

**ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE CORRELACION
ENTRE LOS PARAMETROS CALIFORNIA BEARING
RATIO (CBR) CON LAS PROPIEDADES INDICE DE LAS
SUB-BASES, CASO: PESCADERO**



GERMAN RICARDO CELY BLANCO

JULIAN RICARDO PACAGUI PEREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2014

**ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE CORRELACION
ENTRE LOS PARAMETROS CALIFORNIA BEARING
RATIO (CBR) CON LAS PROPIEDADES INDICE DE LAS
SUB-BASES, CASO: PESCADERO**

GERMAN RICARDO CELY BLANCO

JULIAN RICARDO PACAGUI PEREZ

**Trabajo de grado en la modalidad investigación para optar por título de
Ingeniero(a) Civil**

DIRECTOR

LUZ MARINA TORRADO GOMEZ

Ingeniera Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

Cada vez que decidimos avanzar, nos damos cuenta que en el trayecto de nuestra vida vamos sembrando triunfos y fracasos pero tenemos que vencer estos obstáculos, que se nos presentan, para así anhelar la meta que me he planteado.

Por eso doy gracias a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado la vida para así poder lograr mis objetivos, a mis padres Héctor Pacagui Millán y Alejandra Pérez Fernández por brindarme toda su entrega, dedicación, comprensión, paciencia y sobre todo por brindarme su inmenso amor, en especial durante estos años de formación como ingeniero civil, a mis sobrinos que han sido el incentivo para salir adelante, y a todas las demás personas que han formado parte activa de mi vida y que me han permitido dejar huella en la suya.

MILLAN PACAGUI

DEDICATORIA

A Dios primordialmente por darme la inteligencia, sabiduría, paciencia, entendimiento y la capacidad para ejercer este proyecto.

A mi madre Nelly Blanco y padre German Cely, por permitirme crecer en un hogar lleno de amor, donde siempre me inculcaron las ganas de triunfar y de nunca descansar hasta llegar a la meta. Además de su constante apoyo incondicional durante toda mi etapa de estudio. No hay un día en el que no le agradezca a Dios el haberme colocado entre ustedes, la fortuna más grande es tenerlos conmigo.

GERMAN RICARDO DELA

AGRADECIMIENTOS

Nuestro sincero agradecimiento, a la Universidad Industrial de Santander (UIS), por brindarnos información relevante, próxima pero muy cercana a la realidad de nuestras necesidades.

A la Ing. (a) Luz Marina Torrado Gómez Directora del proyecto, por su disposición y apoyo durante el desarrollo del proyecto de grado, para que este proyecto sea de gran importancia.

A nuestros docentes que siempre nos entregaron su cordial amistad y nos brindaron sus conocimientos e ideales, para ser competitivo en la vida profesional y siempre tendremos presente lo aprendido en las aulas universitarias.

A los familiares y amigos que de una u otra forma colaboraron al desarrollo y conclusión de nuestra carrera por su orientación, confianza y apoyo en esta investigación, y a las demás personas que contribuyeron para llevar a cabo este proceso.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
JUSTIFICACIÓN.....	18
1.OBJETIVOS.....	19
1.2 Objetivo general	19
1.2 Objetivos específicos.....	19
2. MARCO TEORICO.....	20
2.1 Sub-Base Granular.....	20
2.1.1 Condiciones Generales.	20
2.1.2 Composición Granulométrica.	20
2.1.3 Calidad.	21
2.2 Compactación	21
2.3 Relación de Soporte California (CBR).....	22
2.3.1 Aplicaciones.	23
2.3.2 Variantes del Ensayo de CBR.	24
2.4 Propiedades Índice.....	24
2.5 Contenido de humedad.....	25
2.6 Límites de Atterberg.....	25
2.6.1 Limite Líquido.	25
2.6.2 Limite Plástico.	25
2.6.3 Índice Plástico	26
2.7 Granulometría.....	26
2.8 Índice de Correlación Entre Variables Cuantitativas.....	26
2.8.1 Definición de Relación entre Variables.....	26
2.8.2 Componentes Elementales de Relación Entre Variables	27
2.8.3 La Fuerza	27

2.8.4 El Sentido	28
2.8.5 La Forma	28
2.8.6 Cálculo de Las Líneas de Ajuste y Sus Ecuaciones.....	28
2.8.7 Ecuación de Regresión Lineal Simple	29
2.8.8 Ecuaciones existentes entre las propiedades índices y el CBR	30
3.MARCO METODOLÓGICO	31
3.1 Tipo de Investigación.....	31
3.2 Selección de Material de Estudio	31
3.3 Determinación del contenido de agua (Humedad). I.N.V.E-122-07.....	32
3.3.1Equipo	32
3.3.2 Procedimiento.....	32
3.4 Límites de Atterberg.....	33
3.4.1 Límite Líquido I.N.V.E -125-07	33
3.4.2 Límite plástico I.N.V. E – 126 – 07	34
3.4.3 Índice Plástico	34
3.5 Análisis Granulométrico I.N.V.E- 213-07	34
3.5.1 Análisis granulométrico por mallas o análisis mecánico.....	34
3.5.2 Equipo	34
3.5.3 Procedimiento.	35
3.6 Relaciones de Humedad – Masa Unitaria Seca En Los Suelos (Ensayo Modificado De Compactación) I.N.V. E – 142 – 07.....	37
3.6.1 Equipo	37
3.6.2 Procedimiento.....	38
3.7 Relación De Soporte Del Suelo En El Laboratorio (CBR En Laboratorio)	40
3.7.1 Equipo	40
3.7.2 Procedimiento.....	40
4.RESULTADOS.....	44
4.1 Propiedades Índice.....	44

4.2 Humedad Óptima Para la Densidad Máxima Seca	44
4.3 CBR En Laboratorio	45
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CORRELACIONES.....	46
5.1 Correlaciones Obtenidas.	46
5.1.1 CBR con D 60 para 10 muestras GP.....	47
5.1.2 CBR con D 40 para 10 muestras GP.....	48
5.1.3 CBR con D 55 para 10 muestras GP.....	49
6. CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Definición de Relación entre variables.....	27
Figura 2. Localización cantera.....	32
Figura 3. Material almacenado.....	33
Figura 4. Lavado del material por el tamiz No 200.....	35
Figura 5. Tamizado (2 ^a No 4).....	36
Figura 6 Tamizado (No10 a No 200).....	36
Figura 7. Tamizado por el $\frac{3}{4}$ ".....	38
Figura 8. Preparación de la muestra.	38
Figura 9. Caída libre del martillo para la compactación.....	39
Figura 10. Molde con el material compactado y enrazado.....	39
Figura 11. Moldes para CBR.....	41
Figura 12. Moldes sumergidos durante 4 días o menos.....	42
Figura 13. Penetración del material.....	43
Figura 14. Variación de CBR con D_{60} para 10 muestras SP.....	47
Figura 15. Variación de CBR con D_{40} para 10 muestras SP.....	48
Figura 16. Variación de CBR con D_{55} para 10 muestras SP.....	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Franjas granulométricas del material de sub-base.....	21
Tabla 2. Relaciones de Esfuerzo-Penetración para la muestra patrón (CBR).....	23
Tabla 3. Clasificación de los suelos de acuerdo al valor de CBR.....	24
Tabla 4. Sistema U.S Standard Para Numeración de mallas.....	37
Tabla 5. Lectura de cargas para las siguientes penetraciones.....	43
Tabla 6. Resultados ensayos propiedades índice.....	44
Tabla 7. Humedad optima y densidad seca máxima.....	45
Tabla 8. CBR a la densidad máxima del 95, 98 y 100%.....	45

RESUMEN

TITULO: ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE CORRELACION ENTRE LOS PARAMETROS CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) CON LAS PROPIEDADES INDICE DE LAS SUB-BASES, CASO: PESCADERO*

AUTORES: JULIAN RICARDO PACAGUI PEREZ

GERMAN RICARDO CELY BLANCO¹

PALABRAS CLAVES: Propiedades índice, Correlación, CBR, Sub-base, Tamiz, Correlación.

DESCRIPCION:

Este proyecto tiene como fin hacer un estudio experimental sobre correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice de las sub-bases granulares procedentes de pescadero (Santander), con el fin de hacer evaluaciones preliminares, determinar sus características y propiedades mediante una ecuación propia para el material granular existente en nuestro medio.

Como punto de partida, se hizo una completa documentación e investigación del material de Sub-bases granulares, las propiedades índice y la capacidad de soporte CBR, así como las correlaciones existentes entre estos parámetros. Para dar inicio a la experimentación se seleccionó el lugar de donde se iba a obtener el material, específicamente un proveedor ubicado en Pescadero, posteriormente en los laboratorios de suelos se prepararon las muestras para la caracterización mecánica de los mismos, tales como: humedad natural mediante la norma INV E-122-07, análisis granulométrico (INV E- 213-07), ensayos de limite líquido y limite plástico (INV E – 125-07 y 126-07). Seguidamente se procedió a determinar la humedad óptima y la densidad máxima del material en estudio por medio del ensayo del Proctor modificado (INV E- 142-07) que sirvió de base para la compactación de los ensayos de CBR (INV E- 148-07). Una vez realizados los ensayos propuestos se continuó con el análisis de resultados para la determinación de las correlaciones entre las propiedades índices y el CBR, seleccionando la ecuación que arrojo el mejor ajuste.

* Proyecto de Grado

¹ Facultad de Ingenierías Fisicomécanicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director: Luz Marina Torrado Gómez.

ABSTRACT

TITLE: EXPERIMENTAL STUDY ON CORRELATION BETWEEN PARAMETERS CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) WITH INDEX OF SUB-BASES PROPERTY, IF: PESCADERO*.

AUTHORS: JULIAN RICARDO PACAGUI PEREZ

GERMAN RICARDO CELY BLANCO²

KEYWORDS: Index Properties, Correlation, CBR, Sub-base, Strainer, Correlation distribution.

DESCRIPTION:

This project aims to make an experimental study of correlation between laboratory CBR and index properties of granular sub-bases from Pescadero (Santander), in order to make preliminary evaluations to determine their characteristics and properties through a separate equation for existing granular material in our environment. As a starting point, a complete documentation and research material granular sub- base, the index properties and the ability to support CBR, as well as correlations between these parameters are made. To begin the experiment was selected site where it was to get the material , specifically a provider located in Pescadero , later in the laboratories of soil samples for mechanical characterization of them , such as prepared: natural moisture by E - test Method 122-07 , sieve analysis (INV - E 213-07) , liquid limit tests and plastic limit (INV E - 125-07 and 126-07) . Then we proceeded to determine the optimum moisture and maximum density of the material under study by testing the modified Proctor (INV - E 142-07) which was the basis for compaction tests CBR (INV - E 148-07). Once he made the proposed test was continued with the analysis of results to determine the correlations between the properties index and the CBR, selecting the equation you throw the best fit

* Proyecto de Grado

² Facultad de Ingenierías Fisicomécanicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director: Luz Marina Torrado Gómez.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el diseño de pavimentos requieren investigaciones de tipo práctico y teórico, que proporcionen resultados fiables para la rápida y eficiente evaluación en condiciones reales de campo de las propiedades mecánicas de los suelos.

El ensayo de CBR es un método de ensayo de suelos utilizado para evaluar las propiedades mecánicas de los suelos las cuales son parámetros fundamentales para obras civiles; sin embargo, obtener un valor de CBR resulta costoso y requiere de tiempo para la realización de los ensayos de laboratorio.

El presente proyecto se desarrolla un método para correlacionar el CBR con propiedades del suelo obtenidas mediante ensayos más económicos y rápidos como granulometría y propiedades índice a partir de muestras de sub-bases granulares procedentes de pescadero (Santander) con esto se estimó una correlación que facilitara en la práctica la rápida verificación para condiciones de campo de los valores de soporte de estos suelos.

En vista de la importancia y de falta de información del material que compone las sub-bases granulares localizadas en pescadero (Santander), se realizaron los ensayos de granulometría, límite líquido y plástico; seguidamente se procedió a determinar la humedad óptima y la densidad máxima del material que se estudió que sirvió como base para la compactación de los ensayos de CBR.

Una vez conocidas sus propiedades y comportamientos mecánicos mediante las fórmulas que se obtuvieron en este proyecto podrán ser utilizadas para el diseño de obras civiles especialmente en pavimentos.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el diseño de pavimentos y el dimensionamiento de terraplenes requieren investigaciones de tipo práctico y teórico, que proporcionen resultados fiables para la rápida y eficiente evaluación en condiciones reales de campo de las propiedades mecánicas de los suelos.

Siendo la resistencia del suelo de la sub-base granular, uno de los estudios prioritarios para el diseño de pavimentos, se ha creído conveniente estudiar la correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice que a su vez puedan garantizar en una vía condiciones de comodidad, economía y seguridad.

Se pueden encontrar diversas correlaciones para determinar las propiedades mecánicas de los suelos a partir de ensayos de laboratorio sin embargo debemos contar con ecuaciones propias para este tipo de suelos en nuestro medio. En este proyecto se encontraran correlaciones entre las propiedades índice y el CBR de las sub-bases granulares procedentes de pescadero con el propósito de contar con ecuaciones sencillas y rápidas para ser utilizadas en los estudios.

En vista de la importancia y de la falta información del material que compone las sub-bases granulares localizadas en Pescadero (Santander), se realizarán los ensayos de granulometría, límite líquido y plástico; seguidamente se procederá a determinar la humedad óptima y la densidad máxima del material en estudio que servirá de base para la compactación de los ensayos de CBR.

Una vez conocidas sus propiedades y comportamientos mecánicos mediante las fórmulas que se obtendrán en este proyecto podrán ser utilizadas para el diseño de obras civiles especialmente en pavimentos.

1. OBJETIVOS

1.2 Objetivo general

Proporcionar una ecuación para la obtención de valores aproximados de CBR de las sub-bases granulares procedentes de pescadero.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar correlaciones entre las propiedades índices y la capacidad de soporte CBR.
- Elaborar ensayos de laboratorio tales como análisis granulométrico, humedad natural, límite líquido y límite de plasticidad
- Realizar los ensayos de Proctor modificado el cual servirá de base para la determinación de la densidad máxima y humedad óptima para la realización de los ensayos de CBR.
- Determinar el CBR de laboratorio de las muestras de Sub-base.
- Determinar la correlación que permita predecir con las propiedades mecánicas la capacidad de soporte de los materiales estudiados.

2. MARCO TEORICO

2.1 Sub-Base Granular

Es la capa que se encuentra entre la base y la subrasante en un pavimento asfáltico. Debido a que está sometida a menores esfuerzos que la base, su calidad puede ser inferior y generalmente está constituida por materiales locales granulares o marginales.

El material que se coloca entre la subrasante y las losas de un pavimento rígido también se denomina sub-base. En este caso, debe permitir el drenaje libre o ser altamente resistente a la erosión, con el fin de prevenir el bombeo. En algunas partes, a esta capa la llaman base. Además de los usos mencionados se usa como material de soporte de sardineles y bordillos y de otros elementos que no estarán sometidos a tráfico vehicular, tales como escaleras; también se utiliza como capa subyacente a la capa de base granular en pavimentos con adoquines. [1].

2.1.1 Condiciones Generales.

Los materiales serán áridos naturales, o procedentes del machaqueo y trituración de piedra de cantera o grava natural, escorias, suelos seleccionados, o materiales locales, exentos de arcilla, marga u otras materias extrañas [2]

2.1.2 Composición Granulométrica.

Los materiales que se utilicen como sub-base granular deben cumplir con las siguientes granulometrías:

Tabla 1. Franjas granulométricas del material de sub-base

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
NORMAL	ALTERNO	SBG-1	SBG-2
50 mm	2"	100	
37.5 mm	1 1/2"	70-95	100
25 mm	1"	60-90	75-95
12.5 mm	1/2"	45-75	55-85
9.5 mm	3/8"	40-70	45-75
4.75 mm	No. 4	25-55	30-60
2 mm	No. 10	15-40	20-45
425 µm	No. 40	6-25	8-30
75 µm	No. 200	2-15	2-15

Fuente: Norma INVIAS Artículo-320-07 Sub-base granular

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa [3].

2.1.3 Calidad.

El coeficiente de desgaste, medido por el ensayo de Los Ángeles, según la Norma INV (218), será inferior a cincuenta (50) [4].

2.2 Compactación

La compactación, en general, es la densificación del suelo por desalojo de aire, mediante la aplicación de energía mecánica. El grado de compactación de un suelo es medido en términos de su peso unitario seco.

Las variables determinantes de la compactación que se pueda lograr en un determinado material, son la humedad que posee el suelo, el tipo de suelo y el nivel de energía en la compactación [5].

2.3 Relación de Soporte California (CBR).

El ensayo CBR (California Bear Ratio) es una prueba que se originó en el Departamento de Carreteras de California en los Estados Unidos de América en el año 1929, con el objetivo de conocer los suelos donde diseñará adecuadamente los pavimentos, la ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte.

Este ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de densidad y humedad controladas; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

Además el ensayo permite evaluar la calidad relativa del suelo para subrasante, sub-base y base. Dado que el comportamiento de los suelos varía de acuerdo a su grado de alteración, con su granulometría y sus características físicas, el método a seguir para determinar el CBR, es diferente en cada caso. Así tenemos:

- C.B.R: Suelos perturbados y remoldeados
- Suelos gravosos y arenosos.
- Suelos cohesivos, poco plásticos y nada plásticos
- Suelos cohesivos y expansivos
- C.B.R. suelos inalterados.
- C.B.R. in-situ.

El número CBR establece una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y la resistencia a la misma que presenta el tipo común de piedra triturada.

