata N°                         | 15               |         | 16                 | 18               |         | 19                 | 21               |         | 23                 |
| Peso Muestra Húm. + Lata        | 87.55            |         | 90.23              | 102.30           |         | 110.30             | 99.23            |         | 92.50              |
| Peso Muestra Seca + Lata        | 85.31            |         | 86.20              | 99.48            |         | 104.63             | 96.60            |         | 88.20              |
| Peso del Agua                   | 2.24             |         | 4.03               | 2.82             |         | 5.67               | 2.63             |         | 4.30               |
| Peso de la Lata                 | 31.10            |         | 33.20              | 30.55            |         | 31.28              | 33.60            |         | 30.22              |
| Peso de la Muestra Seca         | 54.21            |         | 53.00              | 68.93            |         | 73.35              | 63.00            |         | 57.98              |
| Contenido de Humedad %          | 4.13             |         | 7.60               | 4.09             |         | 7.73               | 4.17             |         | 7.42               |
| Promedio de Cont. de Humedad    | 4.13             |         |                    | 4.09             |         |                    | 4.17             |         |                    |
| Peso Unit. de la Muestra Seca   | 1.831            |         |                    | 1.948            |         |                    | 1.997            |         |                    |

### C.B.R.

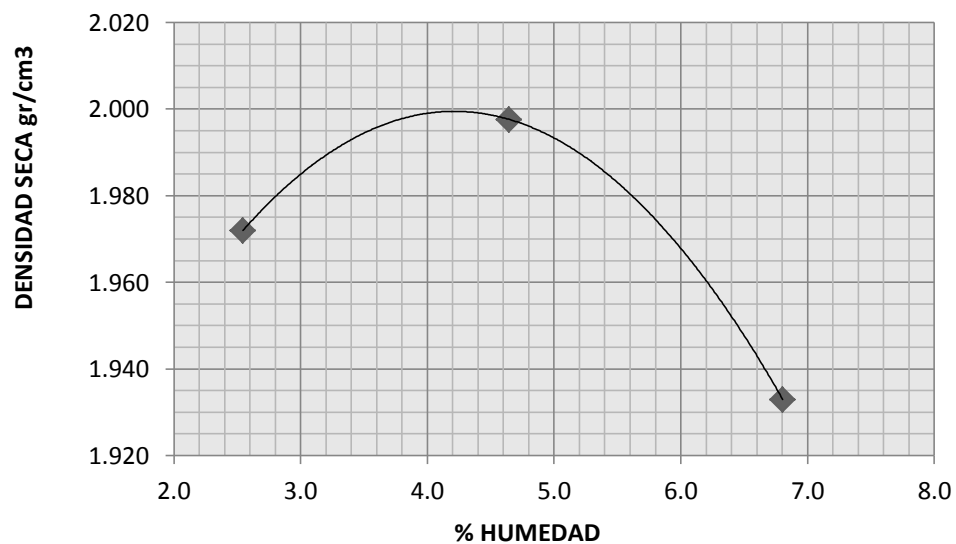
| PENETRACION |      | Carga Normal Kg/cm2 | MOLDE N°1    |     |                |     | MOLDE N°2    |        |                |      | MOLDE N°3    |        |                |      |
|-------------|------|---------------------|--------------|-----|----------------|-----|--------------|--------|----------------|------|--------------|--------|----------------|------|
| Pulg.       | cm.  |                     | Carga Ensayo |     | C.B.R. Correg. |     | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      | Carga Ensayo |        | C.B.R. Correg. |      |
|             |      |                     | Dial         | Kg  | Kg             | %   | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    | Kg.          | Kg/cm2 | Kg/cm2         | %    |
| 0,025       | 0,64 |                     | 1            | 16  |                |     | 4            | 65     |                |      | 6            | 97     |                |      |
| 0,050       | 1,27 |                     | 2            | 32  |                |     | 6            | 97     |                |      | 9            | 145    |                |      |
| 0,075       | 1,91 |                     | 3            | 48  |                |     | 8            | 129    |                |      | 14           | 226    |                |      |
| 0,1"        | 2,54 |                     | 5            | 81  |                | 6.0 | 12           | 194    |                | 14.3 | 20           | 323    |                | 23.8 |
| 0,2"        | 5,10 |                     | 7            | 113 |                | 5.6 | 22           | 355    |                | 17.5 | 36           | 581    |                | 28.6 |
| 0,3"        | 7,60 |                     | 11           | 177 |                |     | 34           | 548    |                |      | 57           | 919    |                |      |

|      |       |  |    |     |  |  |    |     |  |  |    |      |  |  |
|------|-------|--|----|-----|--|--|----|-----|--|--|----|------|--|--|
| 0,4" | 10,20 |  | 15 | 242 |  |  | 42 | 677 |  |  | 68 | 1091 |  |  |
| 0,5" | 12,70 |  | 23 | 371 |  |  | 48 | 774 |  |  | 74 | 1182 |  |  |

