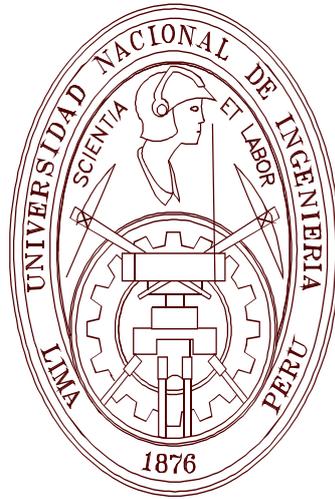


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**RESISTENCIA INSITUDE SUBRASANTE UTILIZANDO  
PENETROMETRO DINAMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
CON MENCIÓN EN INGENIERÍA DE TRANSPORTE**

ELABORADO POR

**Ing. HUBERT EDUARDO INJANTE LIMA**

ASESOR

**Dr.Ing. SANTIAGO CONTRERAS ARANA**

LIMA-PERÚ

2012

RESISTENCIA INSITU DE SUBRASANTE UTILIZANDO  
PENETROMETRO DINAMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA

Ing<sup>o</sup> Hubert Eduardo Injante Lima

Presentado a la Sección de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil en  
cumplimiento parcial de los requerimientos para el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA DE  
TRANSPORTE  
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

2012

Autor : Ing. Hubert Eduardo Injante Lima

Recomendado : Dr.Ing. Santiago Contreras Arana  
Asesor de la Tesis

Aceptado por : CE.Ing. Francisco Coronado del Aguila  
Jefe de la Sección de Posgrado

@ Año; Universidad Nacional de Ingeniería, todos los derechos reservados ó  
el autor autoriza a la UNI-FIC a reproducir la tesis en su totalidad o en partes.

Expreso mi agradecimiento y reconocimiento a las personas que con sus experiencias y conocimientos me ayudaron en la conclusión del presente trabajo de investigación

Un agradecimiento especial a mis profesores y personal de la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional de Ingeniería quienes me brindaron acogida, conocimientos, confianza y seguridad.

A mis padres y mis hermanos por su apoyo incondicional, quienes hacían suyos mis logros y bajas

A Susana, Kevin y Jazmín la razón de mi mañana

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>12</b>
<b>ABSTRCT.</b> .....	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>14</b>
<b>CAPITULO I GENERALIDADES</b> .....	<b>15</b>
1.1.0 Subrasante .....	15
1.2.0 Medida de resistencia de subrasante .....	16
1.3.0 Penetrometro dinámico de cono (PDC).....	17
1.4.0 Problemática .....	21
1.4.1 Justificación tecnológica.....	23
1.4.2 Justificación socio-económica .....	24
1.4.3 Problema General .....	24
1.4.4 Objetivo General .....	24
1.4.5 Hipótesis General.....	24
<b>CAPITULO II ANTECEDENTES</b> .....	<b>25</b>
2.1.0 Antecedentes Generales .....	25
2.2.0 Normalización del PDC .....	27
2.2.1 Normalización del ASTM D6951 (03) USA.....	28
2.2.2 Normalización del INVE172 (07) Colombia .....	28
2.2.3 Normalización MOPT/GTZ Costa Rica.....	28
2.2.4 Normalización en Perú .....	29
<b>CAPITULO III DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL INSTRUMENTO</b> .....	<b>30</b>
3.1.0 Características del instrumento .....	30
3.2.0 Construcción del instrumento. ....	34
3.2.1 Adquisición de Materiales.....	34
3.2.2 Fabricación de Cada Pieza del PDC .....	36
3.2.3 Comparación de costos del PDC .....	43
<b>CAPITULO IV APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO EN EL CAMPO</b> .....	<b>44</b>

4.1.0	Metodología de la Investigación .....	44
4.2.0	Ensayos de Campo .....	45
4.2.1	Aplicación del PDC.....	45
4.2.2	Extracción de Muestras Inalteradas .....	48
4.3.0	Ensayos de Laboratorio.....	49
4.3.1	Ensayos de muestras inalterados en equipo CBR .....	49
4.3.2	Preparación de muestras remoldeadas.....	50
4.3.3	Ensayos de muestras remoldeadas en equipo CBR .....	51
4.4.0	Resultados de Ensayos .....	54
<b>CAPITULO V CORRELACION Y ANALISIS DE VARIABLES .....</b>		<b>67</b>
5.1.0	Correlación de variables .....	67
5.2.0	Ecuaciones de Correlación.....	68
5.3.0	Análisis de la correlación.....	77
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>91</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>		<b>92</b>
<b>ANEXOS</b>		