En forma de ecuación esto es:

$$\%CBR = \frac{CARGA\ UNITARIA\ DE\ PRUEBA}{CARGA\ UNITARIA\ PATRON} * 100$$

Los valores de esfuerzo para las diferentes profundidades de penetración dentro de la muestra patrón, son indicados en la tabla 4.

El CBR de una muestra de suelo se determina generalmente para penetraciones del pistón dentro de él de 0.1 y 0.2 pulgadas, eligiéndose el mayor de los dos como el valor representativo.

Tabla 2. *Relaciones de Esfuerzo-Penetración para la muestra patrón (CBR)*

Penetración (pulgadas)	Esfuerzo Lb/pulg ²
0.1	1000
0.2	1500
0.3	1900
0.4	2300
0.5	2600

Fuente: Ing. Chang, Chang, Luis, 2001.

Los siguientes ensayos para su determinación del C.B.R. son:

1. Determinación de la máxima densidad y la óptima humedad mediante el ensayo de compactación.
2. Determinación de las propiedades expansivas del material.
3. Determinación de la resistencia a la penetración en la prensa del C.B.R.

2.3.1 Aplicaciones.

Este método de prueba se emplea para evaluar la resistencia potencial de materiales de subrasante, Sub-base y base, incluyendo materiales reciclados para empleo en pavimentos de carreteras y pistas de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma parte integral de varios métodos de diseño de pavimentos flexibles. La siguiente tabla da una clasificación típica:

Tabla 3. *Clasificación de los suelos de acuerdo al valor de CBR*

CBR	Sistema de clasificación	
	Unificado	AASHTO
0-3	OH,CH,MH,OL	A5,A6,A7
3-7	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7-20	OL,CL,ML,SC	A2,A4,A6,A7
	SM,SP	
20-50	GM,GC,GW,SM	A1b,A2-5,A3
	SP,GP	A2-6
> 50	GW,GM	A1-a,A2-4,A3

Fuente: E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez. Mecánica de Suelos [. 3ra. Ed., Limusa, 2001.

2.3.2 Variantes del Ensayo de CBR.

El ensayo de CBR puede efectuarse tanto en el terreno, ensayando el suelo con su humedad natural o sometiéndolo a saturación previa, como en el laboratorio sobre muestras inalteradas o compactadas allí. Las muestras inalteradas deberán ensayarse con su contenido natural de humedad, mientras que las compactadas en el laboratorio pueden probarse luego de inmersión o no, de acuerdo a las condiciones esperadas en el terreno. Para las muestras preparadas en el laboratorio, se considera que pueden establecerse tres procedimientos de preparación, ensayo y selección de resistencia de los suelos de acuerdo con las características de los mismos: El Método I (gravas, arenas y suelos sin cohesión), el Método II (suelos de plasticidad baja y media, no expansivos) y Método III (suelos de características expansivas) [6].

2.4 Propiedades Índice.

El estudio del suelo, implica: determinar su propiedad índice, clasificarlo, conocer el comportamiento del agua en este, su resistencia a esfuerzos externos y los límites respecto a su cambio de volumen. Una vez conocidas sus propiedades y comportamiento, pueden diseñarse estructuras que se ajusten a las condiciones específicas de cada suelo.

2.5 Contenido de humedad.

Esta propiedad física del suelo es de gran utilidad en la construcción civil y se obtiene de una manera sencilla, pues el comportamiento y la resistencia de los suelos en la construcción están regidos, por la cantidad de agua que contienen. El contenido de humedad de un suelo es la relación del cociente del peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda, esto se expresa en términos de porcentaje.

Es un ensayo usual de laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad de suelo en términos de su peso en seco. Si la determinación de este se hace en un suelo tal como se obtuvo en el terreno, se denomina humedad natural [7].

2.6 Límites de Atterberg.

Un suelo, según el contenido de agua puede comportarse como un líquido, un plástico o un sólido. Estos rangos o límites se denominan LIMITES DE CONSISTENCIA.

Los límites de Atterberg son muy importantes para la clasificación de los suelos. La posición del suelo en la carta de plasticidad da importantes datos relacionados con las características de plasticidad, permeabilidad, tenacidad y resistencia.

2.6.1 Limite Líquido.

El límite líquido es la frontera para pasar del estado semilíquido al estado plástico. Es la humedad en la cual al hacer una ranura en una muestra colocada en el aparato de Casagrande y darle exactamente 25 golpes, se cierran las dos partes del suelo, mínimo 12 mm longitudinalmente.

2.6.2 Limite Plástico.

Es la frontera para pasar del estado plástico al estado semisólido. Existen suelos en los cuales no puede determinarse el límite plástico, por lo tanto se los denomina suelos no plásticos (NP).

2.6.3 Índice Plástico

Es la diferencia numérica entre el Límite Líquido y el Límite plástico, nos indica la margen de variación del contenido de humedad en el cual el suelo está en estado plástico semi-sólido.

Los suelos que tienen índice de plasticidad alto son altamente compresibles. Es evidente que el índice de plasticidad es una medida de la cohesión; índices de plasticidad altos denotan un alto grado de cohesión; suelos que no tienen índice de plasticidad tales como las arenas de baja cohesión, son suelos no plásticos [8].

2.7 Granulometría.

La clasificación granulométrica de los suelos en general, consiste en la separación en fracciones que presentan el mismo rango de tamaño de las partículas y usualmente están dadas en porcentajes con relación al peso total del material.

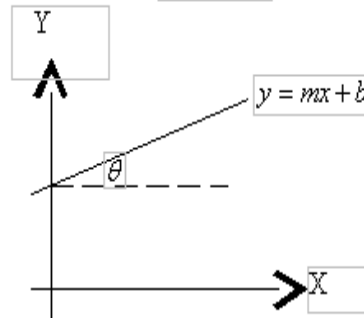
En suelos que tienen una importante cantidad de partículas finas resulta difícil disgregar los grumos en partículas individuales, para lo cual en éste estudio cabe mencionar que para todas las muestras se realizó el ensayo utilizando el mismo procedimiento que consiste en una granulometría por tamizado con muestras lavadas y posteriormente secadas en horno 24 horas a temperatura constante de 105°C [9].

2.8 Índice de Correlación Entre Variables Cuantitativas

2.8.1 Definición de Relación entre Variables.

Se considera que dos variables cuantitativas están relacionadas entre sí cuando los valores de una de ellas varían de forma sistemática con respecto a los valores homónimos de la otra; en otras palabras, si tenemos dos variables, A y B, existe relación entre ellas si al aumentar los valores de A también lo hacen los de B, o por el contrario si al aumentar los valores de A disminuyen los de B.

❖ *relación lineal* ($y = ax + b$): llamado también ley de Hooke



❖ *relación potencial* ($y = ax^n + b$):

❖ *relación exponencial* ($y = y_0 a^{nx} + b$):

Figura 1. Definición de Relación entre variables.

Fuente: John Neter and William Wasserman. Applied Linear Statistical Models, 1974.

2.8.2 Componentes Elementales de Relación Entre Variables

La relación entre dos variables cuantitativas queda representada mediante la línea de mejor ajuste, que es la que esquematiza las condiciones de la nube de puntos y de la relación. Los componentes elementales de una línea de ajuste y por extensión de una relación entre dos variables son:

- La Fuerza.
- El Sentido.
- La Forma

2.8.3 La Fuerza

Mide el grado en que la línea representa a la nube de puntos. Si la nube es estrecha y alargada una línea recta representará adecuadamente a la nube de puntos y a la relación y por tanto ésta será fuerte. Si por el contrario, la nube de puntos tiene una tendencia elíptica o circular, una línea recta que trate de representar a la misma será consecuencia de una relación débil y poco representativa, con amplios residuos.

2.8.4 El Sentido

El sentido de la relación se refiere a cómo varían los valores de B con respecto a A. Si al crecer los valores de la variable A lo hacen los de B, será una relación positiva (a valores bajos de A le corresponden valores bajos de B será una relación negativa)

2.8.5 La Forma

Establece el tipo de línea a emplear para definir el mejor ajuste. Se pueden emplear tres tipos de líneas: una línea recta, una curva monotónica y una curva no monotónica.

En el caso de usar una recta, se admite que existe una proporción entre la diferencia entre dos valores A y la diferencia entre dos valores de B. A ese factor de ajuste entre ambas series se le llama pendiente de la recta, y se asume que es constante a lo largo de toda la recta de ajuste.

En el caso de usar una **curva monotónica**, ese factor de proporción entre las dos variables no es constante a lo largo de toda la recta, y por lo tanto la pendiente de la misma es variable en su recorrido. Se dice entonces que la línea de ajuste es no lineal monotónica, puesto que la línea se ha convertido en curva. Sin embargo, lo que no varía es el sentido de la relación: si la relación es positiva lo será a lo largo de todo el recorrido de la curva y si es negativa, será negativa en toda la curva.

2.8.6 Cálculo de Las Líneas de Ajuste y Sus Ecuaciones.

El primer paso para la obtención de la línea de ajuste es escoger el método de representación, que puede ser alguno de los siguientes:

$$\textit{lineal} \rightarrow y = mx + b$$

$$\textit{polinomial} \rightarrow y = b + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 \dots$$

$$\textit{logaritmica} \rightarrow y = chx + E$$

$$\textit{exponencial} \rightarrow y = ce^{BX}$$

2.8.7 Ecuación de Regresión Lineal Simple

Es aquella recta en la que las diferencias elevadas al cuadrado entre los valores calculados por la ecuación de la recta y los valores reales de la serie, son las menores posibles. La ecuación general de la recta tiene la forma: $y=mx+b$

Con esta sencilla ecuación podemos calcular para cualquier punto de una recta, el valor que tomaría Y a partir del conocimiento de su valor X, de la pendiente de la recta (m) y del punto de corte sobre las ordenadas (b). El cálculo de la pendiente m se obtiene poniendo en relación el incremento de las X con el incremento de las Y, para una distancia dada, de la forma:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

El parámetro b es el valor que adquiere el punto de corte de la recta representada con el eje cartesiano de las Y (ordenada). Dicho de otra forma, b es el valor de Y para $X = 0$, que se puede deducir con la ecuación general si conocemos la pendiente de la recta. Para series de puntos no alineados sobre las que buscamos la recta que mejor se ajuste a su distribución, el cálculo de m y de b se realiza de la siguiente manera:

$$m = \frac{\Sigma((x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}))}{\sqrt{\Sigma_i(x_i - \bar{x})^2}}$$

Donde \bar{x} y \bar{y} son las medias de x e y respectivamente. Son datos conocidos pues proceden de los puntos de muestreo graficados a partir de las series de datos. En realidad, calculando el parámetro m, ya podemos aplicar la ecuación general de la recta; en primer lugar para $x = 0$, con lo que obtenemos b, y en segundo lugar para otro punto x que queramos. Con ello obtendremos los valores de y correspondientes, pudiendo en consecuencia dibujar dos puntos sobre el gráfico que, unidos, darán lugar a la recta de tendencia.

El problema de la línea de mínimos cuadrados y de las regresiones lineales simples es que no son resistentes a valores extremos en las series, que pudieran ser anomalías en los datos. Este método, por tanto, puede ser engañoso si se dispone de muy pocos datos y valores extremos en los mismos. [11]

2.8.8 Ecuaciones existentes entre las propiedades índices y el CBR

➤ Correlación para suelos granulares

Típicamente no plásticos, en los que el parámetro ($w \times IP$) es igual a cero. El parámetro ($w \times IP$) se denomina Índice de Plasticidad ponderado y es el producto de la fracción que pasa el tamiz de 0.074mm (No 200) por el índice de plasticidad.

$$CBR = 28.09 * D60^{0.38}$$

CBR: en porcentaje

D60: Abertura del tamiz que deja pasar el sesenta por ciento (60%) del suelo, en peso. Se expresa en (mm). Este valor se lee en la curva granulométrica. [18]

➤ Correlación para suelos que presentan plasticidad

Es decir que el parámetro ($w \times IP$) es mayor que cero, y la fracción que pasa el tamiz 0.074 mm (No 200) es mayor del once por ciento (11%).

$$CBR = \frac{75}{1 + 0.728(W * IP)}$$

($w \times IP$): Índice de plasticidad ponderado = el producto de la fracción que pasa el tamiz de 0.074mm (No 200) por el índice de plasticidad.

IP: Índice de plasticidad, en porcentaje. [19]

3.MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

La investigación es experimental de tipo correlacional, y su utilidad y propósito principal es saber cómo se pueden comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas, es decir, intentar predecir el valor aproximado que tendrá un grupo de individuos en una variable, a partir del valor que tienen en la variable o variables relacionadas.

La investigación es de tipo correlacional debido a que se analizan dos variables, vinculadas al mismo suelo, el Valor Soporte del Suelo CBR y el porcentaje en peso de los diferentes tamaños de los granos de suelo, con la intención de establecer relaciones entre ellas y predecir el resultado del valor CBR.

Para la realización de esta investigación, es preciso utilizar ensayos que permitan la obtención de la información de lo que se plantea.

3.2 Selección de Material de Estudio

El material estudiado se recolecto de la Arenera los Pinos Ltda. Figura [2]. Es una empresa reconocida en el sector de la construcción, constituida desde 1998 contando con más de 10 años de experiencia y calidad, su objetivo es proveer materia prima como Arenas, Triturados, Bases, Sub-bases, Piedras, Gravilla, Mixto y material de rio de la más alta calidad.

Con capacidad de ofrecer su amplio portafolio de productos y servicios a sus clientes en todo el oriente colombiano y sus alrededores, pues cuenta con un excelente parque automotor, equipos y personal altamente capacitado para este fin, de acuerdo a las necesidades de sus clientes. Cuenta con dos títulos mineros y sus respectivas licencias ambientales.



Figura 2. Localización cantera.

Fuente: <http://www.areneralospinos.com/inicio.html>.

3.3 Determinación del contenido de agua (Humedad). I.N.V.E-122-07

El material de estudio se obtuvo directamente como se encontraba en el terreno, en consecuencia la humedad determinada se llama humedad natural.

3.3.1 Equipo

- Horno
- Recipientes
- Balanzas

3.3.2 Procedimiento

a. Antes del ensayo la muestra se almacena en un cuarto donde no tenía contacto con el sol. Figura 3



Figura 3. *Material almacenado.*

Fuente: autores.

- b.** Se escogió una muestra de ensayo representativa, por cada muestra de 42 Kg se separaron 200 g para el posterior análisis
- c.** El material separado se colocó en unos recipientes, de peso conocido y se determina el peso del recipiente y la muestra de material inicial.
- d.** Se colocó el recipiente con el material húmedo en un horno por una hora aproximadamente.
- e.** Después que el material se secó, se dejó enfriar para determinar el peso de la muestra y el recipiente
- f.** Se calculó el contenido de agua de la muestra. [12]

3.4 Límites de Atterberg

3.4.1 Límite Líquido I.N.V.E -125-07

Para este ensayo se ha tomado el procedimiento estándar conocido como Copa de Casagrande. Determinándose el número de golpes necesarios para cerrar la ranura hecha en la muestra del suelo, con tres o más diferentes contenidos de agua. Sin embargo el material de estudio no arrojó límites debido a que son arenas [13].

3.4.2 Límite plástico I.N.V. E – 126 – 07

El Procedimiento realizado es la determinación del contenido de humedad del suelo al cual un cilindro se rompe o se agrieta, cuando se enrolla a un diámetro aproximado de tres milímetros, al rodarse con la palma de la mano sobre una superficie lisa. Pero en consecuencia de la usencia de límite líquido del material utilizado tampoco existen valores de límite plástico [14].

3.4.3 Índice Plástico

Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico y representa la extensión en la cual un suelo es plástico. El material no tiene índice plástico.

3.5 Análisis Granulométrico I.N.V.E- 213-07

Dado que las características de la sub-base procedente de pescadero (Santander) corresponden al tipo grueso-granulares, el método empleado para determinar su gradación se basó en el método por mallas o análisis mecánico.

3.5.1 Análisis granulométrico por mallas o análisis mecánico

Se determinó el porcentaje en peso de los diferentes tamaños de los granos de suelo y con estos datos construir su “curva granulométrica”.

3.5.2 Equipo

- Juego de mallas o tamices
- Cápsulas de porcelana o recipientes metálicos.
- Balanzas.
- Estufa.
- Cepillo de alambre y brocha.

3.5.3 Procedimiento.

- a. Se seleccionó una muestra representativa aproximadamente de 7 Kg
- b. La muestra se colocó sobre el tamiz No. 200 y se procedió a lavarla cuidadosamente a través de él, utilizando para ello agua común, hasta que esta salga totalmente limpia. Figura 4. De esta manera determinar la cantidad de material que pasa por el tamiz No 200 para la posterior clasificación.



Figura 4. *Lavado del material por el tamiz No 200.*

Fuente: Autores

- c. Se llevó el material restante al horno para obtener un buen secado. Una vez seca la muestra se pesó el conjunto; recipiente y suelo seco.
- d. La muestra anterior se hizo pasar por una serie de tamices. Figura 5, Figura 6.



Figura 5. *Tamizado (2^a No 4)*

Fuente: Autores



Figura 6. *Tamizado (No10 a No 200)*

Fuente: Autores

e. Se retira luego la serie de mallas y se vacía la porción retenida en cada malla sobre un recipiente. Para cada malla se obtiene el peso correspondiente de la porción retenida en él.

f. Para efectos de este proyecto se trabajó el sistema U.S. con la siguiente combinación de mallas: [15]

Tabla 4. Sistema U.S Standard Para Numeración de mallas

TAMIZ	ABERTURA m.m.
2 1/2"	63.5
2"	50.8
1 1/2 "	38.1
1"	25.4
3/4"	19.1
1/2"	12.7
3/8"	9.52
No.4	4.76
No. 10	2.00
No. 40	0.420
No. 200	0.074

Fuente: Norma I.N.V. E – 213 – 07.