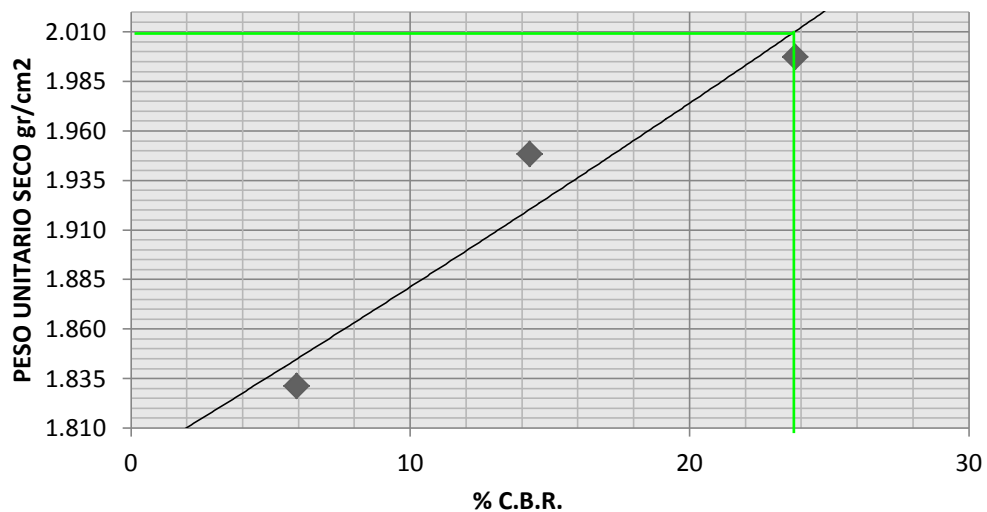
## RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA CARGA - PENETRACION



### DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



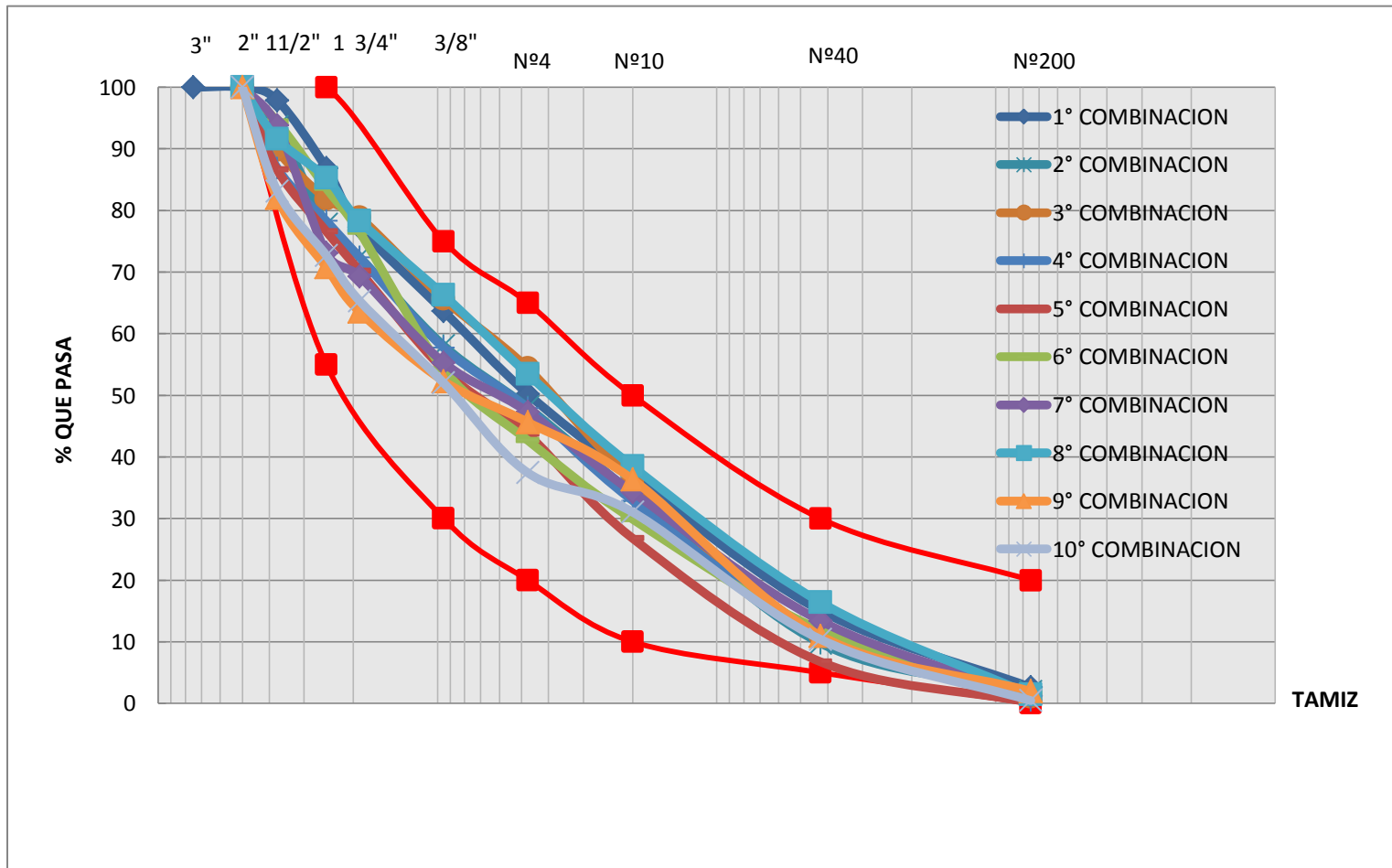
### CURVA % C.B.R. - PESO UNITARIO



Al 95% Dmax.= 1.900

## ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### GRÁFICO DE GRANULOMETRÍAS DE LA CAPA SUB-BASE.

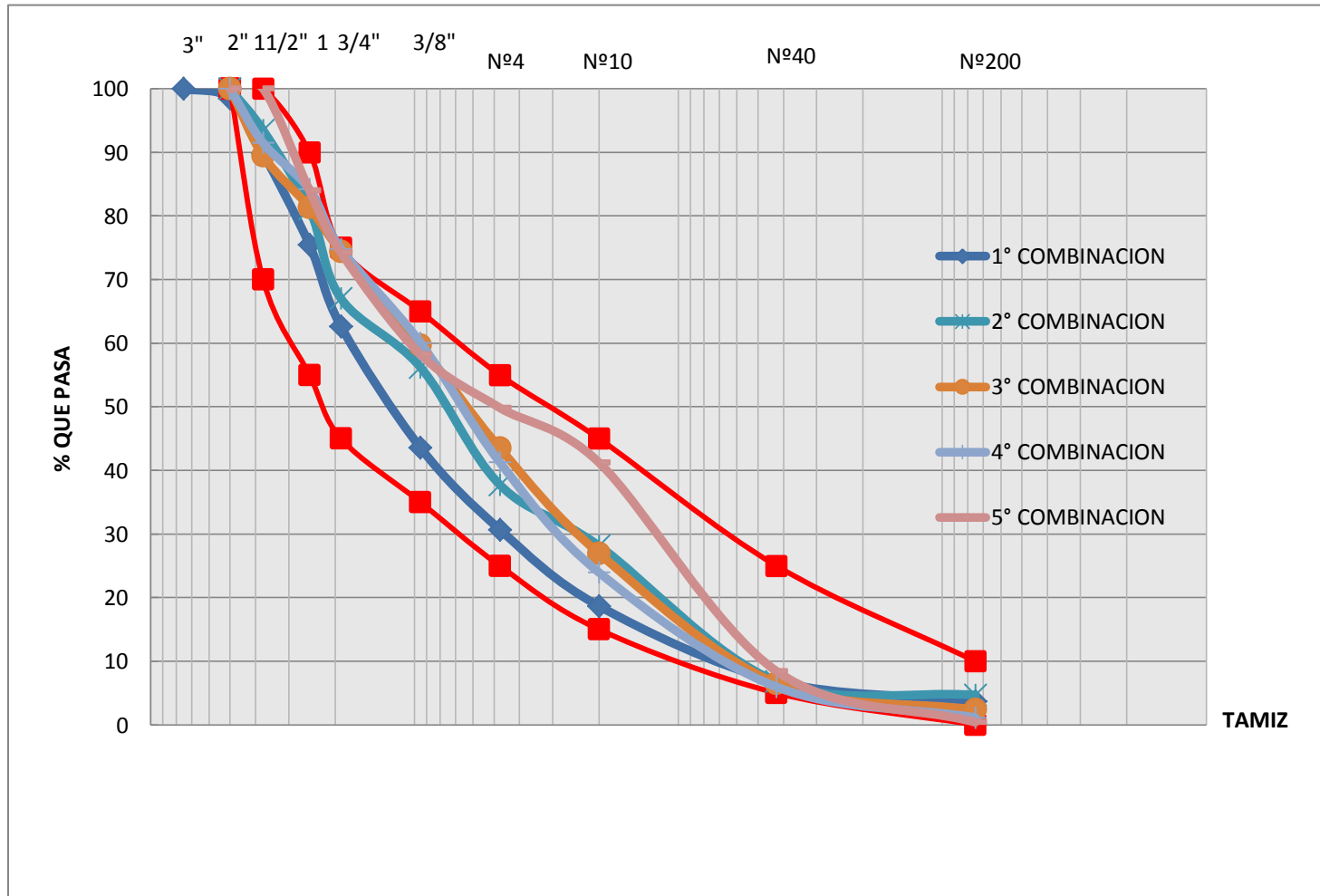


Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que se encuentran dentro de la banda que nos limita la Norma ABC.

Analizando la gradación de cada una de las granulometrías en cada combinación podemos establecer que la 1ª combinación tiene su curva bien graduada por lo que obtuvimos mejores resultados.

En los 10 casos obtuvimos los resultados esperados sin embargo como se estableció anteriormente entre mejor graduada sea la curva granulométrica los resultados serán más favorables para el objetivo que nos planteamos que en este caso es poder estabilizar granulométricamente la mezcla de 3 suelos diferentes.

**GRÁFICO DE GRANULOMETRÍAS DE LA CAPA BASE (MATERIAL NATURAL).**



Analizando las granulometrías resultantes de las combinaciones para la capa base, podemos ver que la curva correspondiente a la 1° y 4° combinación tiene una buena graduación por lo que se obtuvo el resultado esperado.

Sin embargo las curvas de la 2°, 3° y 5° combinación no tienen una buena graduación, además algunos de sus puntos se encuentran al límite del rango establecido por la norma ABC por lo cual en estos 3 casos no obtuvimos un resultado positivo.

Existe una diferencia sustancial entre las combinaciones 1 y 3 que están en bordes diferentes de la franja admisible lo que influirá en el comportamiento mecánico de las mismas.