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1: Estructura de pavimento mostrando subrasante
- Figura 1.2: Tipo de CBR (a) CBR in situ (b) CBR laboratorio
- Figura 1.3: Grafico representativo del Penetrometro Dinámico de cono PDC
- Figura 1.4: Esquema de inspección de estratos con el PDC
- Figura 1.5: Se observa el formato de campo para llenar datos
- Figura 1.6: Se observa el cálculo de pendientes o valores N por estratos
- Figura 3.1: Muestra el instrumento PDC experimentado en Sud África
- Figura 3.2: Muestra los equipos PDC con su estuche de madera
- Figura 3.3: Muestra detalles del PDC
- Figura 3.4: Muestra detalles del martillo y partes del PDC
- Figura 3.5: Se observa el torneado de la punta cónica de 60°
- Figura 3.6: Se observa el proceso de formación de punta cónica 60°
- Figura 3.7: Se observa la formación del martillo al cortar en torno un eje de acero
- Figura 3.8: Se observa el taladro del martillo y el control de peso.
- Figura 3.9: Se observa taller y torno en la construcción del PDC (año 1999)
- Figura 3.10: Se observa la preparación de la varilla del PDC (año 1999)
- Figura 4.1: Ensayos con PDC en conformación de subrasante en Santa María
- Figura 4.2: Ensayos con PDC en Villa Rotary (salas) y camino a Huacachina (Ica)
- Figura 4.3: Ensayo con PDC en cercado Salas y en cercado Subtanjalla
- Figura 4.4: Se observa un modelo para desarrollo de la curva PDC
- Figura 4.5: Otro modelo para desarrollar los datos con el PDC

- Figura 4.6: Se observa el proceso de extracción de muestra inalterada
- Figura 4.7: Se observa moldes y anillo de corte en extracción de muestras
- Figura 4.8: Se observa la preparación y ensayo del molde CBR con la muestra.
- Figura 4.9: Se observa el procedimiento de preparación del equipo CBR y la verificación que el vástago de penetración este en la altura conveniente.
- Figura 4.10: Se observa la colocación de la sobrecarga conveniente en el molde de ensayo CBR.
- Figura 4.11: Se observa el procedimiento de ensayo con el PDC a una muestra preparada en el molde CBR. (Ensayos actuales 2012)
- Figura 4.12: Se observa los ensayos en suelo compactado en molde CBR trabajos realizados en el año 2002 en el antiguo laboratorio de mecánica de suelos de la FIC. UNICA
- Figura 5.1: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Salas
- Figura 5.2: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Subtanjalla
- Figura 5.3: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de San Juan Bautista
- Figura 5.4: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de San José de los Molinos
- Figura 5.5: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de La Tinguña
- Figura 5.6: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Parcona
- Figura 5.7: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Los Aquijes
- Figura 5.8: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Pueblo Nuevo
- Figura 5.9: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Pachacutec
- Figura 5.10: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Tate

Figura 5.11: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Santiago

Figura 5.12: Muestra curva y ecuación de correlación del Cercado de Ica

Figura 5.13: Muestra curva y ecuación de correlación de la Provincia de Ica

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro 3.1: Muestra proceso de construcción de PDC
- Cuadro 3.2: Muestra detalles de punta cónica del PDC de 60°
- Cuadro 3.3: Se detalla características del martillo
- Cuadro 3.4: Se detalla características del PDC
- Cuadro 3.5: Muestra costo total y por piezas del PDC fabricado
- Cuadro 4.1: Muestra datos de ensayos del Distrito de Salas
- Cuadro 4.2: Muestra datos de ensayos del Distrito de Subtanjalla
- Cuadro 4.3: Muestra datos de ensayos del Distrito de San Juan Bautista
- Cuadro 4.4: Muestra datos ensayos del Distrito de San José de los Molinos
- Cuadro 4.5: Muestra datos de ensayos del Distrito de La Tinguíña
- Cuadro 4.6: Muestra datos de ensayos del Distrito de Parcona
- Cuadro 4.7: Muestra datos de ensayos del Distrito de Los Aquijes
- Cuadro 4.8: Muestra datos de ensayos del Distrito de Pueblo Nuevo
- Cuadro 4.9: Muestra datos de ensayos del Distrito de Pachacutec.
- Cuadro 4.10: Muestra datos de ensayos del Distrito de Tate.
- Cuadro 4.11: Muestra datos de ensayos del Distrito de Santiago
- Cuadro 4.12: Muestra datos de ensayos en el cercado de Ica
- Cuadro 5.1: Muestra resumen de ecuaciones en diversas investigaciones
- Cuadro 5.2: Resumen de ecuaciones por Distrito de la Provincia de Ica
- Cuadro 5.3: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito Salas y Provincia Ica
- Cuadro 5.4: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito Subtanjalla y Provincia de Ica
- Cuadro 5.5: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito San Juan Bautista y Provincia de Ica