3.6 Relaciones de Humedad – Masa Unitaria Seca En Los Suelos (Ensayo Modificado De Compactación) I.N.V. E – 142 – 07

Para el presente estudio investigativo, los ensayos de laboratorio usados para obtener la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo en la compactación son el Proctor Modificado.

3.6.1 Equipo

- Un molde de 152.4 mm (6") diámetro interior y una altura 120 mm
- Martillo de 4.54 Kg. (10 lb)
- Balanzas de 11.5 Kg.
- Horno
- Regla metálica, usada para el corte final del suelo
- Tamices, de 19.0 y 4.75 mm (3/4" y No.4).

3.6.2 Procedimiento

- a. Se tamizo una cantidad representativa de material aproximadamente de 6 Kg pulverizado sobre el tamiz de 19.0 mm (3/4"). Ver figura 7



Figura 7. *Tamizado por el 3/4"*

Fuente: Autores

- b. Se mezcló perfectamente la muestra representativa escogida con agua suficiente para humedecerla. Figura 8



Figura 8. *Preparación de la muestra*

Fuente: Autores

c. Se formó una muestra compactando el suelo humedecido en el molde de 152.4 mm (6") de diámetro en 5 capas aproximadamente iguales, compactándose cada capa mediante 56 golpes del martillo por encima de la altura aproximada del suelo compactado desde 305 mm (12"). Figura 9



Figura 9. *Caída libre del martillo para la compactación.*

Fuente: Autores

d. Después de la compactación, se removió el collar de extensión y se recortó cuidadosamente el suelo compactado que sobresalga en la parte superior del molde mediante la regla metálica con borde recto. Se pesa el molde y el suelo húmedo en kg. Figura 10.



Figura 10. *Molde con el material compactado y enrazado.*

Fuente: Autores

e. Se rompe completamente la cantidad restante del material, luego se añadió agua en cantidad suficiente para aumentar la humedad. Se prosiguió con esta serie de determinaciones hasta cuando disminuya la masa unitaria húmeda d_h , en kg/m^3 del suelo compactado [16].

3.7 Relación De Soporte Del Suelo En El Laboratorio (CBR En Laboratorio)

Cuando se van a ensayar materiales con contenidos máximos de tamaños de partículas mayores de 19 mm (3/4") como es el caso de nuestro estudio en sub-bases granulares, este método de ensayo provee la forma de modificar la gradación del material, de manera que el usado para las pruebas pase todo por el tamiz de 19.0 mm (3/4") a la vez que mantiene constante la fracción del total de la grava entre 75 mm (3") y 4.75 mm (No.4).

3.7.1 Equipo

- Prensa, utilizada para forzarla penetración de un pistón en el espécimen.
- Moldes, cilíndricos.
- Disco espaciador.
- Sobrecargas metálicas
- Pistón de penetración,
- Dos diales (deformímetros).
- Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- Horno,
- Balanzas,
- Tamices, de 4.75 mm (No.4) y de 19.0 mm (3/4").

3.7.2 Procedimiento

- a. Se pesaron tres moldes con su base, luego colocamos el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro del mismo diámetro.
Figura 11



Figura 11. Moldes para CBR

Fuente: Autores

- b.** Se mezcló cada una de las tres porciones de 5.5 Kg de material. (15 lb) con suficiente agua para obtener el contenido de humedad óptimo para densidad deseada.

- c.** Se compactaron tres especímenes cada una de 5 capas de manera que los límites de sus densidades compactadas sean del 95%, 98% y 100% de la máxima densidad seca, con 12, 25 y 5 golpes respectivamente

- d.** Terminada la compactación, se enrasó el espécimen por medio de un cuchillo, para determinar el contenido de humedad del material.

- f.** Se desmonta el molde sin disco espaciador y se determinó la masa del molde con el espécimen compactado.

- g.** Luego se realiza el proceso de inmersión, colocando sobre la superficie de la muestra los anillos necesarios para completar una sobrecarga. Figura 12



Figura 12. *Moldes sumergidos durante 4 días o menos*

Fuente: Autores

- h.** Se mantuvo las probetas en estas condiciones durante 96 horas (4 días) con el nivel de agua

- i.** Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y, a continuación, se retiran las sobrecargas y la placa perforada.

- j.** Por ultimo para la penetración se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato con una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto. Figura13



Figura 13. *Penetración del material*

Fuente: Autores.

k. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones

Tabla 5. *Lectura de cargas para las siguientes penetraciones*

PENETRACION	
Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.05
1.91	0.075
2.54	0.1
3.18	0.125
3.81	0.15
5.08	0.2
7.62	0.3
10.16	0.4
12.7	0.5

Fuente: Ing. Chang, Chang, Luis, 2001

4.RESULTADOS

4.1 Propiedades Índice

A continuación se muestran los resultados de las propiedades índice del material clasificado como Sub-base granular. Tabla 6

Tabla 6. Resultados ensayos propiedades índice.

MUESTRAS (7 kg)	CLASIFICACION		HUMEDAD NATURAL [%]
	A.A.S.H.T.O	U.S.C.S	
1	A-1-a	GP	0.64
2	A-1-a	GP	0.58
3	A-1-a	GP	0.42
4	A-1-a	GP	0.5
5	A-1-a	GP	0.64
6	A-1-a	GP	0.45
7	A-1-a	GP	0.42
8	A-1-a	GP	0.67
9	A-1-a	GP	0.59
10	A-1-a	GP	0.58

Fuente: Autores

4.2 Humedad Óptima Para la Densidad Máxima Seca

S observa la humedad óptima para la densidad máxima seca de los diez ensayos realizados. Tabla 7.

Tabla 7. Humedad optima y densidad seca máxima

MUESTRA (6kg)	HUMEDAD OPTIMA %	DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3)
1	7	2.115
2	7	2.124
3	8	2.129
4	8	2.141
5	7.5	2.117
6	7	2.119
7	7.5	2.135
8	7.5	2.114
9	7	2.12
10	7	2.163

Fuente: Autores

4.3 CBR En Laboratorio

Tabla 8. CBR a la densidad máxima del 95, 98 y 100%

MUESTRA (5.5kg)	CBR (%)		
	%Densidad max 95	%Densidad max 98	%Densidad max 100
1	36	48	58
2	39	47	65
3	40	52	67
4	39	52	62
5	38	50	65
6	34	54	64
7	37	54	67
8	41	49	66
9	35	47	59
10	37	48	62

Fuente: Autores

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CORRELACIONES

En este capítulo, se analizan detalladamente los resultados obtenidos en la investigación, para ello, se emplea el programa Excel, para el cálculo del factor R cuadrado y sus respectivos gráficos.

A continuación se indica los valores obtenidos los cuales nos muestran un enfoque general de la caracterización de La sub-base analizada de pescadero.

- En lo que se refiere al Contenido de Humedad natural, se puede observar de los ensayos realizados, que este parámetro varía entre 0.33 y 1%.
- En la clasificación general de los suelos estudiados, se tiene una gran mayoría casi su totalidad de estudio de suelos de grano grueso GP gravas mal gradadas, esto quiere decir que más de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4.
- En lo que va del grupo o subgrupo de clasificación, se tiene en su mayoría A-1a tipo de materiales suelos granulares.
- El material no presenta valores de límite líquido.
- El material no presenta valores de límite plástico.
- Los valores de Máxima densidad seca (Proctor Modificado) varían entre 2115 y 2163 Kg/m³.
- Los valores CBR de Sub-base al 95% de la densidad máxima seca, obtenidos en el laboratorio varían de 34 a 41%.

El coeficiente de Determinación (r^2) es una medida normalizada de la bondad de ajuste y debe ser más alta. El coeficiente de determinación (r^2) oscila desde 0 a 1. Si r^2 es mayor de 0.8, la determinación se considera como aceptable. La desviación estándar promedio presenta el margen promedio de los valores de campo, en la cual oscila el valor hallado, siendo la media de los valores obtenidos la ecuación de correlación.

5.1 Correlaciones Obtenidas.

➤ Variable A:

Valor Soporte del Suelo California Bearing Ratio (CBR).

➤ Variable B:

Abertura del tamiz que deja pasar determinado porcentaje del suelo, en peso. Se expresa en milímetros (mm). Este valor se lee en la curva granulométrica.

5.1.1 CBR con D 60 para 10 muestras GP

$$CBR = 0,0449D_{60}^2 - 0,3201D_{60} + 34,472$$

$$r^2 = 0,8328; N = 10$$

Donde CBR es el valor del CBR en (%), N es el número de pruebas y D_{60} es la abertura del tamiz que deja pasar el sesenta por ciento (60%) del suelo, en peso. Se expresa en milímetros (mm). El r^2 es de 0,8328 la determinación se considera como aceptable. El diagrama de la variación de CBR con D_{60} se muestra en la Figura 14:

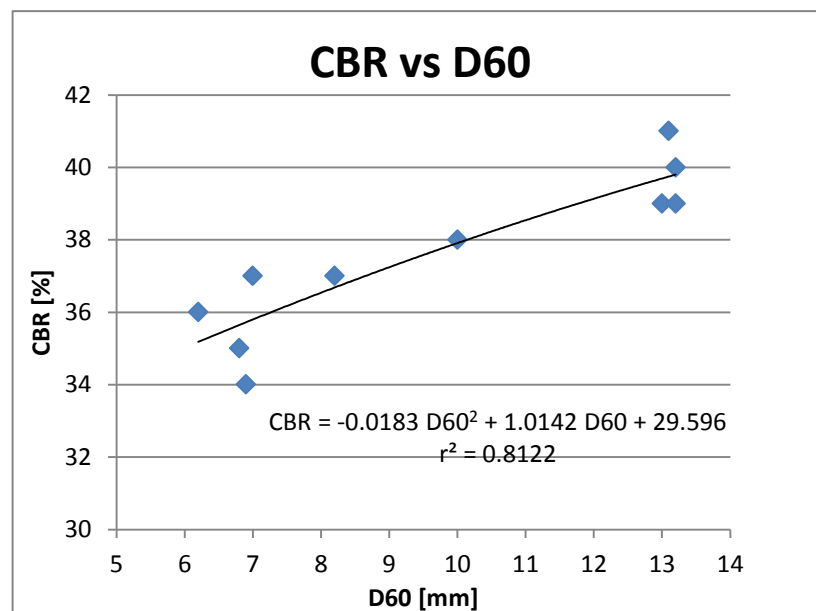


Figura 14. Variación de CBR con D_{60} para 10 muestras SP.

Fuente: Autores

5.1.2 CBR con D 40 para 10 muestras GP

$$CBR = -0,3536D_{40}^2 + 4,2302D_{40} + 28,241$$

$$r^2 = 0,8654; N = 10$$

Donde CBR es el valor del CBR en (%), N es el número de pruebas y D_{40} es la abertura del tamiz que deja pasar el cuarenta por ciento (40%) del suelo, en peso. Se expresa en milímetros (mm). El r^2 es de 0,8654 la determinación se considera como aceptable. El diagrama de la variación de CBR con D_{40} se muestra en la Figura 15:

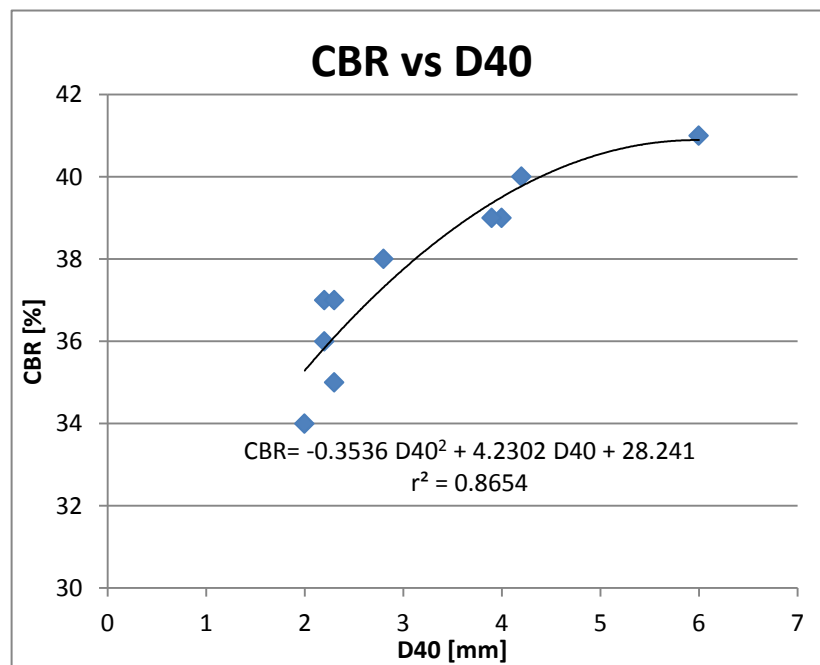


Figura 15. Variación de CBR con D_{40} para 10 muestras SP.

Fuente: Autores.

5.1.3 CBR con D 55 para 10 muestras GP

$$CBR = -0,0183D_{55}^2 + 1,0142D_{55} + 29,596$$

$$r^2 = 0,8122; N = 10$$

Donde CBR es el valor del CBR en (%), N es el número de pruebas y D_{55} es la abertura del tamiz que deja pasar el cincuenta y cinco por ciento (55%) del suelo, en peso. Se expresa en milímetros (mm). El r^2 es de 0,8122 la determinación se considera como aceptable. El diagrama de la variación de CBR con D_{55} se muestra en la Figura 16:

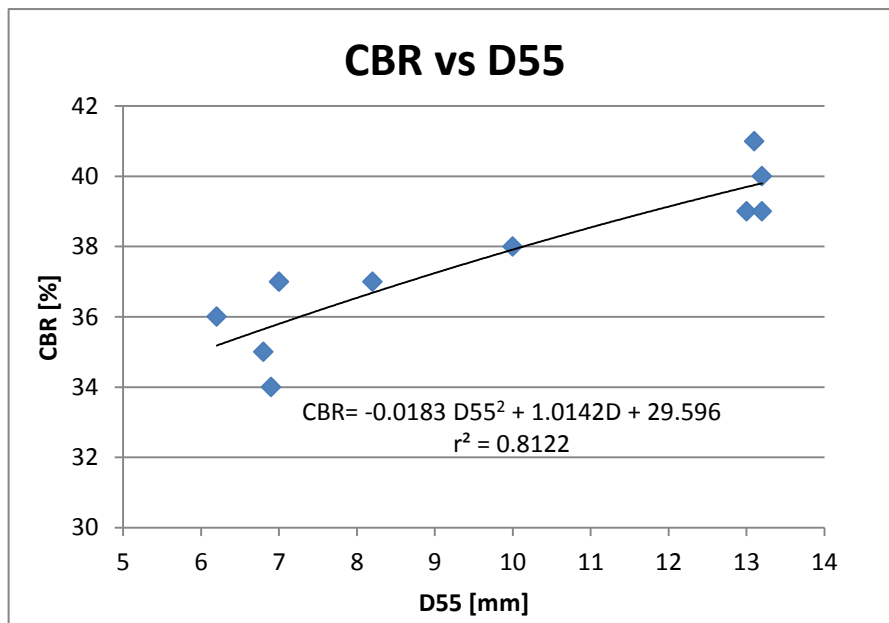


Figura 16. Variación de CBR con D_{55} para 10 muestras SP.

Fuente: Autores.

6. CONCLUSIONES

Habiendo analizado los resultados obtenidos, mediante esta investigación, se determinó que:

- ✓ Se determinó las características y propiedades propias de la sub-base existente en pescadero tales como granulometría, humedad, densidad y capacidad de soporte. Se concluye que la sub-base procedente de pescadero son en su gran mayoría es del tipo GP procedentes de los aportes laterales del río Sogamoso y de aportes sedimentarios aluviales.
- ✓ Se determinó que la sub-base analizada son suelos granulares limpios, típicamente no plásticos, en los que el parámetro ($W \times IP$) es igual a cero.
- ✓ La correlación se realizó entre las variables, CBR y abertura del tamiz que deja pasar determinado porcentaje del suelo, en peso. Se expresa en milímetros (mm). Este valor se lee en la curva granulométrica.
- ✓ Al ejecutar el programa Excel, se observó que en general, el R^2 más satisfactorio se obtiene mediante el uso del modelo polinómico.
- ✓ Los modelos de correlación tipo polinómica encontradas fueron las siguientes:

$$CBR = 0,0449D_{60}^2 - 0,3201D_{60}' + 34,472$$

$$r^2 = 0,8328; N = 10 \dots (1)$$

$$CBR = -0,3536D_{40}^2 + 4,2302D_{40} + 28,241$$

$$r^2 = 0,8654; N = 10 \dots (2)$$

$$CBR = -0,0183D_{55}^2 + 1,0142D_{55} + 29,596$$

$$r^2 = 0,8122; N = 10 \dots (3)$$

La Ecuación (1) y (3) son ventajosas, porque los coeficientes de Determinación (r^2) son mayores a 0.8 para obtener el valore CBR. Sin embargo la Ecuación (2) es la más favorable porque presenta una mayor correlación entre las variables.

- ✓ La Correlación entre los ensayos C.B.R y la abertura del tamiz que deja pasar el 40 % es la más factible de aplicar en la Sub-base analizada específicamente de tipo GP ya que el factor R^2 , es el requerido y el que más se aproxima a uno, lo que da una buena correlación.