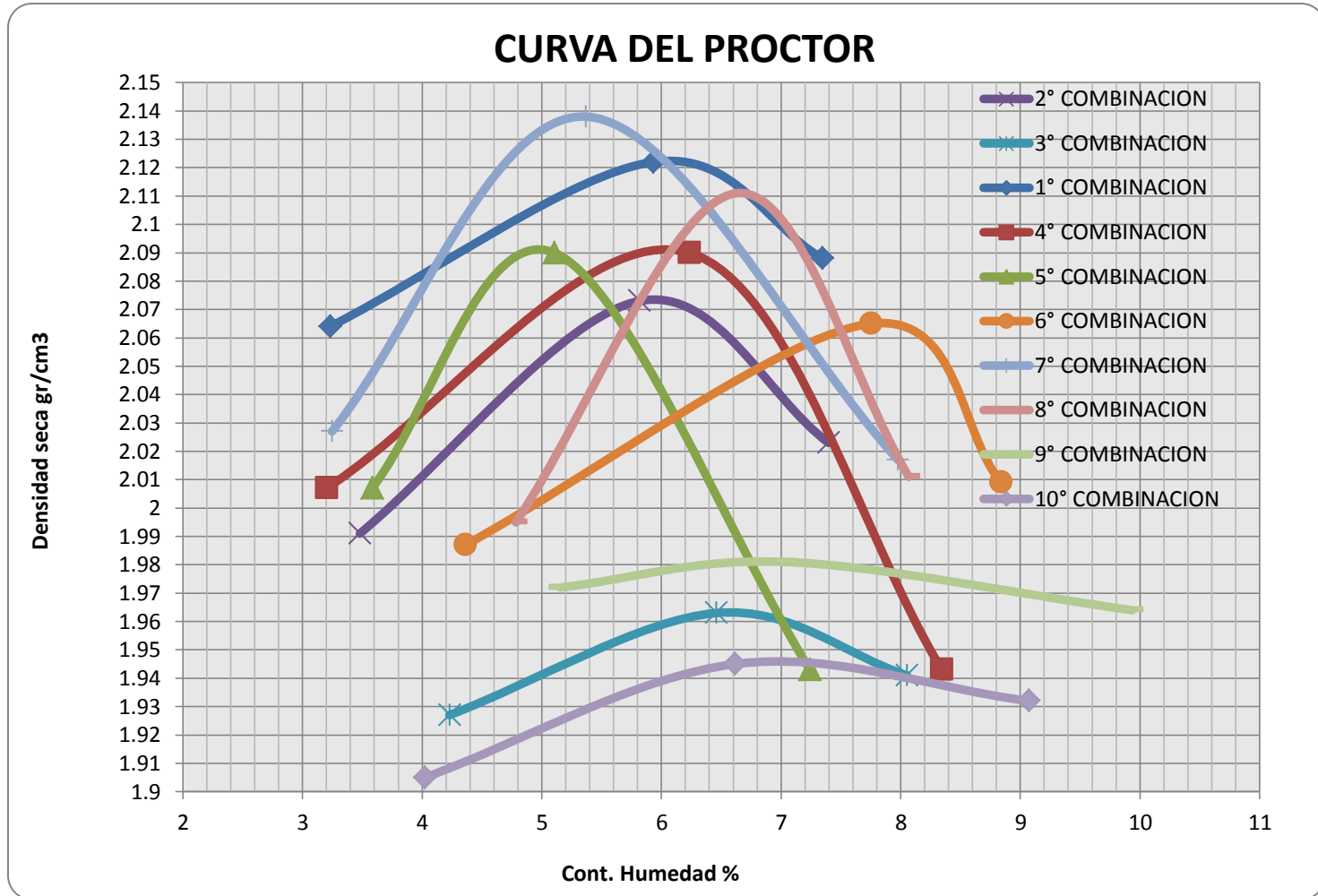
A pesar que todas las muestras están dentro de las bandas que establece la norma no obtuvimos los mismos resultados de todas las combinaciones, esto se debe a que el método adoptado no tiene una sola solución.



Analizando las granulometrías de las 15 combinaciones realizadas para este tipo de material, podemos observar que en su mayoría las granulometrías se encuentran al límite con las franjas delimitadoras que nos presenta la norma ABC para capa base con material chancado.

Obtuvimos los resultados esperados solo en 2 casos en la 6° y 7° combinación, si observamos la gráfica las granulométricas de estas combinaciones se encuentran en la parte medio de las franjas por lo que dichas curvas tienen una buena gradación de sus materiales.

GRÁFICO DE CURVAS T-180 CAPA SUB-BASE.



En este grafico podemos observar que las curvas resultantes de la compactación varían mucho una de la otra con densidades máximas desde 1,94 a 2,14 gr/cm<sup>3</sup> a pesar de ser mezclas de los mismos materiales no tienen la misma densidad máxima seca los diferentes tipos de suelo, en cuanto a la humedad óptima varía de 5,4% a 7,8%.