- Cuadro 5.6: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito San Jose de los Molinos y Provincia de Ica
- Cuadro 5.7: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de La Tinguiña y Provincia de Ica
- Cuadro 5.8: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de Parcona y Provincia de Ica
- Cuadro 5.9: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de los Aquijes y Provincia de Ica
- Cuadro 5.10: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de Pueblo Nuevo y Provincia de Ica
- Cuadro 5.11: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de Pachacutec y Provincia de Ica
- Cuadro 5.12: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de Tate y la Provincia de Ica
- Cuadro 5.13: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de Santiago y la Provincia de Ica
- Cuadro 5.14: Comparación resultados aplicando ecuación del Cercado de Ica y la Provincia de Ica

## RESUMEN

Actualmente, en el mundo se viene usando el Penetrometro Dinámico de Cono como un instrumento ligero, versátil y económico; que permite realizar trabajos de obtención de datos de resistencia CBR in situ del suelo de fundación del pavimento y también de otras capas de la estructura del pavimento, así como también en el trazo de nuevas carreteras para conocer la variación de resistencia CBR según la profundidad y de esa manera también descubrir estratos diferentes en el suelo.

La utilidad del instrumento esta probada, la precisión de los resultados es uno de los puntos de poca coincidencia entre las diversas investigaciones realizadas; esta es función de las ecuaciones de correlación y las características locales, del tipo de suelo, humedad y actividades en superficie del suelo, lo que diferencia las propuestas varias que se encuentran.

En la presente investigación en primer lugar se construye el Penetrometro Dinámico de Cono con las características señalados de equipos usados por Kleyn que es el mismo que normaliza ASTM en el año 2003 (mostrando una alternativa económica de contar con el equipo PDC que resulta a un tercio del costo de comprarlo en el extranjero). Se ensaya suelos en estado natural de 12 Distritos de la Provincia de Ica con el Penetrometro Dinámico de Cono obteniendo N (mm/golpe), se ensaya también en laboratorio en maquina CBR los mismos suelos (muestra inalterada y también compactado de acuerdo a norma), los que permiten su correlación, obteniéndose una ecuación por Distrito, además de una ecuación general con la totalidad de datos estudiados; estas ecuaciones permiten calcular el valor de CBR in situ, este calculo aplicado en los valores ensayados en campo se obtiene valores de CBR in situ de gran acercamiento al valor original, mucho mas acercamiento que la ecuación de Kleyn, del Cuerpo de Ingenieros de USA o el de Carlos Tupia Córdova en una investigación peruana.

## ABSTRACT

Nowadays, the Dynamic Cone Penetrometer is widely used as a light, versatile and economic instrument, since it allows obtaining in situ CBR resistance data of the road surface foundation soil, and also other asphalt layers and the design of new road surfaces to know the CBR resistance variation according to the depth, with the result of the discovery of different soil strata.

The instrument utility is proven, the accuracy of results is one of the little coincidence points among the different researches done. This is the function of correlation equations and the local characteristics, from the type of soil, humidity and activities on soil surface. All of which differentiate the different designs.

In this research, first, a Dynamic Cone Penetrometer is built, with the characteristics of those used by Kleyn, which is the same that normalizes ASTM in 2013 (showing an economical alternative, since a PDC equipment is one third cheaper than abroad). Natural state soils of 12 districts in the Province of Ica are tested with the Dynamic Cone Penetrometer, obtaining N (mm/beat). It is also tested in the laboratory, the same soil, (unaltered sample and also compacted according to rules) allowing its correlation, resulting in an equation for each District and in addition, a general equation with all data studied. These equations allow calculation of the in situ value of CBR. This calculation applied to the tested values, obtained in situ CBR values of great approach to the original, much more to the equation Kleyn, from the Corps of Engineers of USA or that of Tupia Carlos Cordova in a Peruvian research.