- ✓ Finalmente, de acuerdo al análisis de los resultados, se puede concluir que correlacionando las aberturas de los tamices que dejan pasar el sesenta por ciento (60%) ,cuarenta por ciento y cincuenta cinco por ciento del suelo en peso empleado en esta investigación, es factible determinar un valor confiable del CBR para las sub-bases procedentes de pescadero tipo GP.

- ✓ Se recomienda seguir con la investigación ampliando el campo muestral para corroborar las ecuaciones encontradas.

BIBLIOGRAFÍA

- [13] Determinación del límite líquido de los suelos .I.N.V. E – 125 – 07.
- [8] Departamento de Mecánica de Suelos-FIC-UNI. Seminario taller de mecánica de suelos y exploración geotécnica [Internet]. Abril de 2011. Disponible en: <http://civilgeeks.com/2011/04/18/astm-d-4318-84-en-espanol/>
- [12] Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo, roca y mezclas de suelo -agregado I.N.V. E – 122 – 07
- [5] E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez. Mecánica de Suelos [Internet]. 3ra. Ed., Limusa, 2001. Disponible en: <http://www.cosaslibres.com/search/pdf/mecanica-de-suelos-juarez-badillo-tomo-2p>
- [18] Estudios y diseños para la pavimentación de las instalaciones de la Federación Nacional de Arroceros-FEDEARROZ, en el municipio de Aguazul-Casanare.
- [10] E. Knox. Criterios para clasificación de suelos según la séptima aproximación en las tres categorías superiores ELLIS G. Knox.
- [1] F. Sánchez. Escuela Colombiana de Ingeniería Curso Diseño de Pavimentos [Internet]. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/modulos.html
- [15] Gravedad específica y absorción de agregados gruesos I.N.V. E – 223 – 07.
- [11] J. Neter and W. Wasserman. Applied Linear Statistical Models, 1974.
- [7] J.R. Nadeo. Introducción a algunas propiedades fundamentales de los suelos [Internet]. Septiembre de 2013. Disponible en: <http://www.ing.unlp.edu.ar/constr/g1/Propiedades%20caracteristicas%20de%20los%20suelos.pdf>
- [14] Límite plástico e índice de plasticidad de suelos I.N.V. E – 126 – 07.
- [6] Manual de determinación de la capacidad de soporte CBR del suelo [Internet]. Enero de 2014. Disponible en: <http://civilgeeks.com/2014/01/22/manual-de-determinacion-de-la-capacidad-de-soporte-cbr-del-suelo/>
- [9] N.L. Sánchez. Granulometría de suelos. [Internet]. Noviembre de 2013. Disponible en: <http://civilgeeks.com/2013/11/25/granulometria-de-suelos-ing-nestor-luis-sanchez-incluye-planilla-descargable-para-los-tamices/>

- [3] Norma INVIAS. Articulo-320-07 Sub-base granular [Internet]. Disponible en: <http://www.areneralospinos.com/productos.html>
- [16] Proctor modificado norma INVIAS I .N. V. E- 142- 07.
- [2] Pliego de prescripciones técnicas generales para obras y puentes [Internet]. Julio de 2012. Disponible en: <http://personales.upv.es/fbardisa/Pdf/Pg3-1.pdf>
- [17] Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR de laboratorio). I.N.V. E – 148 – 07
- [4] Universidad del Cauca. Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de Los Ángeles I.N.V. E – 218 – 07 [Internet]. Disponible en: [ftp://ftp.uni-cauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma %20INV%20E-218-07.pdf](ftp://ftp.uni-cauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-218-07.pdf)

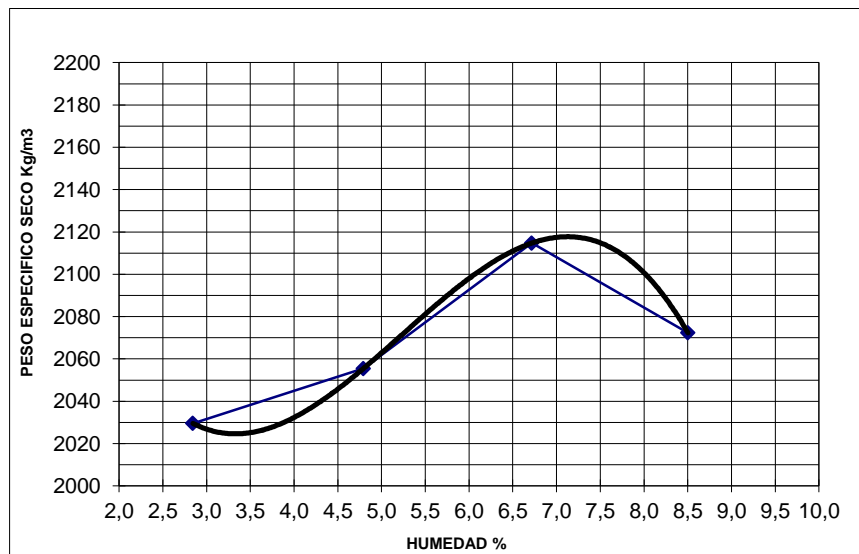
ANEXOS

PROCTOR-1 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
# GOLPES POR CARA	55
MOLDE No	23
DIAMETRO MOLDE(m)	0.15
ALTURA MOLDE (m)	0.12
VOL. MOLDE (m3)	0.00219

PESO TARA (Kg)	0.0068	0.0071	0.0069	0.0066	0.0069	0.0069	0.0070	0.0071
W TARA + S.H (Kg)	0.0454	0.0444	0.0482	0.0462	0.0464	0.0453	0.0477	0.0468
W TARA + S.S (Kg)	0.0443	0.0434	0.0463	0.0444	0.0440	0.0428	0.0445	0.0437
PROM. HUMEDAD %	2.84		4.79		6.72		8.50	

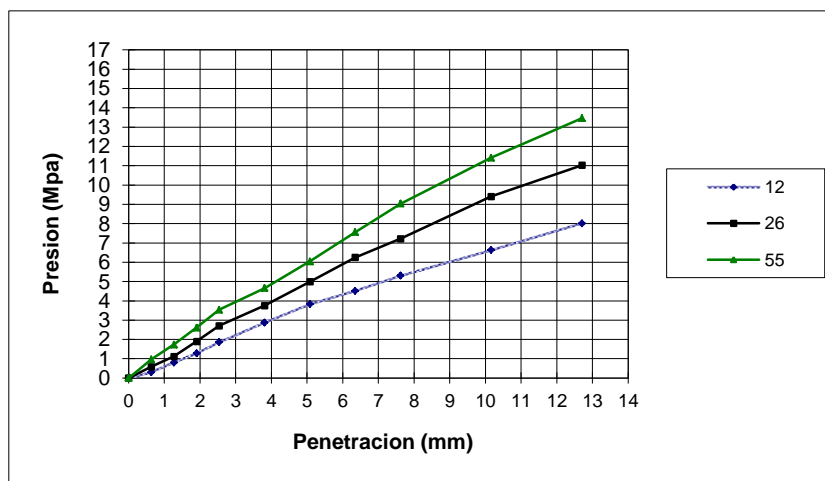
PESO MOLDE (Kg)	6.522	6.522	6.522	6.522
W MOLDE+S.H (Kg)	11.091	11.237	11.462	11.444
W DEL S. H. (Kg)	4.569	4.715	4.940	4.922
DENSIDAD H. (Kg/m3)	2087	2154	2257	2249
DENSIDAD S. (Kg/m3)	2030	2055	2115	2072



CBR-1 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MOLDE No	1			4			15		
No DE GOLPES	12			26			55		
DIAS DE INMERSION	4			4			4		
PENETRACION (mm)	LEC	CARGA (KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION(MPa)
0.0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
0.6	13	0.6	0.31	25	1.1	0.59	41	1.9	0.97
1.3	34	1.6	0.81	47	2.2	1.12	73	3.4	1.74
1.9	54	2.5	1.28	80	3.7	1.90	110	5.1	2.62
2.5	78	3.6	1.85	114	5.2	2.71	149	6.9	3.54
3.8	121	5.6	2.88	158	7.3	3.75	196	9.0	4.66
5.1	161	7.4	3.83	210	9.7	4.99	254	11.7	6.04
6.4	190	8.7	4.52	263	12.1	6.25	318	14.6	7.56
7.6	223	10.3	5.30	304	14.0	7.22	380	17.5	9.04
10.2	279	12.8	6.63	396	18.2	9.41	480	22.1	11.41
12.7	337	15.5	8.01	464	21.3	11.02	566	26.0	13.46
CBR A 0.1"	27			39			51		
CBR A 0.2"	36			48			58		
CBR CORR. 0.1"	27			39			51		
CBR CORR. 0.2"	36			48			58		
EXPANSION (mm)	0.00			0.00			0.00		
EXPANSION (%)	0.0			0.00			0.0		

%Densidad máx.	DENSIDAD	CBR (%)
95%	2021.76	36
98%	2085.60	48
100%	2128.16	58



GRANULOMETRIA-1 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	0.00	0.00	100.00	10	2	799.60	11.42	39.45
1 1/2"	36.1	264.80	3.78	96.22	20	0.84	0	0.00	39.45
1"	25.4	593.70	8.48	87.74	40	0.42	1440.2	20.57	18.87
3/4"	19.05	654.10	9.34	78.39	60	0.25	0	0.00	18.87
1/2"	12.7	818.50	11.69	66.70	100	0.149	0	0.00	18.87
3/8"	9.52	396.10	5.66	61.04	200	0.074	838.2	11.97	6.90
No 4	4.75	711.80	10.17	50.87	PASA 200	*****	477.20	6.82	0.08
SUMA	*****	3439.00	49.13		SUMA	*****	3555.20	50.79	
					TOTAL		6994.20		

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 7000

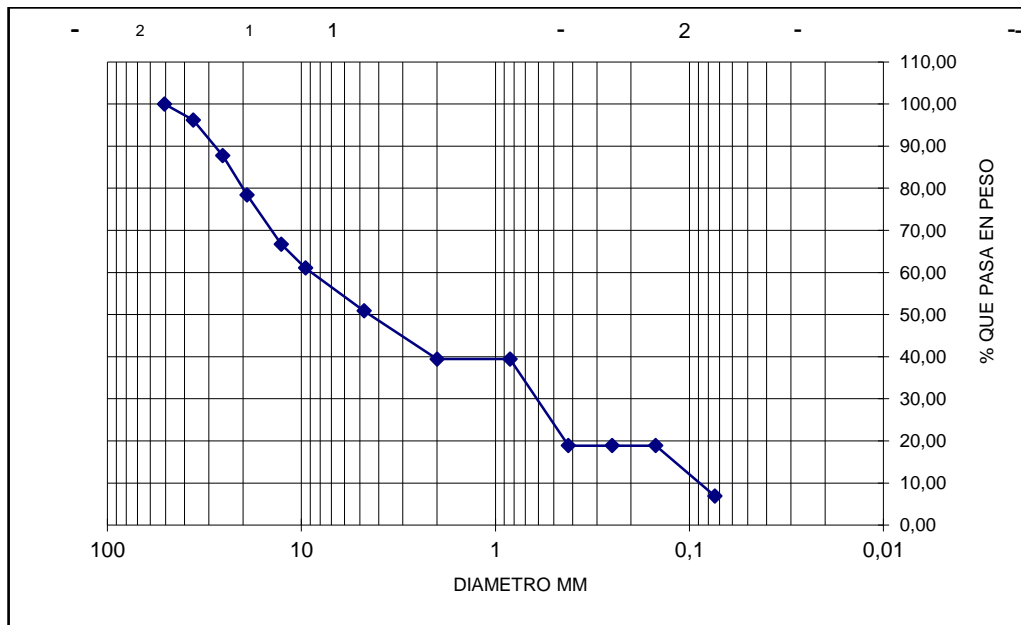
PESO DESPUES DE LAVADO gr: 6574

PORCENTAJE DE ERROR %: 0.08

GRAVAS= 49.13 %

ARENAS = 43.97 %

FINOS= 6.90 %

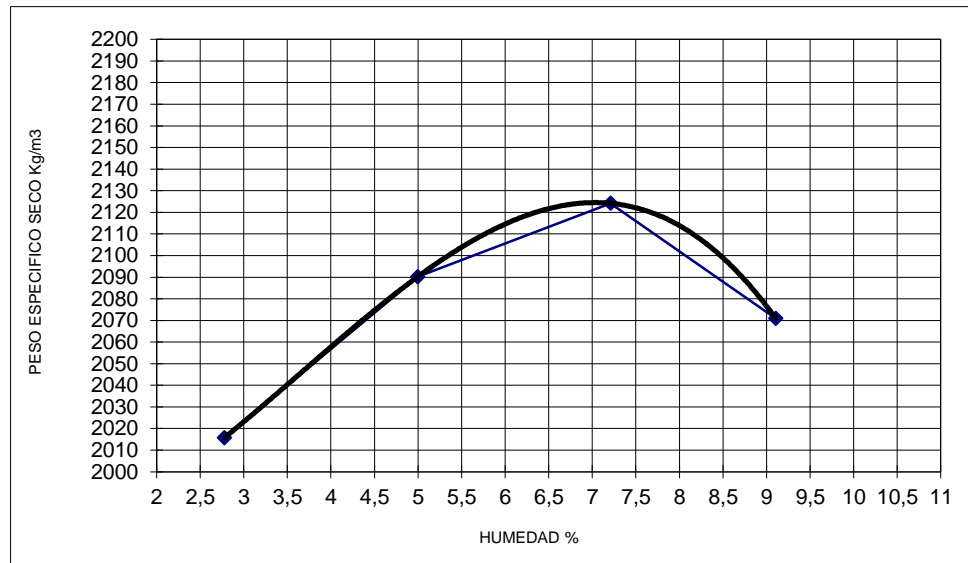


PROCTOR-2 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
# GOLPES POR CARA	55
MOLDE No	23
DIAMETRO MOLDE(m)	0.15
ALTURA MOLDE (m)	0.12
VOL. MOLDE (m3)	0.00219

PESO TARA (Kg)	0.0076	0.0069	0.0069	0.0071	0.0073	0.0070	0.0067	0.0069
W TARA + S.H (Kg)	0.0439	0.0484	0.0423	0.0474	0.0416	0.0442	0.0436	0.0431
W TARA + S.S (Kg)	0.0429	0.0473	0.0406	0.0455	0.0392	0.0418	0.0405	0.0401
PROM. HUMEDAD %	2.78		5.00		7.21		9.10	

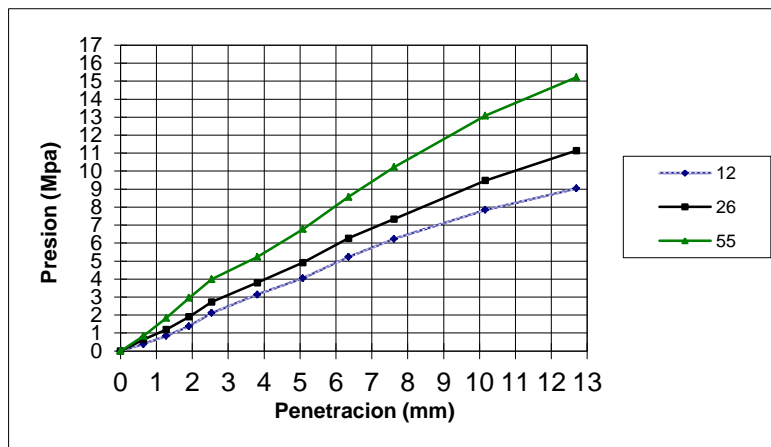
PESO MOLDE (Kg)	6.522	6.522	6.522	6.522
W MOLDE+S.H (Kg)	11.057	11.326	11.507	11.468
W DEL S. H. (Kg)	4.535	4.804	4.985	4.946
DENSIDAD H. (Kg/m3)	2072	2195	2277	2259
DENSIDAD S. (Kg/m3)	2016	2090	2124	2071



CBR-2 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MOLDE No	11			10			5		
No DE GOLPES	12			26			55		
DIAS DE INMERSION	4			4			4		
PENETRACION (mm)	LEC	CARGA (KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION(MPa)
0.0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
0.6	16	0.7	0.38	27	1.2	0.64	35	1.6	0.83
1.3	35	1.6	0.83	50	2.3	1.19	77	3.5	1.83
1.9	58	2.7	1.38	80	3.7	1.90	124	5.7	2.95
2.5	89	4.1	2.12	115	5.3	2.73	168	7.7	3.99
3.8	132	6.1	3.14	160	7.4	3.80	220	10.1	5.23
5.1	170	7.8	4.04	207	9.5	4.92	285	13.1	6.78
6.4	220	10.1	5.23	264	12.1	6.27	360	16.6	8.56
7.6	262	12.1	6.23	309	14.2	7.34	430	19.8	10.23
10.2	330	15.2	7.85	399	18.3	9.48	550	25.3	13.08
12.7	380	17.5	9.04	469	21.6	11.14	640	29.5	15.22
CBR A 0.1"	31			40			58		
CBR A 0.2"	39			47			65		
CBR CORR. 0.1"	31			40			58		
CBR CORR. 0.2"	39			47			65		
EXPANSION (mm)	0.00			0.00			0.00		
EXPANSION (%)	0.0			0.00			0.0		