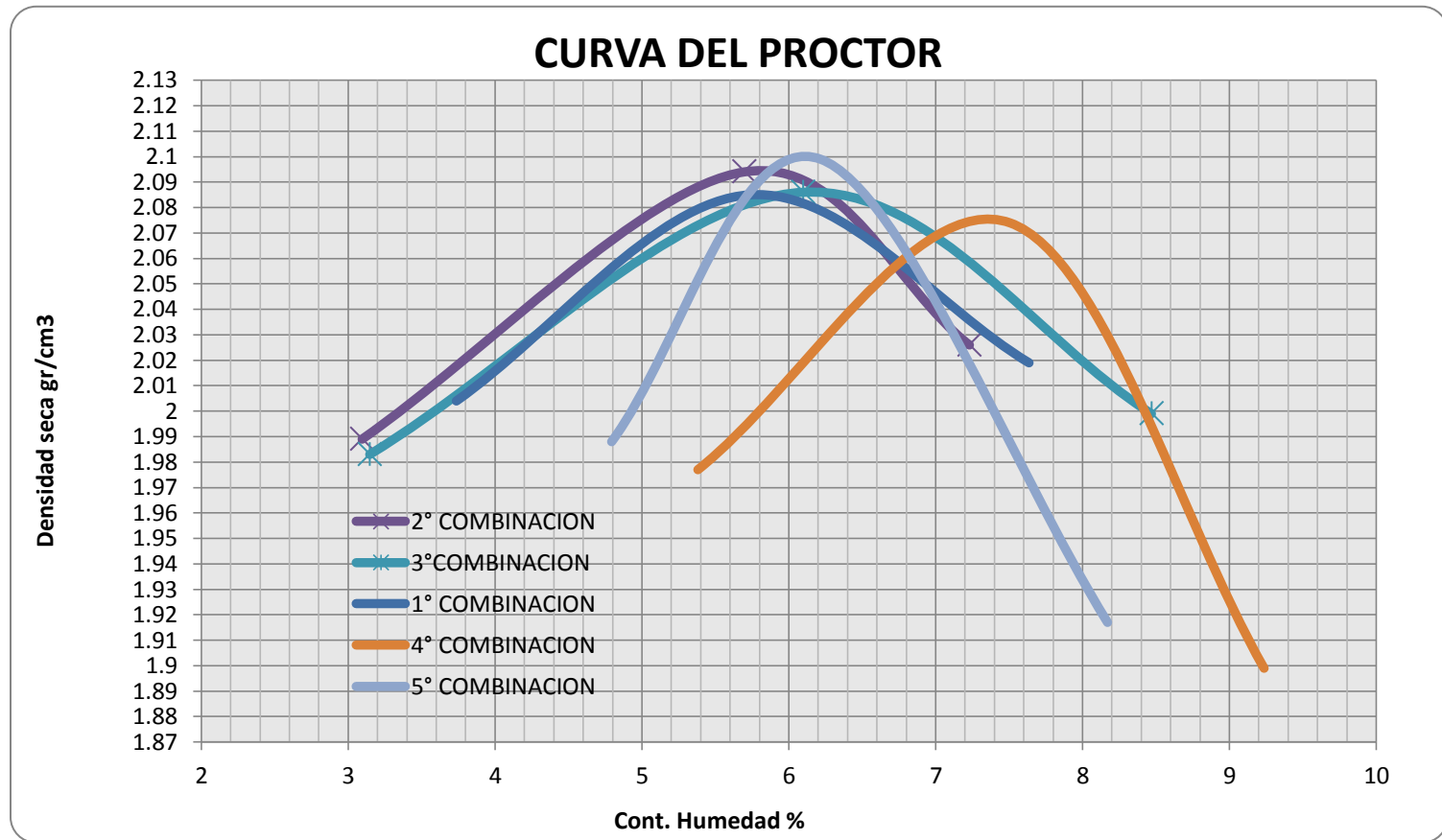
También nos podemos dar cuenta que la distribución granulométrica, tiene una gran influencia en la densidad seca, entre mejor graduada este obtenemos una densidad más elevada.

Existen algunas curvas que son algo similares debido a que las combinaciones dan una similar curva granulométrica y contienen un buen porcentaje de material ligante.

En alguno de los casos se obtienen densidades secas mayores ya que al agregar el agua está tenderá a quedar en la periferia de los grumos, penetrando en ellos después de un tiempo, por lo tanto la presión capilar entre los grumos es pequeña favoreciendo la compactación. En otros casos se obtienen densidades secas menores, ya que al evaporarse el agua e irse secando el suelo, la humedad superficial de los grumos se hace menor que la interna, aumentando la presión capilar haciendo más difícil la compactación.

La densidad de algunas combinaciones tienen un valor más alto, se debe a una mejor gradación granulométrica que ha permitido un mejor acomodo de sus partículas cuya influencia directa ha sido la densidad de compactación.

En cuanto a las humedades óptimas se establece que prácticamente no hay diferencias significativas por lo que no hay mayor influencia en su comportamiento esto se debe a que las partículas no son tan diferentes en su capacidad de absorción de humedad.

**GRÁFICO DE CURVAS T-180 CAPA BASE (MATERIAL NATURAL).**

Se puede observar que las curvas de la 1°, 2° y 3° son casi similares debido a que en sus combinaciones se utilizó casi el mismo porcentaje de material ligante en los tres casos, dándonos así resultados algo parecidos.