## INTRODUCCION

El diseño y construcción de pavimentos y carreteras lleva consigo la obligación de realizar un riguroso estudio de campo y dentro de esta actividad se hace uso de diversos equipos y herramientas, unos más sofisticados que otros, la tendencia tecnológica nos conduce a un recambio de equipos y herramientas a la luz de nuevos conocimientos, esto está bien para los países con fondos suficientes para el recambio de sus laboratorios de ensayos para suelos y pavimentos, pero los países en desarrollo como el nuestro no podría afrontar tales recomendaciones por lo que las investigaciones en algunos de estos países esta dirigidos a hacer másprácticos y económicos los equipos, lo que permite más frecuencia de uso por el bajo costo y la posibilidad de que la mayoría de los ingenieros en actividad profesional tenga opción a recoger mayor cantidad de datos en campo lo que redundara en un proyecto consistente en diseño o una buena construcción de obras.

Es dentro de estos conceptos que se afronta este tema de investigación con el que se intenta revalorar el Penetrometro Dinámicode Cono (PDC) mostrando posibilidad de construirlo a bajo costo, lo práctico y confiable que puede resultar el equipo PDC para levantar datos de CBR in situ, que hoy en día es obligatorio en la construcción de subrasantes, sub bases y bases en pavimentos según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en la norma CE 10. Indica la verificación de los valores de CBR in situ, que en este caso debería de coincidir con el CBR de proyecto, el hacerlo por los métodos tradicionales implica tiempo y disponibilidad de laboratorio de inmediato, la otra opción es medirlo con un equipo de CBR in situ que es caro, es allí donde el PDC toma importancia porque muchos de estos controles se pueden realizar con el equipo PDC.

# CAPITULO I GENERALIDADES

## 1.1.0 SUBRASANTE

De la calidad de la subrasante, depende en gran parte el espesor del pavimento sea flexible o rígido, esta importancia merece su atención estudio y análisis que redundara en optimización y economía en el diseño de pavimentos.

Se denomina “Sub rasante” al suelo que sirve como fundación para toda la estructura de un pavimento, esta estructura puede estar constituido por una o mas capas y son construidas sucesivamente sobre la porción superior del terreno en corte o relleno, que ha sido nivelado, perfilado y compactado quedando lista para soportarlo. El terreno natural en más del 80% de los casos representa la sub rasante típica, esta porción superior del suelo compactado y a veces tratado se conoce en nuestro medio como sub rasante.

La AASHTO denomina “sub rasante” a la línea que separa a esta porción de suelo,del pavimento propiamente dicho; esta afirmación es importante frente a la diversidad de afirmaciones en textos de especialidad en la que sub rasante es la porción de terreno natural, mejorado o de préstamo ultimo con un espesor promedio de 0.20 m, el que será escarificado, regado y compactado convenientemente para recibir la estructura del pavimento. En la figura 1. Se observa la ubicación de la sub rasante en la estructura del pavimento



Figura 1.1: Estructura de pavimento mostrando subrasante

La norma EG – 2000 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Peru (MTC), en Sección 01 Generalidades, 01.06 Definiciones, Subrasante: Nivel superior de la plataforma de una carretera adecuadamente conformada, nivelada y compactada. La línea de subrasante generalmente se ubica en el eje de la carretera, sobre la subrasante se coloca la estructura del pavimento.

En el Capítulo 2 Movimiento de Tierras, Sección 210, Terraplenes: Menciona que en los terraplenes se distinguen tres partes o zonas constitutivas:

- Base, parte del terraplén que está por debajo de la superficie original del terreno, la que ha sido variada por el retiro de material inadecuado
- Cuerpo, parte del terraplen comprendida entre la base y la corona
- Corona (Capa Subrasante), formada por la parte superior del terraplen construida en un espesor de treinta centímetros (30 cm) salvo que los planos del proyecto o las especificaciones especiales indique un espesor diferente

### **1.2.0 MEDIDA DE RESISTENCIA DE SUBRASANTE**

Al denominarse subrasante al suelo que servirá como fundación de todo el paquete estructural del pavimento, desde hace mucho tiempo ha sido preocupación de los ingenieros investigadores en este tema conocer las propiedades ingenieriles de esta subrasante, donde el factor más importante a conocer es la resistencia de este suelo, para ello se planteaba conocer las propiedades del suelo como plasticidad, resistencia al corte, susceptibilidad a las heladas, entre otros y para ello se idearon diversos ensayos para caracterizar mejor dicho suelo, ensayos usando cargas estáticas o de baja velocidad a la deformación tales como el CBR y compresión simple; posteriormente son reemplazados por ensayos dinámicos y de cargas repetidas tales como el ensayo de módulo resiliente que representa mucho mejor lo que sucede bajo un pavimento en lo concerniente a tensiones y deformaciones.