%Densidad máx.	DENSIDAD	CBR (%)
95%	2050.88	39
98%	2115.64	47
100%	2158.82	65

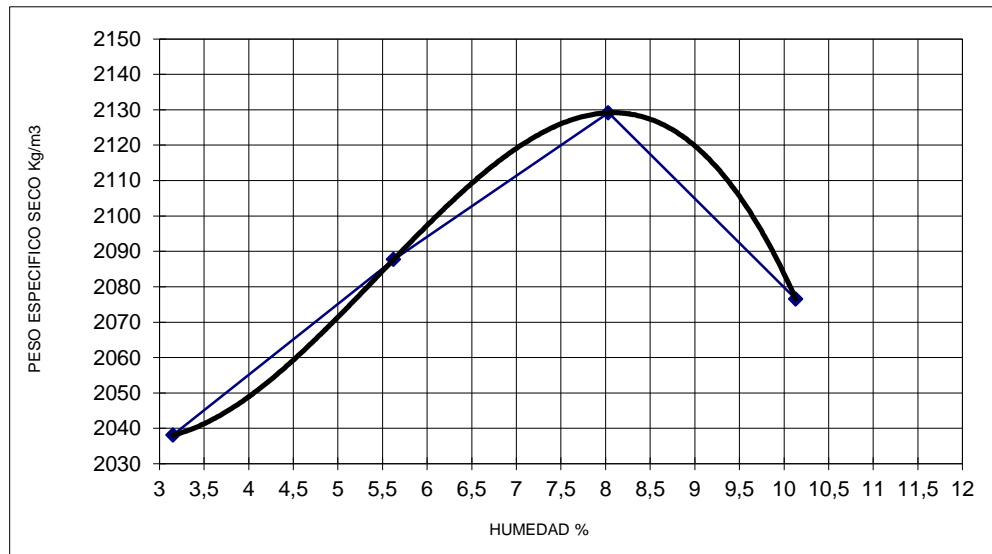


PROCTOR-3 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
# GOLPES POR CARA	55
MOLDE No	23
DIAMETRO MOLDE(m)	0.15
ALTURA MOLDE (m)	0.12
VOL. MOLDE (m3)	0.00219

PESO TARA (Kg)	0.0069	0.0069	0.0074	0.0071	0.0069	0.0066	0.0069	0.0068
W TARA + S.H (Kg)	0.0427	0.0464	0.0462	0.0474	0.0491	0.0464	0.0487	0.0487
W TARA + S.S (Kg)	0.0416	0.0452	0.0439	0.0455	0.0459	0.0435	0.0448	0.0449
PROM. HUMEDAD %	3.15		5.62		8.03		10.13	

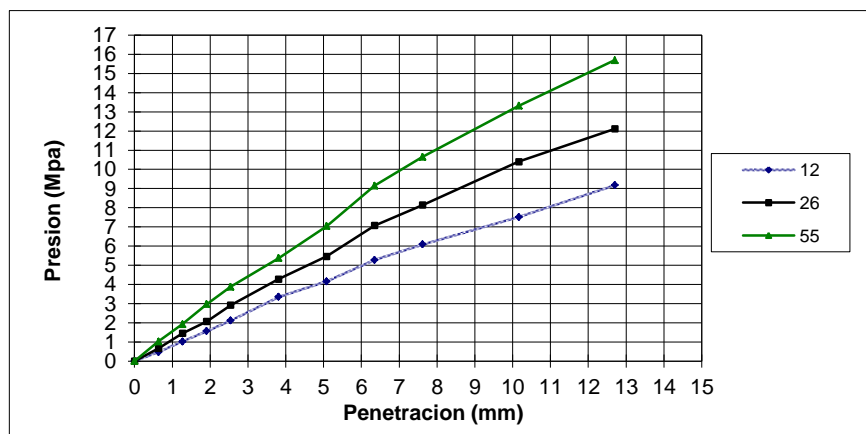
PESO MOLDE (Kg)	6.522	6.522	6.522	6.522
W MOLDE+S.H (Kg)	11.124	11.349	11.557	11.528
W DEL S. H. (Kg)	4.602	4.827	5.035	5.006
DENSIDAD H. (Kg/m3)	2102	2205	2300	2287
DENSIDAD S. (Kg/m3)	2038	2088	2129	2077



CBR-3 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MOLDE No	7			13			1		
No DE GOLPES	12			26			55		
DIAS DE INMERSION	4			4			4		
PENETRACION (mm)	LEC	CARGA (KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION(MPa)
0.0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
0.6	20	0.9	0.48	28	1.3	0.67	43	2.0	1.02
1.3	43	2.0	1.02	61	2.8	1.45	81	3.7	1.93
1.9	66	3.0	1.57	87	4.0	2.07	125	5.8	2.97
2.5	89	4.1	2.12	123	5.7	2.92	163	7.5	3.88
3.8	141	6.5	3.35	180	8.3	4.28	226	10.4	5.37
5.1	175	8.1	4.16	230	10.6	5.46	296	13.6	7.04
6.4	222	10.2	5.28	298	13.7	7.08	385	17.7	9.16
7.6	256	11.8	6.09	343	15.8	8.15	448	20.6	10.65
10.2	316	14.5	7.51	438	20.1	10.40	560	25.8	13.32
12.7	386	17.8	9.18	510	23.4	12.11	660	30.4	15.69
CBR A 0.1"	31			42			56		
CBR A 0.2"	40			52			67		
CBR CORR. 0.1"	31			42			56		
CBR CORR. 0.2"	40			52			67		
EXPANSION (mm)	0.00			0			0		
EXPANSION (%)	0.0			0			0		

%Densidad máx.	DENSIDAD	CBR (%)
95%	2074.86	40
98%	2140.39	52
100%	2184.07	67



GRANULOMETRIA-3 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	0.00	0.00	100.00	10	2	574.80	8.21	33.04
1 1/2"	36.1	582.50	8.32	91.68	20	0.84	0	0.00	33.04
1"	25.4	1042.80	14.90	76.78	40	0.42	1212.9	17.33	15.71
3/4"	19.05	474.80	6.78	70.00	60	0.25	0	0.00	15.71
1/2"	12.7	893.50	12.76	57.23	100	0.149	0	0.00	15.71
3/8"	9.52	441.60	6.31	50.93	200	0.074	727.8	10.40	5.32
No 4	4.75	677.10	9.67	41.25	PASA 200	*****	366.00	5.23	0.09
SUMA	*****	4112.30	58.75		SUMA	*****	2881.50	41.16	
					TOTAL		6993.80		

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 7000

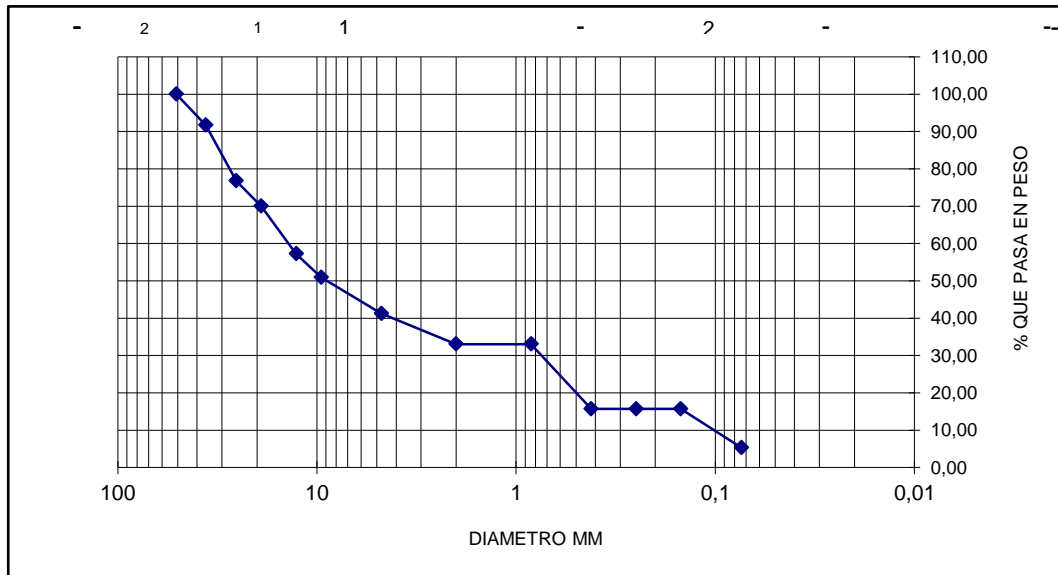
PESO DESPUES DE LAVADO gr: 6667

PORCENTAJE DE ERROR %: 0.09

GRAVAS= 58.75 %

ARENAS = 35.94 %

FINOS= 5.32 %

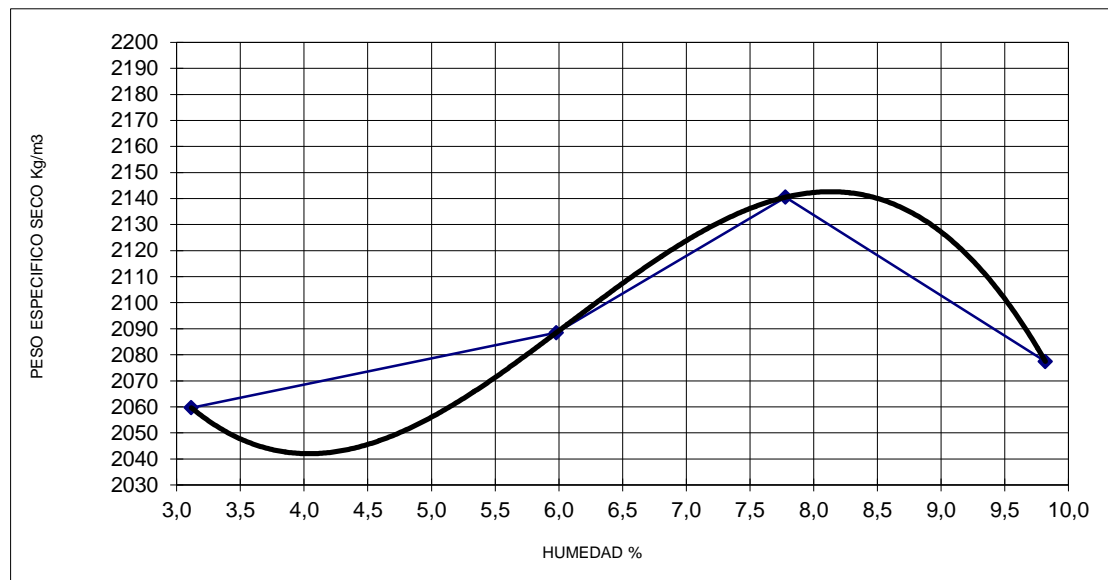


PROCTOR-4 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
# GOLPES POR CARA	55
MOLDE No	23
DIAMETRO MOLDE(m)	0.15
ALTURA MOLDE (m)	0.12
VOL. MOLDE (m3)	0.00219

PESO TARA (Kg)	0.0066	0.0071	0.0070	0.0069	0.0069	0.0068	0.0074	0.0068
W TARA + S.H (Kg)	0.0425	0.0407	0.0419	0.0429	0.0441	0.0486	0.0442	0.0483
W TARA + S.S (Kg)	0.0414	0.0397	0.0399	0.0409	0.0414	0.0456	0.0409	0.0446
PROM. HUMEDAD %	3.11		5.98		7.78		9.82	

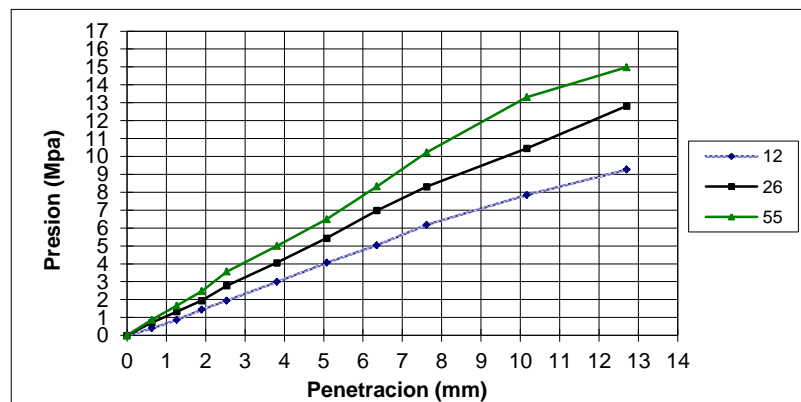
PESO MOLDE (Kg)	6.522	6.522	6.522	6.522
W MOLDE+S.H (Kg)	11.171	11.367	11.572	11.516
W DEL S. H. (Kg)	4.649	4.845	5.050	4.994
DENSIDAD H. (Kg/m3)	2124	2213	2307	2281
DENSIDAD S. (Kg/m3)	2060	2088	2140	2077



CBR-4 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MOLDE No	5			11			10		
No DE GOLPES	12			26			55		
DIAS DE INMERSION	4			4			4		
PENETRACION (mm)	LEC	CARGA (KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION(MPa)
0.0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
0.6	17	0.8	0.40	30	1.4	0.71	37	1.7	0.88
1.3	37	1.7	0.88	56	2.6	1.33	70	3.2	1.66
1.9	61	2.8	1.45	82	3.8	1.95	104	4.8	2.47
2.5	82	3.8	1.95	117	5.4	2.78	150	6.9	3.57
3.8	126	5.8	3.00	171	7.9	4.06	210	9.7	4.99
5.1	171	7.9	4.07	229	10.5	5.44	273	12.6	6.49
6.4	212	9.8	5.04	294	13.5	6.98	350	16.1	8.32
7.6	260	12.0	6.18	350	16.1	8.31	430	19.8	10.23
10.2	330	15.2	7.85	440	20.2	10.45	560	25.8	13.32
12.7	390	17.9	9.27	540	24.8	12.83	630	29.0	14.98
CBR A 0.1"	28			40			52		
CBR A 0.2"	39			52			62		
CBR CORR. 0.1"	28			40			52		
CBR CORR. 0.2"	39			52			62		
EXPANSION (mm)	0.00			0			0		
EXPANSION (%)	0.0			0			0		

%Densidad máx.	DENSIDAD	CBR (%)
95%	2100.32	39
98%	2166.64	52
100%	2210.86	62



GRANULOMETRIA-4 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	181.00	2.59	97.41	10	2	619.10	8.84	33.04
1 1/2"	36.1	392.30	5.60	91.81	20	0.84	0	0.00	33.04
1"	25.4	764.80	10.93	80.88	40	0.42	1240.8	17.73	15.31
3/4"	19.05	746.50	10.66	70.22	60	0.25	0	0.00	15.31
1/2"	12.7	932.20	13.32	56.90	100	0.149	0	0.00	15.31
3/8"	9.52	426.00	6.09	50.82	200	0.074	727.1	10.39	4.92
No 4	4.75	625.50	8.94	41.88	PASA 200	*****	343.50	4.91	0.02
SUMA	*****	4068.30	58.12		SUMA	*****	2930.50	41.86	
					TOTAL		6998.80		

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 7000

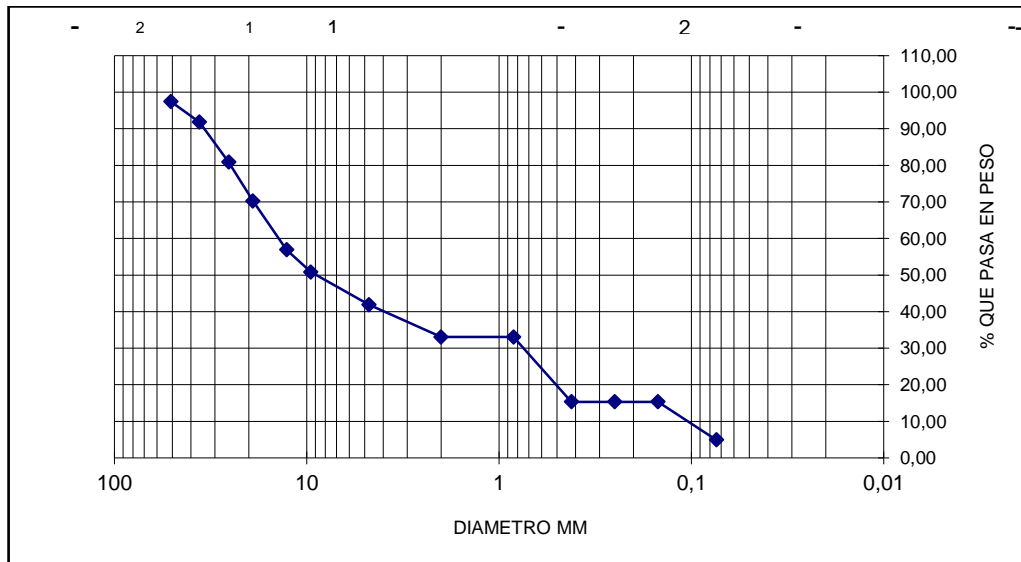
GRAVAS= 58.12 %

PESO DESPUES DE LAVADO gr: 6690.6

ARENAS = 36.96 %

PORCENTAJE DE ERROR %: 0.02

FINOS= 4.92 %

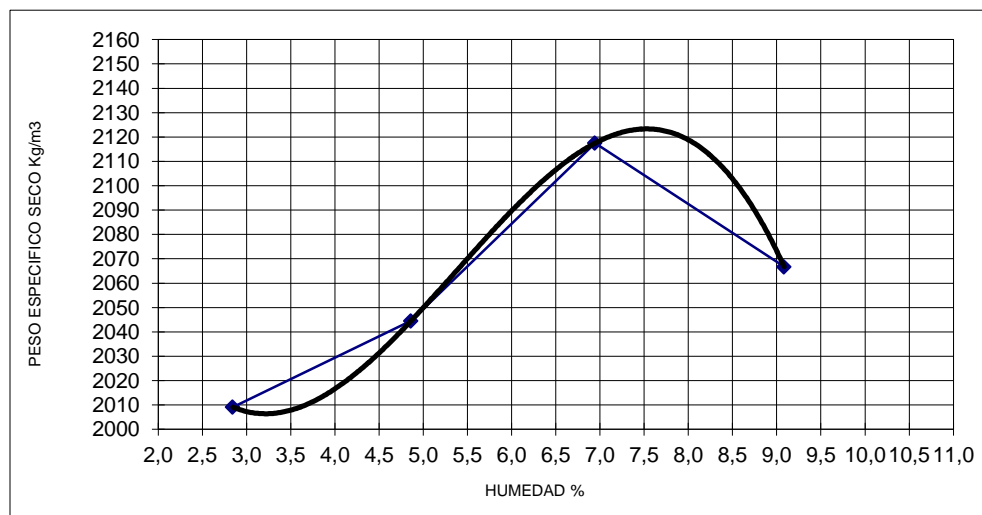


PROCTOR-5 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
# GOLPES POR CARA	55
MOLDE No	23
DIAMETRO MOLDE(m)	0.15
ALTURA MOLDE (m)	0.12
VOL. MOLDE (m3)	0.00219