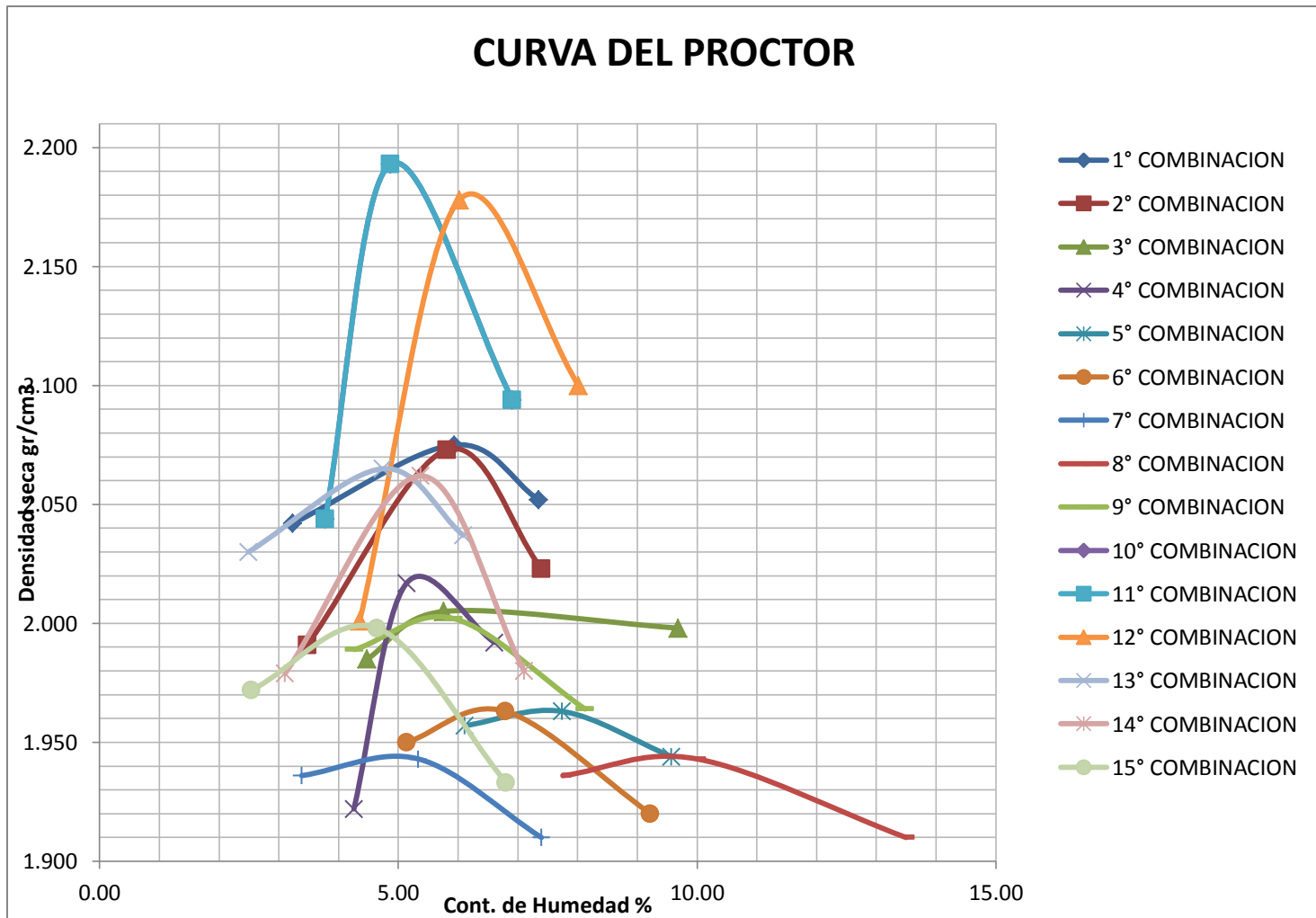
Por medio de los ensayos se ha podido determinar que por lo general la compactación es más eficaz en los materiales bien gradados que contienen una cantidad de finos que en los materiales de gradación uniforme que carecen de ellos.

Podemos observar que las curvas no varían mucho una de la otra, obteniendo densidad relativamente igual así también se observa que cuando la densidad es menor la humedad es más alta.

Estas curvas de compactación; humedad-peso específico, representa la variación de los pesos específicos secos alcanzados por una muestra de suelo que se ha compactado en el laboratorio en dependencia a la variación de los contenidos de humedad de la misma.

De acuerdo a la naturaleza del suelo se aplicarán técnicas adecuadas en el proceso de compactación en laboratorio, un suelo grueso alcanzará densidades secas altas para contenidos óptimos de humedad bajos, en cambio los suelos finos presentan valores bajos de densidades secas máximas y altos contenidos óptimos de humedad

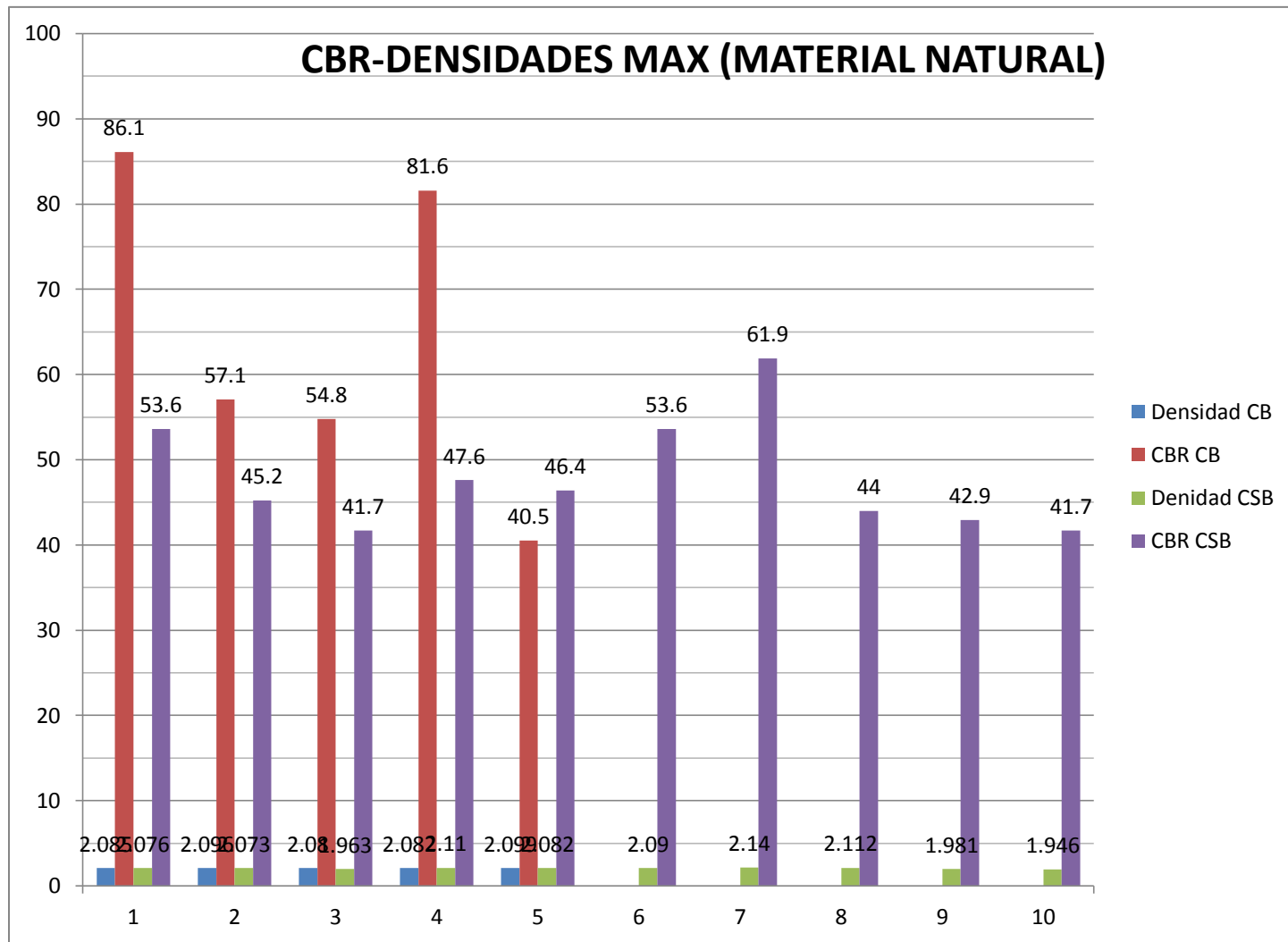
### 3.8.6. GRÁFICO DE CURVAS T-180 CAPA BASE (MATERIAL CHANCADO).