Los ensayos in situ incluyen pruebas de CBR, de carga directa en placa, veleta de corte, cono de penetración, penetración estándar y

mediciones de presión; los ensayos de placa y CBR in situ se realizan regularmente en la superficie de la subrasante, los otros pueden realizarse a niveles diferentes



(a)



(b)

Figura 1.2 Tipo de CBR  
(a) CBR in situ (b) CBR laboratorio

### 1.3.0 PENETROMETRO DINAMICO DE CONO (PDC)

Es un instrumento que forma parte de la familia de los penetrómetros dinámicos o ensayos de penetración dinámica; es un tipo de ensayo de penetración, empleado en la determinación de algunas características geotécnicas de un terreno o pavimento; su uso consiste en la introducción en el terreno de un elemento de penetración, generalmente de forma cónica (punta cónica), unido solidariamente a una varilla. La hincada se realiza por golpeo de una maza con un peso definido, sobre un cabezal colocado en la parte superior de la varilla. Dicha maza se eleva a una altura fijada, y se deja caer libremente. El resultado del ensayo es el número de golpes necesario para que el penetrómetro se introduzca una determinada profundidad.

El instrumento PDC mide la penetración por golpe a través de las distintas capas componentes de un terreno o pavimento. Esta penetración es función de la resistencia al corte in situ de los materiales del paquete estructural. El perfil (resultante) en profundidad, brinda por lo tanto una indicación de las propiedades de los materiales de los estratos existentes en las condiciones particulares que se encuentran en el momento del estudio.