PESO TARA (Kg)	0.0069	0.0069	0.0069	0.0070	0.0066	0.0069	0.0069	0.0071
W TARA + S.H (Kg)	0.0439	0.0458	0.0465	0.0472	0.0464	0.0427	0.0461	0.0437
W TARA + S.S (Kg)	0.0429	0.0447	0.0447	0.0453	0.0439	0.0403	0.0430	0.0405
PROM. HUMEDAD %	2.84		4.86		6.94		9.08	

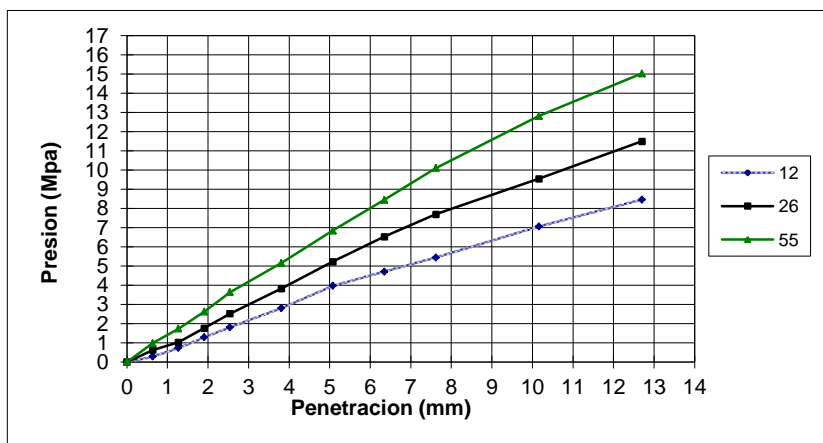
PESO MOLDE (Kg)	6.515	6.515	6.515	6.515
W MOLDE+S.H (Kg)	11.038	11.208	11.472	11.450
W DEL S. H. (Kg)	4.523	4.693	4.957	4.935
DENSIDAD H. (Kg/m3)	2066	2144	2265	2254
DENSIDAD S. (Kg/m3)	2009	2045	2117	2067



CBR-5 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MOLDE No	7			4			14		
No DE GOLPES	12			26			55		
DIAS DE INMERSION	4			4			4		
PENETRACION (mm)	LEC	CARGA (KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION(MPa)
0.0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
0.6	12	0.6	0.29	26	1.2	0.62	41	1.9	0.97
1.3	31	1.4	0.74	43	2.0	1.02	73	3.4	1.74
1.9	54	2.5	1.28	74	3.4	1.76	110	5.1	2.62
2.5	76	3.5	1.81	106	4.9	2.52	153	7.0	3.64
3.8	118	5.4	2.81	161	7.4	3.82	217	10.0	5.16
5.1	167	7.7	3.97	220	10.1	5.23	288	13.3	6.85
6.4	198	9.1	4.71	275	12.6	6.53	355	16.3	8.44
7.6	229	10.5	5.45	324	14.9	7.70	425	19.6	10.11
10.2	297	13.7	7.06	402	18.5	9.55	539	24.8	12.82
12.7	356	16.4	8.47	484	22.2	11.50	632	29.1	15.03
CBR A 0.1"	26			36			53		
CBR A 0.2"	38			50			65		
CBR CORR. 0.1"	26			36			53		
CBR CORR. 0.2"	38			50			65		
EXPANSION (mm)	0.00			0			0		
EXPANSION (%)	0.0			0			0		

%Densidad máx.	DENSIDAD	CBR (%)
95%	2055.35	38
98%	2120.26	50
100%	2163.53	65



GRANULOMETRIA-5 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	567.40	8.11	91.89	10	2	624.30	8.92	36.35
1 1/2"	36.1	357.60	5.11	86.79	20	0.84	0	0.00	36.35
1"	25.4	783.10	11.19	75.60	40	0.42	1239.7	17.71	18.64
3/4"	19.05	383.90	5.48	70.11	60	0.25	0	0.00	18.64
1/2"	12.7	693.30	9.90	60.21	100	0.149	0	0.00	18.64
3/8"	9.52	418.70	5.98	54.23	200	0.074	878.6	12.55	6.09
No 4	4.75	627.00	8.96	45.27	PASA 200	*****	423.00	6.04	0.05
SUMA	*****	3831.00	54.73		SUMA	*****	3165.60	45.22	
					TOTAL		6996.60		

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 7000

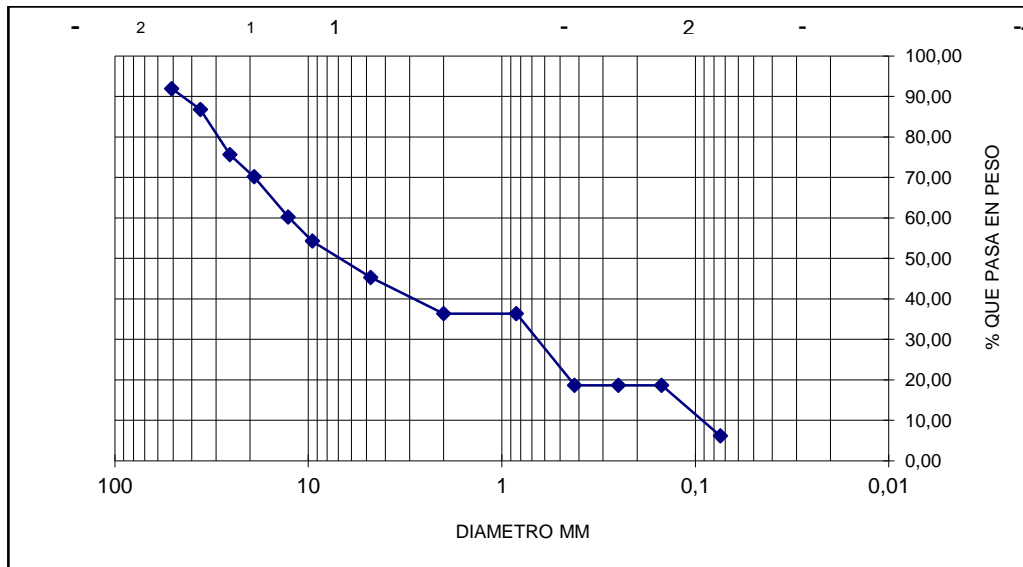
PESO DESPUES DE LAVADO gr: 6611

PORCENTAJE DE ERROR %: 0.05

GRAVAS= 54.73 %

ARENAS = 39.18 %

FINOS= 6.09 %

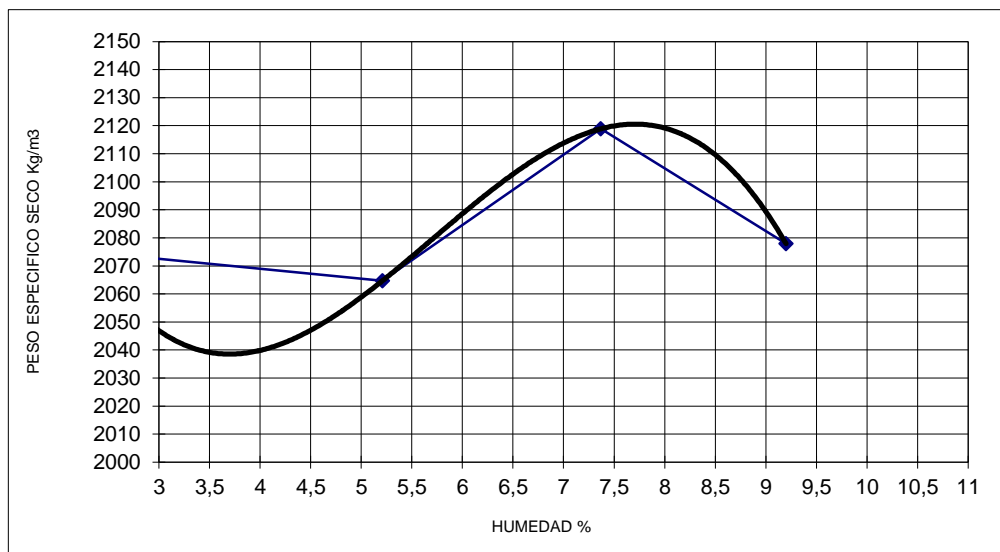


PROCTOR-6 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
# GOLPES POR CARA	55
MOLDE No	23
DIAMETRO MOLDE(m)	0.15
ALTURA MOLDE (m)	0.12
VOL. MOLDE (m3)	0.00219

PESO TARA (Kg)	0.0071	0.0076	0.0069	0.0074	0.0069	0.0066	0.0073	0.0069
W TARA + S.H (Kg)	0.0478	0.0467	0.0479	0.0492	0.0417	0.0476	0.0486	0.0438
W TARA + S.S (Kg)	0.0469	0.0458	0.0459	0.0471	0.0393	0.0448	0.0450	0.0408
PROM. HUMEDAD %	2.31		5.21		7.37		9.20	

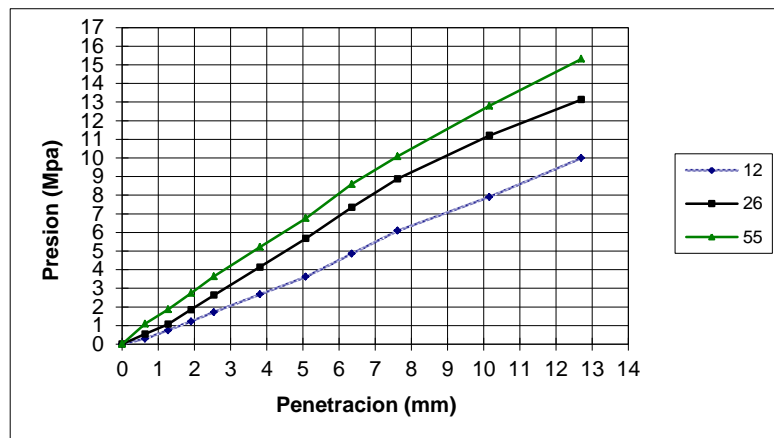
PESO MOLDE (Kg)	6.522	6.522	6.522	6.522
W MOLDE+S.H (Kg)	11.169	11.277	11.502	11.489
W DEL S. H. (Kg)	4.647	4.755	4.980	4.967
DENSIDAD H. (Kg/m3)	2123	2172	2275	2269
DENSIDAD S. (Kg/m3)	2075	2065	2119	2078



CBR-6 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MOLDE No	7			4			14		
No DE GOLPES	12			26			55		
DIAS DE INMERSION	4			4			4		
PENETRACION (mm)	LEC	CARGA (KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION(MPa)
0.0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
0.6	12	0.6	0.29	23	1.1	0.55	46	2.1	1.09
1.3	31	1.4	0.74	45	2.1	1.07	78	3.6	1.85
1.9	51	2.3	1.21	78	3.6	1.85	115	5.3	2.73
2.5	72	3.3	1.71	111	5.1	2.64	153	7.0	3.64
3.8	112	5.2	2.66	174	8.0	4.13	219	10.1	5.21
5.1	152	7.0	3.61	239	11.0	5.68	284	13.1	6.75
6.4	204	9.4	4.85	309	14.2	7.34	361	16.6	8.58
7.6	256	11.8	6.09	374	17.2	8.88	424	19.5	10.08
10.2	332	15.3	7.89	472	21.7	11.21	538	24.8	12.79
12.7	420	19.3	9.99	553	25.4	13.13	644	29.6	15.31
CBR A 0.1"	25			38			53		
CBR A 0.2"	34			54			64		
CBR CORR. 0.1"	25			38			53		
CBR CORR. 0.2"	34			54			64		
EXPANSION (mm)	0.00			0.00			0.00		
EXPANSION (%)	0.0			0.00			0.0		

%Densidad máx.	DENSIDAD	CBR (%)
95%	2038.08	34
98%	2102.44	54
100%	2145.35	64



GRANULOMETRIA-6 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	272.00	3.89	96.11	10	2	689.40	9.85	39.77
1 1/2"	36.1	0.00	0.00	96.11	20	0.84	0	0.00	39.77
1"	25.4	1064.00	15.20	80.91	40	0.42	1320.2	18.86	20.91
3/4"	19.05	430.50	6.15	74.76	60	0.25	0	0.00	20.91
1/2"	12.7	668.30	9.55	65.22	100	0.149	0	0.00	20.91
3/8"	9.52	375.20	5.36	59.86	200	0.074	948.1	13.54	7.36
No 4	4.75	717.00	10.24	49.61	PASA 200	*****	510.00	7.29	0.08
SUMA	*****	3527.00	50.39		SUMA	*****	3467.70	49.54	
					TOTAL		6994.70		

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 7000

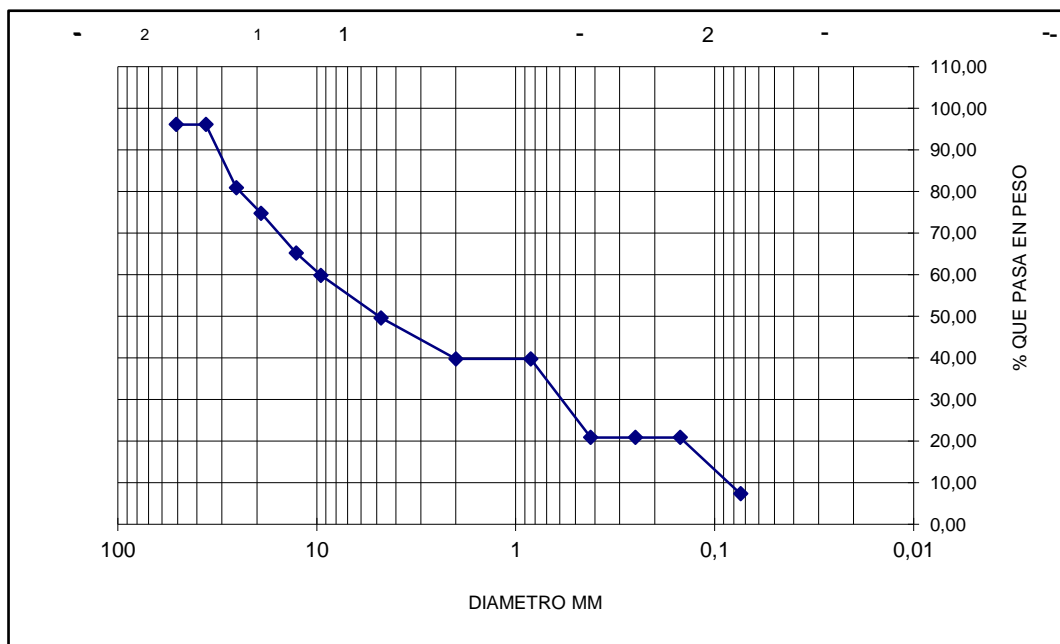
PESO DESPUES DE LAVADO gr: 6522

PORCENTAJE DE ERROR %: 0.08

GRAVAS= 50.39 %

ARENAS = 42.25 %

FINOS= 7.36 %

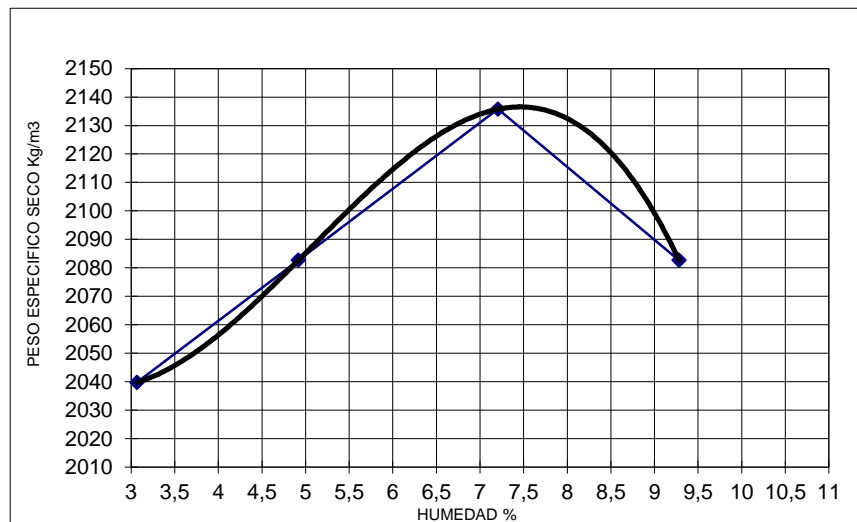


PROCTOR-7 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
# GOLPES POR CARA	55
MOLDE No	23
DIAMETRO MOLDE(m)	0.15
ALTURA MOLDE (m)	0.12
VOL. MOLDE (m3)	0.00219