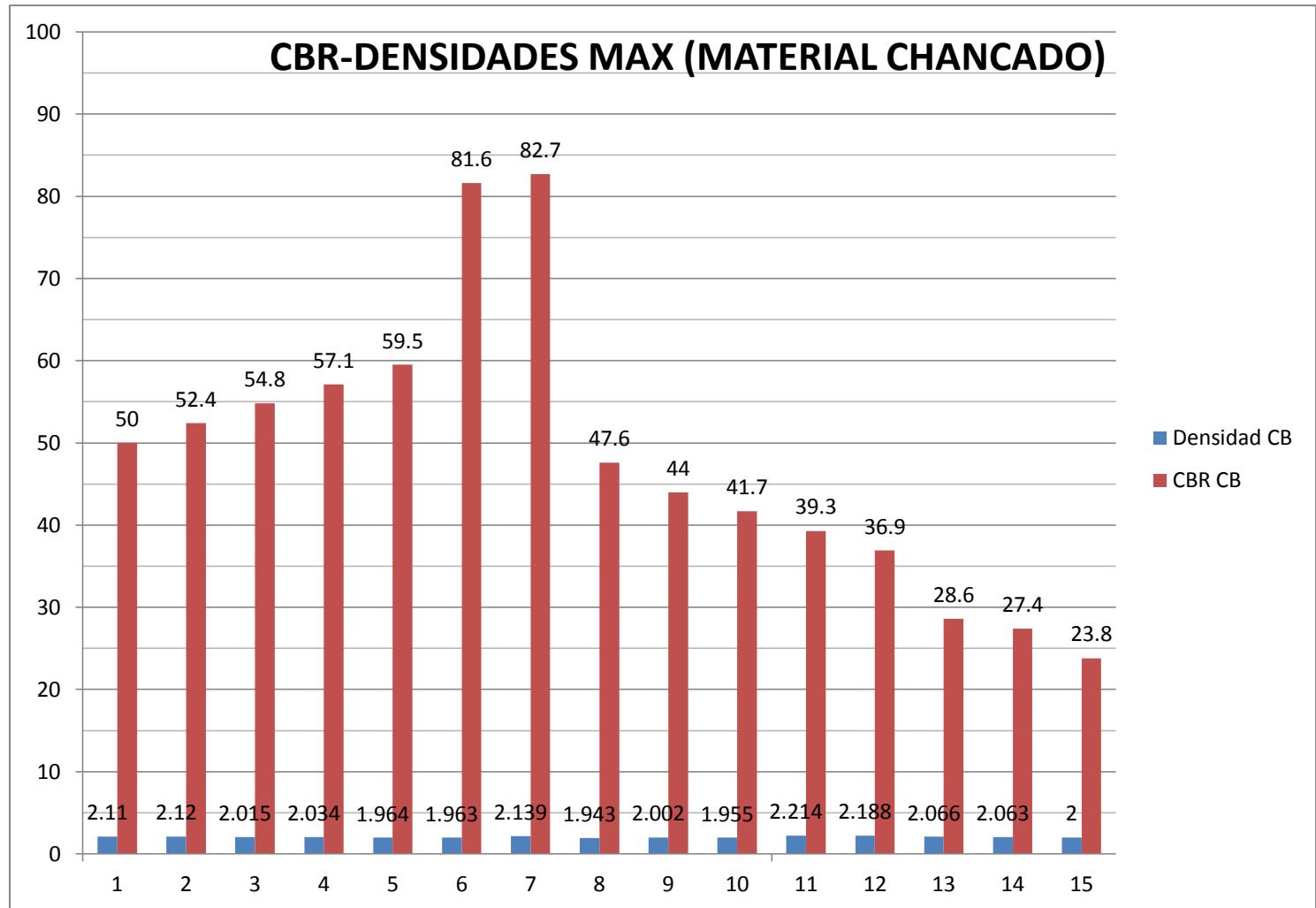
Analizando la gráfica podemos observar que tenemos una variación de valores de densidad máxima de 1,940 a 2,190 gr/cm<sup>3</sup> lo cual nos permite establecer que la granulometría es influyente para el parámetro de la densidad máxima, cada combinación que tendrá una determinada granulometría ofrecerá una distinta densidad máxima, las combinaciones de mejor gradación son las que se comportan mejor y dan como resultado una densidad máxima mayor.

A pesar que las combinaciones tienen porcentajes que solo varían el 1 % las granulometrías varían notablemente así también como dijimos anteriormente estas hacen variar nuestra densidad máxima por lo que no todas las combinaciones nos dieron los resultados esperados.