PESO TARA (Kg)	0.0069	0.0072	0.0075	0.0068	0.0076	0.0068	0.0073	0.0070
W TARA + S.H (Kg)	0.0477	0.0437	0.0493	0.0505	0.0452	0.0405	0.0461	0.0518
W TARA + S.S (Kg)	0.0465	0.0426	0.0472	0.0486	0.0426	0.0383	0.0428	0.0480
PROM. HUMEDAD %	3.07		4.92		7.21		9.28	

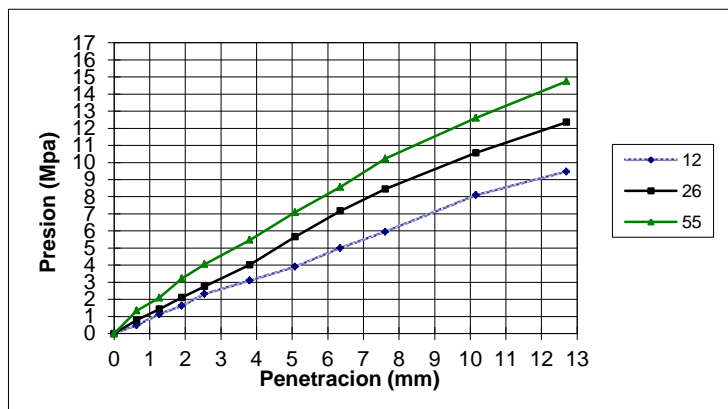
PESO MOLDE (Kg)	6.522	6.522	6.522	6.522
W MOLDE+S.H (Kg)	11.124	11.305	11.534	11.504
W DEL S. H. (Kg)	4.602	4.783	5.012	4.982
DENSIDAD H. (Kg/m3)	2102	2185	2290	2276
DENSIDAD S. (Kg/m3)	2040	2083	2136	2083



CBR-7 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MOLDE No	11			10			5		
No DE GOLPES	12			26			55		
DIAS DE INMERSION	4			4			4		
PENETRACION (mm)	LEC	CARGA (KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION(MPa)
0.0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
0.6	20	0.9	0.48	33	1.5	0.78	56	2.6	1.33
1.3	47	2.2	1.12	60	2.8	1.43	88	4.1	2.09
1.9	68	3.1	1.62	89	4.1	2.11	135	6.2	3.21
2.5	97	4.5	2.31	116	5.3	2.76	170	7.8	4.04
3.8	130	6.0	3.09	169	7.8	4.01	230	10.6	5.47
5.1	164	7.5	3.90	238	10.9	5.65	298	13.7	7.09
6.4	210	9.7	4.99	302	13.9	7.17	360	16.6	8.56
7.6	250	11.5	5.94	356	16.4	8.46	430	19.8	10.23
10.2	340	15.6	8.09	445	20.5	10.57	530	24.4	12.60
12.7	398	18.3	9.46	520	23.9	12.35	620	28.5	14.74
CBR A 0.1"	33			40			59		
CBR A 0.2"	37			54			67		
CBR CORR. 0.1"	33			40			59		
CBR CORR. 0.2"	37			54			67		
EXPANSION (mm)	0.00			0.00			0.00		
EXPANSION (%)	0.0			0.00			0.0		

%Densidad máx.	DENSIDAD	CBR (%)
95%	2076.26	37
98%	2141.83	54
100%	2185.54	67



GRANULOMETRIA-7 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	0.00	0.00	100.00	10	2	600.70	8.58	39.79
1 1/2"	36.1	599.30	8.56	91.44	20	0.84	0	0.00	39.79
1"	25.4	1085.10	15.50	75.94	40	0.42	1253.2	17.90	21.88
3/4"	19.05	364.50	5.21	70.73	60	0.25	0	0.00	21.88
1/2"	12.7	712.30	10.18	60.55	100	0.149	0	0.00	21.88
3/8"	9.52	282.30	4.03	56.52	200	0.074	945.8	13.51	8.37
No 4	4.75	570.80	8.15	48.37	PASA 200	*****	580.00	8.29	0.09
SUMA	*****	3614.30	51.63		SUMA	*****	3379.70	48.28	
					TOTAL		6994.00		

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 7000

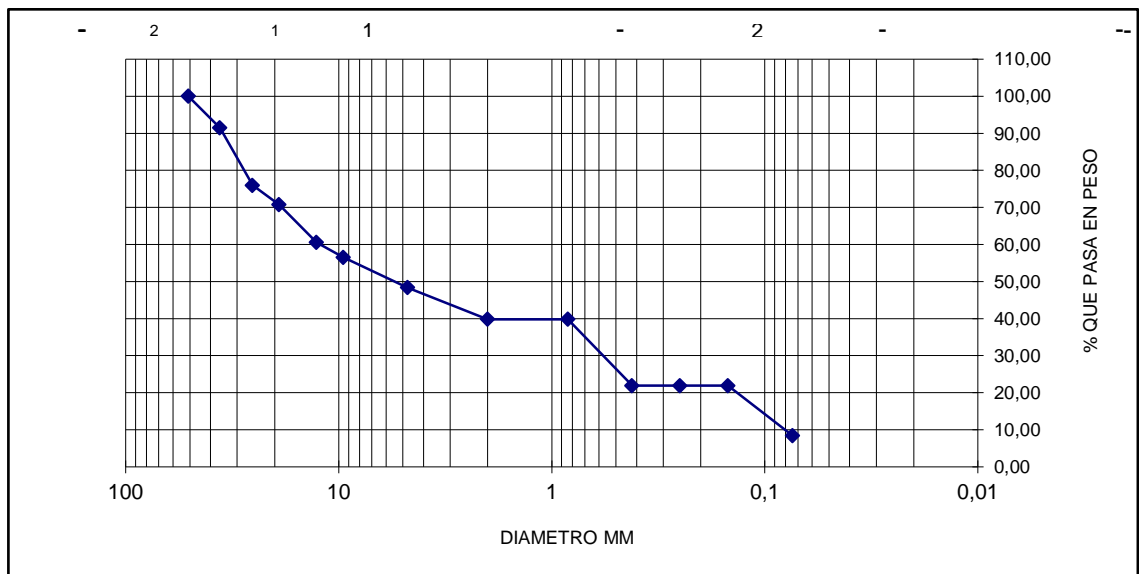
PESO DESPUES DE LAVADO gr: 6462

PORCENTAJE DE ERROR %: 0.09

GRAVAS= 51.63 %

ARENAS = 40.00 %

FINOS= 8.37 %

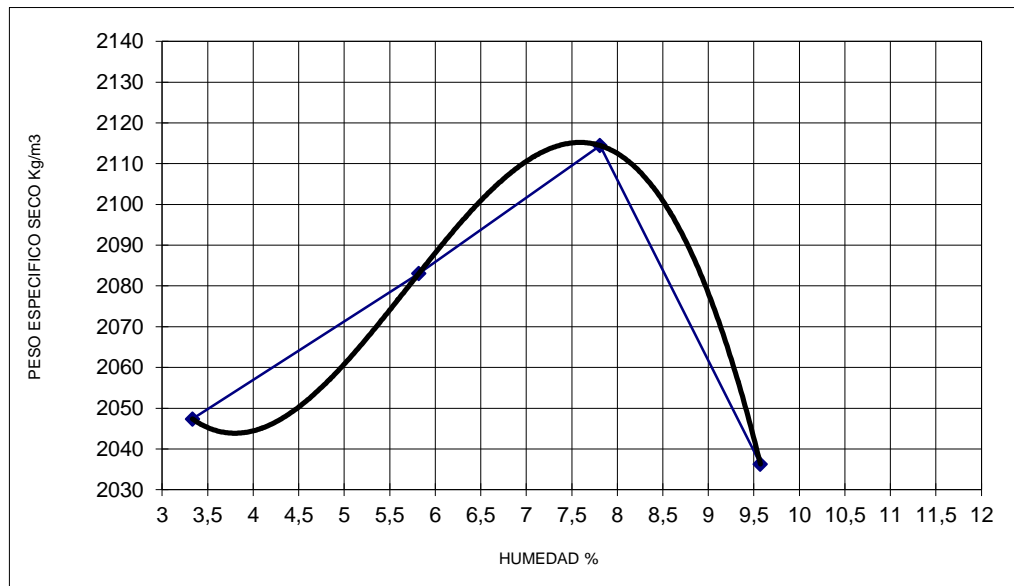


PROCTOR-8 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
# GOLPES POR CARA	55
MOLDE No	23
DIAMETRO MOLDE(m)	0.15
ALTURA MOLDE (m)	0.12
VOL. MOLDE (m3)	0.00219

PESO TARA (Kg)	0.0074	0.0068	0.0068	0.0067	0.0074	0.0069	0.0067	0.0067
W TARA + S.H (Kg)	0.0499	0.0448	0.0404	0.0404	0.0434	0.0413	0.0433	0.0468
W TARA + S.S (Kg)	0.0485	0.0436	0.0385	0.0386	0.0408	0.0388	0.0401	0.0433
PROM. HUMEDAD %	3.33		5.82		7.81		9.57	

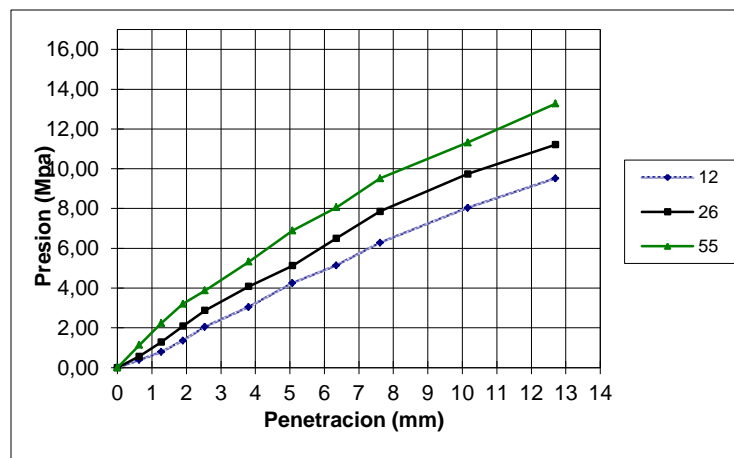
PESO MOLDE (Kg)	6.522	6.522	6.522	6.522
W MOLDE+S.H (Kg)	11.153	11.347	11.512	11.406
W DEL S. H. (Kg)	4.631	4.825	4.990	4.884
DENSIDAD H. (Kg/m3)	2116	2204	2280	2231
DENSIDAD S. (Kg/m3)	2047	2083	2114	2036



CBR-8 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MOLDE No	10			7			15		
No DE GOLPES	12			26			55		
DIAS DE INMERSION	4			4			4		
PENETRACION (mm)	LEC	CARGA (KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION(MPa)
0.0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
0.6	16	0.7	0.38	24	1.1	0.57	48	2.2	1.14
1.3	33	1.5	0.78	54	2.5	1.28	94	4.3	2.24
1.9	57	2.6	1.36	88	4.0	2.09	135	6.2	3.21
2.5	86	4.0	2.05	121	5.6	2.87	163	7.5	3.88
3.8	128	5.9	3.04	172	7.9	4.09	224	10.3	5.33
5.1	179	8.2	4.26	216	9.9	5.13	290	13.3	6.90
6.4	216	9.9	5.14	274	12.6	6.51	339	15.6	8.06
7.6	264	12.2	6.28	331	15.2	7.86	400	18.4	9.51
10.2	338	15.6	8.04	410	18.8	9.74	476	21.9	11.32
12.7	400	18.4	9.51	472	21.7	11.21	558	25.7	13.27
CBR A 0.1"	30			42			56		
CBR A 0.2"	41			49			66		
CBR CORR. 0.1"	30			42			56		
CBR CORR. 0.2"	41			49			66		
EXPANSION (mm)	0.00			0.00			0.00		
EXPANSION (%)	0.0			0.00			0.0		

%Densidad máx.	DENSIDAD	CBR (%)
95%	2035.43	41
98%	2099.71	49
100%	2142.56	66



GRANULOMETRIA-8 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	0.00	0.00	100.00	10	2	623.10	8.90	28.00
1 1/2"	36.1	341.80	4.88	95.12	20	0.84	0	0.00	28.00
1"	25.4	1145.60	16.37	78.75	40	0.42	996.3	14.23	13.76
3/4"	19.05	748.30	10.69	68.06	60	0.25	0	0.00	13.76
1/2"	12.7	1010.70	14.44	53.62	100	0.149	0	0.00	13.76
3/8"	9.52	498.70	7.12	46.50	200	0.074	630.4	9.01	4.76
No 4	4.75	672.00	9.60	36.90	PASA 200	*****	332.00	4.74	0.02
SUMA	*****	4417.10	63.10		SUMA	*****	2581.80	36.88	
					TOTAL		6998.90		

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 7000

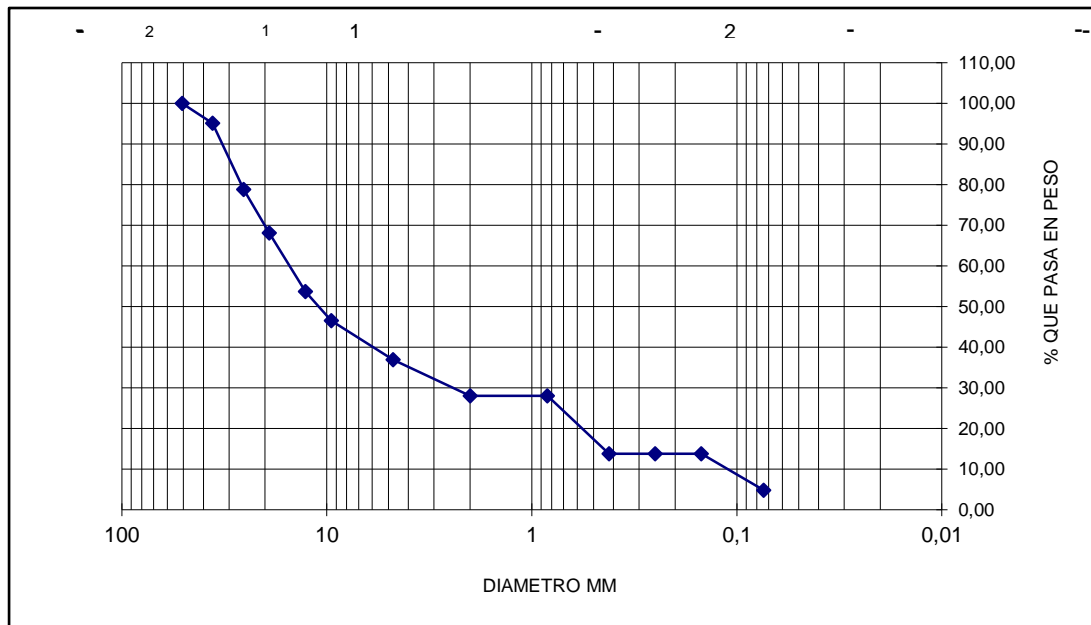
PESO DESPUES DE LAVADO gr: 6703

PORCENTAJE DE ERROR %: 0.02

GRAVAS= 63.10 %

ARENAS = 32.14 %

FINOS= 4.76 %

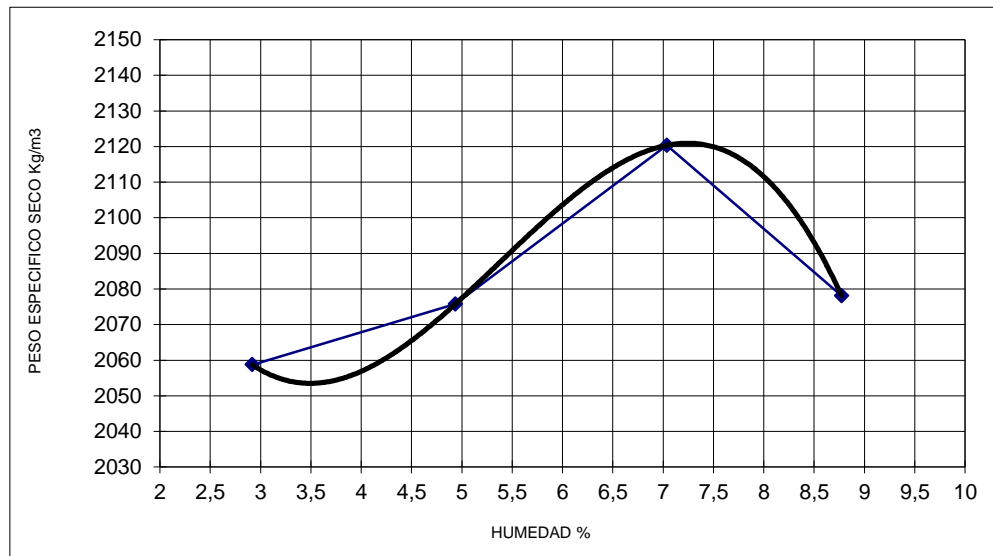


PROCTOR-9 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
# GOLPES POR CARA	55
MOLDE No	23
DIAMETRO MOLDE(m)	0.15
ALTURA MOLDE (m)	0.12
VOL. MOLDE (m3)	0.00219

PESO TARA (Kg)	0.0070	0.0068	0.0068	0.0068	0.0068	0.0071	0.0068	0.0069
W TARA + S.H (Kg)	0.0482	0.0468	0.0446	0.0496	0.0497	0.0465	0.0430	0.0479
W TARA + S.S (Kg)	0.0471	0.0456	0.0429	0.0475	0.0470	0.0438	0.0399	0.0448
PROM. HUMEDAD %	2.92		4.93		7.04		8.77	

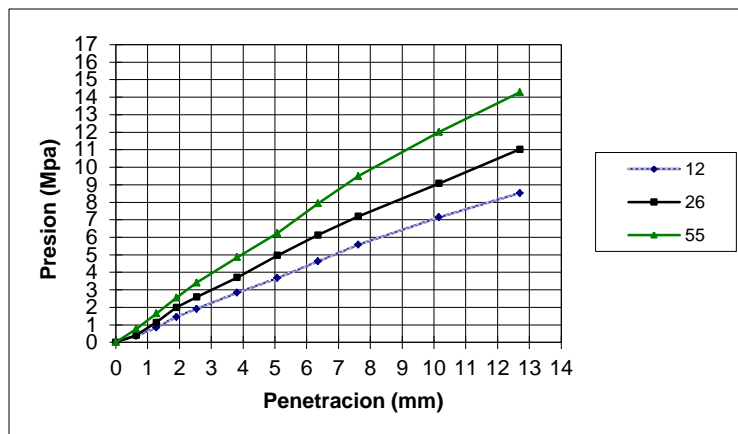
PESO MOLDE (Kg)	6.522	6.522	6.522	6.522
W MOLDE+S.H (Kg)	11.160	11.290	11.490	11.470
W DEL S. H. (Kg)	4.638	4.768	4.968	4.948
DENSIDAD H. (Kg/m3)	2119	2178	2270	2260
DENSIDAD S. (Kg/m3)	2059	2076	2120	2078



CBR-9 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MOLDE No	11			10			5		
No DE GOLPES	12			26			55		
DIAS DE INMERSION	4			4			4		
PENETRACION (mm)	LEC	CARGA (KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION(MPa)
0.0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
0.6	15	0.7	0.36	17	0.8	0.40	32	1.5	0.76
1.3	35	1.6	0.83	48	2.2	1.14	69	3.2	1.64
1.9	61	2.8	1.45	84	3.9	2.00	107	4.9	2.54
2.5	80	3.7	1.90	109	5.0	2.59	143	6.6	3.40
3.8	119	5.5	2.83	156	7.2	3.71	204	9.4	4.85
5.1	154	7.1	3.66	209	9.6	4.96	262	12.1	6.23
6.4	194	8.9	4.61	258	11.9	6.13	333	15.3	7.92
7.6	234	10.8	5.56	303	13.9	7.20	399	18.4	9.49
10.2	300	13.8	7.13	382	17.6	9.07	505	23.2	12.01
12.7	358	16.5	8.51	464	21.3	11.02	600	27.6	14.27
CBR A 0.1"	28			38			49		
CBR A 0.2"	35			47			59		
CBR CORR. 0.1"	28			38			49		
CBR CORR. 0.2"	35			47			59		
EXPANSION (mm)	0.00			0			0		
EXPANSION (%)	0.0			0			0		

%Densidad máx.	DENSIDAD	CBR (%)
95%	2055.75	35
98%	2120.66	47
100%	2163.94	59



GRANULOMETRIA-9 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	257.50	3.68	96.32	10	2	806.70	11.52	38.68
1 1/2"	36.1	495.90	7.08	89.24	20	0.84	0	0.00	38.68
1"	25.4	695.10	9.93	79.31	40	0.42	1560.9	22.30	16.38
3/4"	19.05	241.80	3.45	75.85	60	0.25	0	0.00	16.38
1/2"	12.7	657.70	9.40	66.46	100	0.149	0	0.00	16.38
3/8"	9.52	441.20	6.30	60.15	200	0.074	724.6	10.35	6.03
No 4	4.75	696.60	9.95	50.20	PASA 200	*****	417.30	5.96	0.07
SUMA	*****	3485.80	49.80		SUMA	*****	3509.50	50.14	
					TOTAL		6995.30		

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 7000

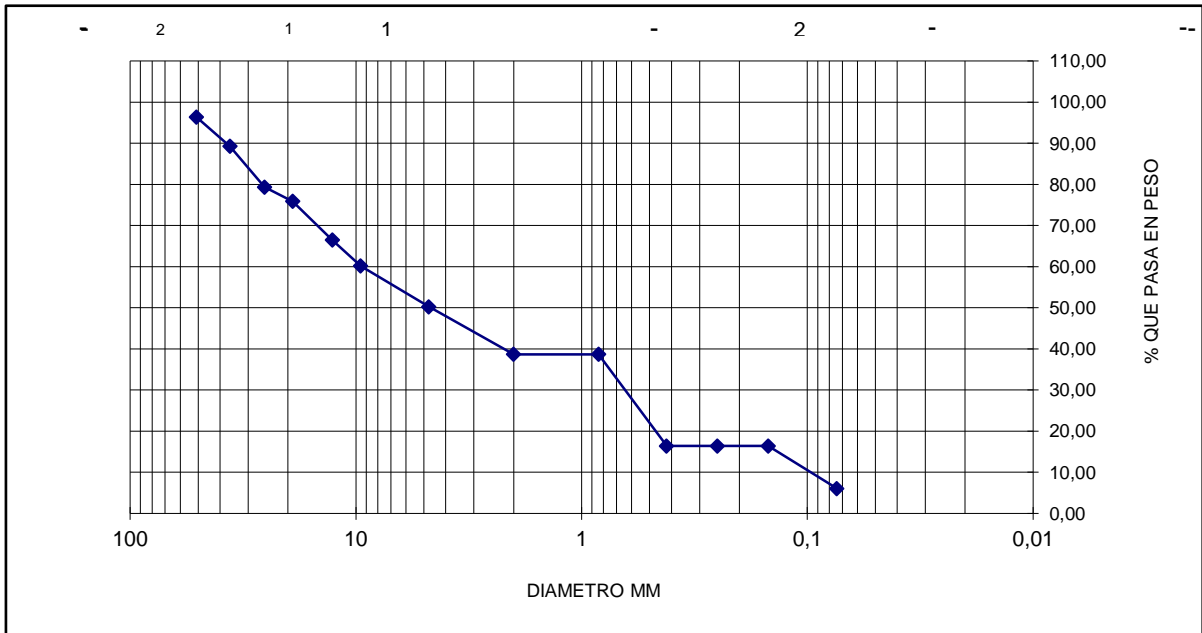
PESO DESPUES DE LAVADO gr: 6603

PORCENTAJE DE ERROR %: 0.07

GRAVAS= 49.80 %

ARENAS = 44.17 %

FINOS= 6.03 %

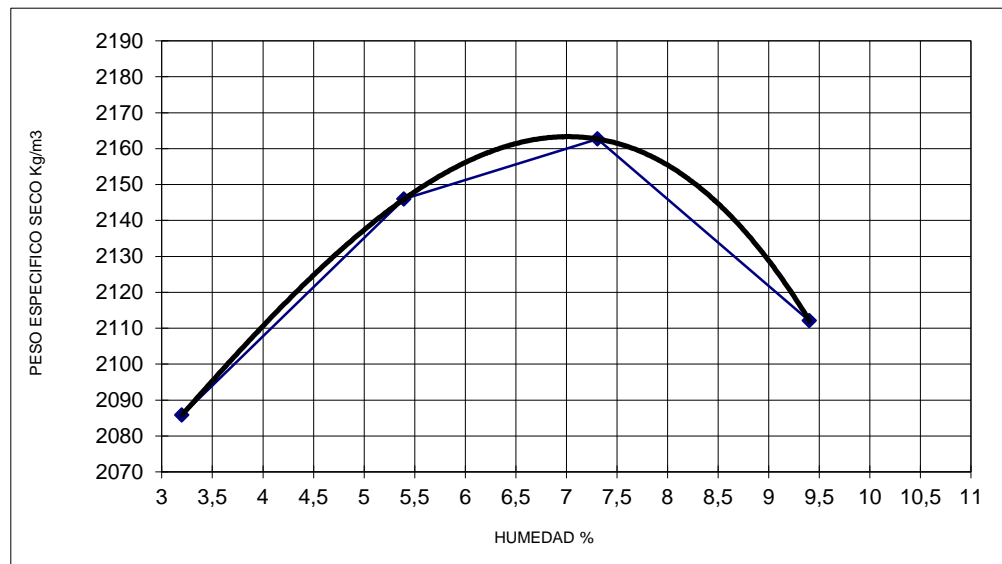


PROCTOR-10 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
# GOLPES POR CARA	55
MOLDE No	23
DIAMETRO MOLDE(m)	0.15
ALTURA MOLDE (m)	0.12
VOL. MOLDE (m3)	0.00219

PESO TARA (Kg)	0.0075	0.0076	0.0069	0.0069	0.0074	0.0072	0.0068	0.0069
W TARA + S.H (Kg)	0.0492	0.0465	0.0444	0.0497	0.0467	0.0472	0.0432	0.0462
W TARA + S.S (Kg)	0.0479	0.0453	0.0424	0.0476	0.0440	0.0445	0.0400	0.0429
PROM. HUMEDAD %	3.20		5.40		7.31		9.40	

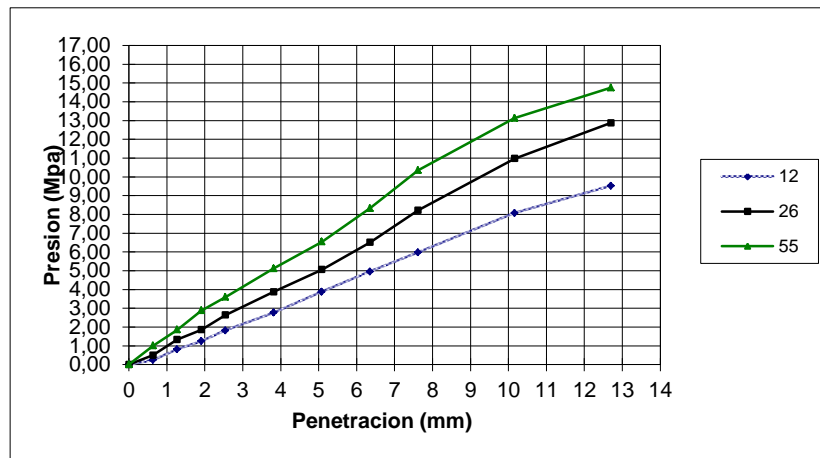
PESO MOLDE (Kg)	6.522	6.522	6.522	6.522
W MOLDE+S.H (Kg)	11.234	11.473	11.602	11.580
W DEL S. H. (Kg)	4.712	4.951	5.080	5.058
DENSIDAD H. (Kg/m3)	2153	2262	2321	2311
DENSIDAD S. (Kg/m3)	2086	2146	2163	2112



CBR-10 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MOLDE No	10			11			2		
No DE GOLPES	12			26			55		
DIAS DE INMERSION	4			4			4		
PENETRACION (mm)	LEC	CARGA (KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION (MPa)	LEC	CARGA(KN)	PRESION(MPa)
0.0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
0.6	10	0.5	0.24	21	1.0	0.50	42	1.9	1.00
1.3	34	1.6	0.81	56	2.6	1.33	78	3.6	1.85
1.9	52	2.4	1.24	78	3.6	1.85	121	5.6	2.88
2.5	76	3.5	1.81	111	5.1	2.64	151	6.9	3.59
3.8	116	5.3	2.76	163	7.5	3.87	215	9.9	5.11
5.1	163	7.5	3.88	213	9.8	5.06	275	12.7	6.54
6.4	208	9.6	4.95	274	12.6	6.51	350	16.1	8.32
7.6	251	11.6	5.97	346	15.9	8.22	435	20.0	10.34
10.2	339	15.6	8.06	462	21.2	10.97	552	25.4	13.13
12.7	400	18.4	9.51	542	24.9	12.87	620	28.5	14.74
CBR A 0.1"	26			38			52		
CBR A 0.2"	37			48			62		
CBR CORR. 0.1"	26			38			52		
CBR CORR. 0.2"	37			48			62		
EXPANSION (mm)	0.00			0			0		
EXPANSION (%)	0.0			0			0		

%Densidad máx.	DENSIDAD	CBR (%)
95%	2064.08	37
98%	2129.26	48
100%	2172.72	62



GRANULOMETRIA-10 SUB-BASE GRANULAR PESCADERO

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	0.00	0.00	100.00	10	2	706.60	10.09	38.45
1 1/2"	36.1	0.00	0.00	100.00	20	0.84	0	0.00	38.45
1"	25.4	821.10	11.73	88.27	40	0.42	1380.1	19.72	18.73
3/4"	19.05	500.20	7.15	81.12	60	0.25	0	0.00	18.73
1/2"	12.7	1070.00	15.29	65.84	100	0.149	0	0.00	18.73
3/8"	9.52	460.10	6.57	59.27	200	0.074	887.4	12.68	6.05
No 4	4.75	750.70	10.72	48.54	PASA 200	*****	418.00	5.97	0.08
SUMA	*****	3602.10	51.46		SUMA	*****	3392.10	48.46	
					TOTAL		6994.20		

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 7000

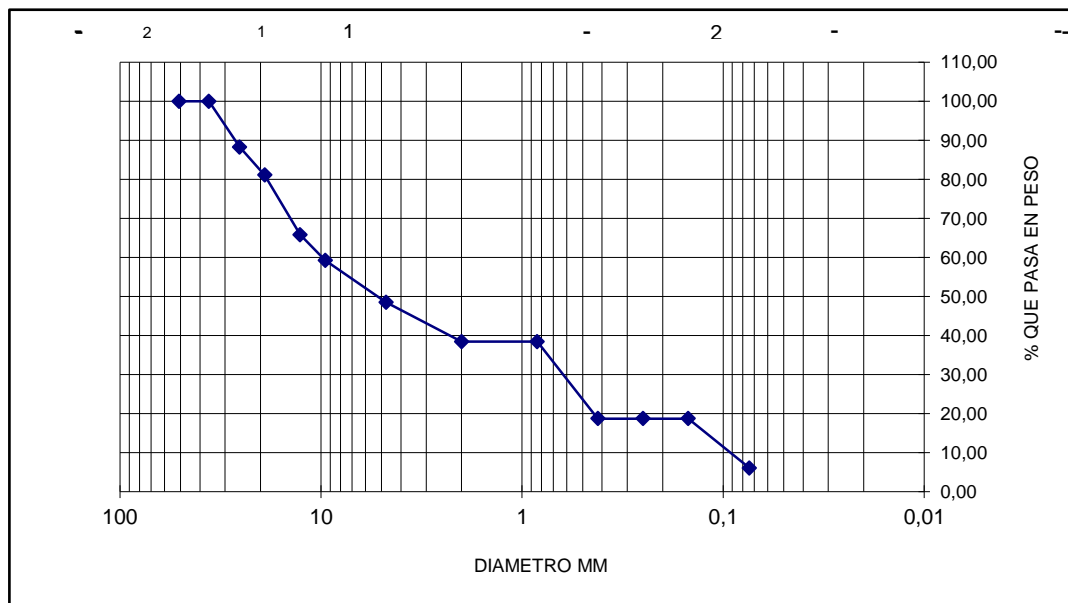
PESO DESPUES DE LAVADO gr: 6622

PORCENTAJE DE ERROR %: 0.08

GRAVAS= 51.46 %

ARENAS = 42.49 %

FINOS= 6.05 %



Determinación y coeficientes de Pearson para evaluar las correlaciones.

D30		
Muestra	Abertura [mm]	CBR [%]
1	0.61	36
2	0.76	39
3	0.74	40
4	0.74	39
5	0.66	38
6	0.59	34
7	0.58	37
8	2.3	41
9	0.64	35
10	0.62	37
Coef. Pearson ®		0.61974766
Determinacion (r^2)		0.38408717

D40		
Muestra	Abertura [mm]	CBR [%]
1	2.2	36
2	4	39
3	4.2	40
4	3.9	39
5	2.8	38
6	2	34
7	2.2	37
8	6	41
9	2.3	35
10	2.3	37
Coef. Pearson ®		0.89568156
Determinacion (r^2)		0.80224546

D50		
Muestra	Abertura [mm]	CBR [%]
1	4.4	36
2	8.8	39
3	8.9	40
4	9	39
5	6.8	38
6	4.9	34
7	5.4	37
8	11.2	41
9	4.9	35
10	9.9	37
Coef. Pearson [®]		0.83199409
Determinacion (r ²)		0.69221416

D55		
Muestra	Abertura [mm]	CBR [%]
1	6.2	36
2	13	39
3	13.2	40
4	13.2	39
5	10	38
6	6.9	34
7	8.2	37
8	13.1	41
9	6.8	35
10	7	37
Coef. Pearson [®]		0.90058732
Determinacion (r ²)		0.81105753

D60		
Muestra	Abertura [mm]	CBR [%]
1	8.9	36
2	14.2	39
3	14	40
4	15	39
5	12.9	38
6	9.5	34
7	12.9	37
8	16	41
9	9.5	35
10	10	37
Coef. Pearson [®]		0.90820575
Determinacion (r ²)		0.82483768

D70		
Muestra	Abertura [mm]	CBR [%]
1	15	36
2	17.8	39
3	18.9	40
4	19	39
5	19	38
6	16.6	34
7	18.9	37
8	20	41
9	15.8	35
10	15.1	37
Coef. Pearson [®]		0.74206752
Determinacion (r ²)		0.55066421

D80		
Muestra	Abertura [mm]	CBR [%]
1	20	36
2	24.8	39
3	27	40
4	25	39
5	29.6	38
6	25	34
7	29.1	37
8	27	41
9	27.1	35
10	19	37
Coef. Pearson [®]		0.24082946
Determinacion (r ²)		0.05799883

D90		
Muestra	Abertura [mm]	CBR [%]
1	28	36
2	35	39
3	35.2	40
4	34.8	39
5	35	38
6	32.6	34
7	35.2	37
8	33	41
9	37.2	35
10	26.8	37
Coef. Pearson [®]		0.18363339
Determinacion (r ²)		0.03372122