### 3.8.7. HISTOGRAMA CBR-DENSIDAD.



### 3.8.8. HISTOGRAMA CBR-DENSIDAD (MATERIAL CHANCADO).



En este gráfico de material natural podemos observar que los CBR obtenidos luego del ensayo nos da valores más altos para la capa Base así como también sus densidades.

Los CBR de las combinaciones para la capa sub-base nos dio resultados positivos todos dentro de los rangos que nos establece la norma ABC.

En caso de los CBR de la capa base solo la 1° y 4° combinación nos da un resultado positivo si bien las demás combinaciones están dentro de la franja de especificación granulométrica no cumplen con un  $\text{CBR} \geq 80\%$ .

Realizando un análisis de todos los ensayos que se realizó determinamos que los puntos que elegimos en nuestro triángulo deben estar más próximos a la parte más amplia del área de solución ya se así obtendremos un resultado positivo.

Así también entre más amplio sea el límite que tenemos para poder elegir puntos tendríamos más opciones para poder buscar una solución que nos dé los resultados que estamos buscando.

En el gráfico del material chancado observamos que las densidades varían constantemente esto se debe al % de humedad que tiene cada combinación. En cuanto a los CBR van de manera ascendente hasta llegar a un valor máximo en este caso a un CBR de 82.7 y luego va decreciendo; por lo se podemos determinar que cuando trabajamos con material chancado los valores más altos estarán en la parte central de nuestra área de solución.

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES.**

Se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Uno de nuestros objetivos fue demostrar el cumplimiento de los materiales de capas sub base y base a las especificaciones técnicas que se tienen vigentes en nuestro país, como se pudo evidenciar no siempre los materiales por si solos cumplen con las especificaciones técnicas de granulometría, por lo tanto se concluye que es necesario tener la alternativa de la estabilización granulométrica de materiales.
- Los 4 materiales utilizados para las combinaciones por si solas no cumplen con las especificaciones de capa sub base.
- Las combinaciones elegidas para la capa sub-base resultan las esperadas, cumpliendo la granulometría, un índice de plasticidad NP y un CBR  $\geq 40\%$  cuyos valores varían de 42 a 65%.
- La 1° y 4° combinación elegida trabajando con materiales naturales para la capa base cumplió con la granulometría, obtuvo un CBR de 86.1 %, un índice de plasticidad igual a 0 cumpliendo con las especificaciones de la norma ABC.
- Las combinaciones 2°,3° y 5° elegidas para la capa base no cumplió con la especificación de obtener un CBR  $\geq 80\%$ .
- Uno de los objetivos planteados fue encontrar la mejor alternativa de combinación granulométrica, de acuerdo a nuestros resultados la combinación de reemplazar el material grueso “A” por otro material grueso “D” pero ya procesado (chancado) obtuvimos 2 resultados positivos, el de la 6° y 7° combinación que son las mejores alternativas.
- Las combinaciones granulométricas realizadas nos permiten concluir que la estabilización granulométrica es una buena alternativa para conseguir una gradación que permita cumplir con las especificaciones técnicas que se tienen en los proyectos de construcción de carreteras.

- Los resultados de los CBR realizados para la capa sub-base y base nos dieron como resultado un material sin expansión.
- En general los resultados nos permiten concluir que los valores soporte de CBR si mejoran cuando se mejora la gradación granulométrica aunque en porcentajes no tan significativos pero mejoran su valor lo cual es beneficioso para la estructura del pavimento.
- La granulometría del suelo, forma de sus partículas, contenido de finos, cantidad y tipo de minerales arcillosos, gravedad específica, tiene una gran influencia en el peso específico seco máximo y en el contenido de agua óptimo.
- Al tener nuestro material más material grueso nuestra humedad es mayor y la densidad es más baja.
- La comparación de las curvas que relacionan los CBR y densidades con las humedades de compactación permitirá establecer los límites de humedad y densidad apropiados, facilitando así la selección del CBR de diseño.

### **3.8. RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda que los materiales que se utilice en las mezclas sean diferente uno del otro, tratando de tener todos los tamaños de partículas posibles en especial los finos ya que estos son importantes para la obtención de buenos resultados.
- Usar algún dispositivo que facilite o que propenda a conseguir una homogeneidad casi del 100% al mezclar los materiales.
- Cuando realicemos el ensayo de CBR, al momento de medir la expansión (si la tuviera), medirla los 4 días necesarios a la misma hora, obteniendo así un resultado más exacto.
- Se recomienda utilizar el método del triángulo variando los materiales que se utilizaron en esta investigación para poder determinar que dicho método podría emplearse para una infinidad de materiales.
- Para la utilización de mezclas estabilizadas granulométricamente tanto en capa sub-base y base, se recomienda a partir de los datos obtenidos cuya mejor proporción de mezcla da como resultado para capa sub-base 2.2% para el material grueso, 63.8% para material intermedio y 34% para material fino; para capa base 1.5%, 68.5% y

30% para los materiales respectivos y para capa base trabajando con material chancado 1%, 60% y 39% respectivamente.

En obra se debe realizar la mezcla en planta o plataforma, en ambos casos el porcentaje se debe convertir a  $m^3$ , conociendo cuanto de material necesitamos podemos determinar el N° de volquetas.

Si la mezcla se hace en planta seria utilizando una pala una vez acopiado los 3 materiales en las proporciones calculados por un tiempo de 1 hr. hasta que se note la homogeneidad de la mezcla.

Si se realiza en plataforma ese trabajo se realiza la motoniveladora con 3 o 4 pasadas como mínimo.