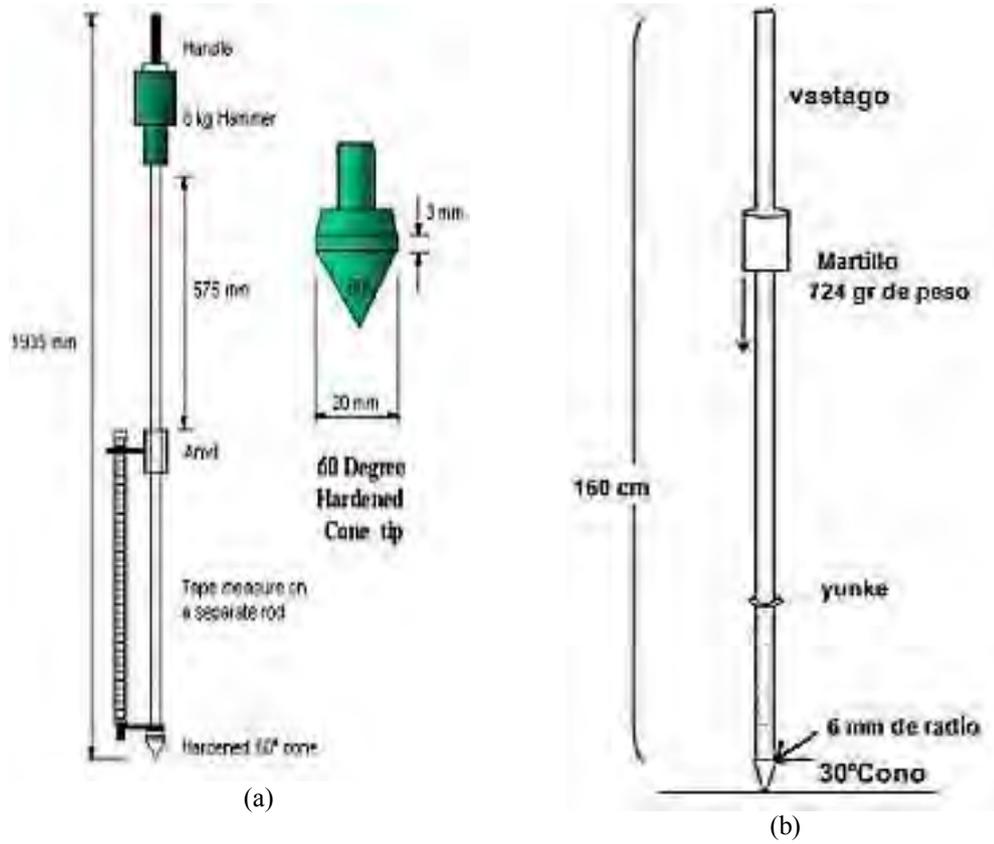


Figura 1.3: Grafico representativo del Penetrometro Dinámico de cono PDC

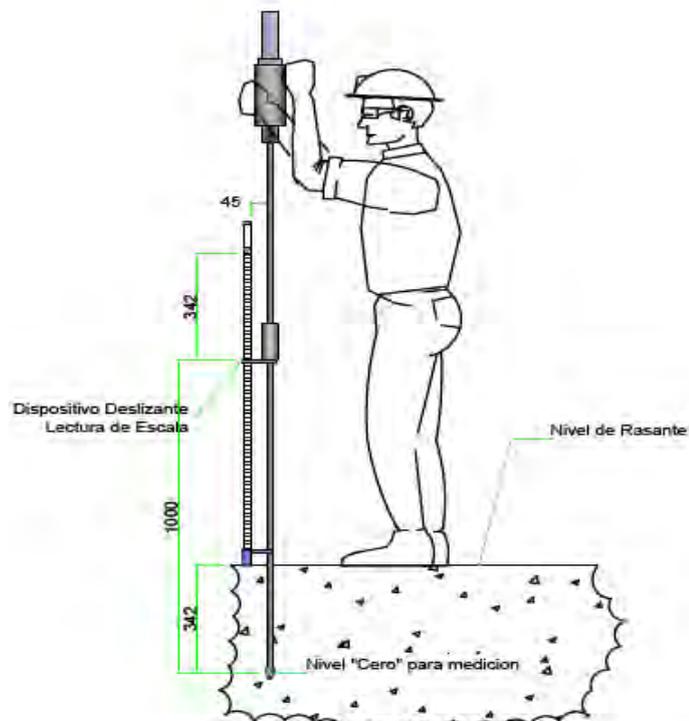


Figura 1.4: Esquema de inspección de estratos con el PDC

Los datos obtenidos en las mediciones y el número de golpe ejecutados, son recolectados en el formato de Ensayo PDC (Formato para ensayo) diseñado para esta investigación, este formato se ha dividido en cuatro espacios claramente diferenciados y con fines específicos.

**Ubicación.** Se ha destinado un espacio donde se colocará un gráfico de la zona de ubicación del ensayo, consignado la mayor cantidad de información de la zona para su posterior identificación y consignación en el plano general correspondiente al área de estudio.

**Ingreso de datos.** Espacio diseñado para recoger los datos provenientes de la aplicación del Penetrometro Dinámico de Cono; se caracteriza por contar con dos columnas o campos dividido en un número de filas o registros. En la primera columna se ingresa el número de golpe según la serie secuencial escogido (ritmo de trabajo), en la segunda columna se ingresa la cantidad correspondiente a la profundidad alcanzada por la punta del Penetrometro conforme a las mediciones practicadas después de cada serie de golpes del martillo.

**Interpretación de datos.** La curva PDC se construye con los datos ingresados en las columnas de registros; estos son representados mediante puntos en la cuadrícula señalado como zona de interpretación de datos, con la relación número de golpes acumulado versus profundidad alcanzada, en donde la abscisa (x) representa al número de golpes acumulado y el eje de la ordenada (y) controla la profundidad alcanzada en milímetro (mm) por la punta del Penetrometro. Estos puntos se unen mediante líneas que se mostrara como un conjunto de líneas quebradas, ha este conjunto se denomina "Curva PDC" debido a que describe el comportamiento del Penetrometro conforme es sometido a la serie secuencial de golpes efectivos dados con la masa de impacto (martillo); mediante procedimientos sencillos, se puede determinar la pendiente de cada tramo de línea quebrada, la que conformara la unidad del número PDC que se denota por la letra "N" representado en (mm /golpe); se destaca que a una mayor pendiente la resistencia ala penetración es menor.

Para obtener el valor de la pendiente (N) o número PDC se deberá dividir la profundidad alcanzada por la punta entre el valor del número de golpe acumulado en el tramo de línea analizada.

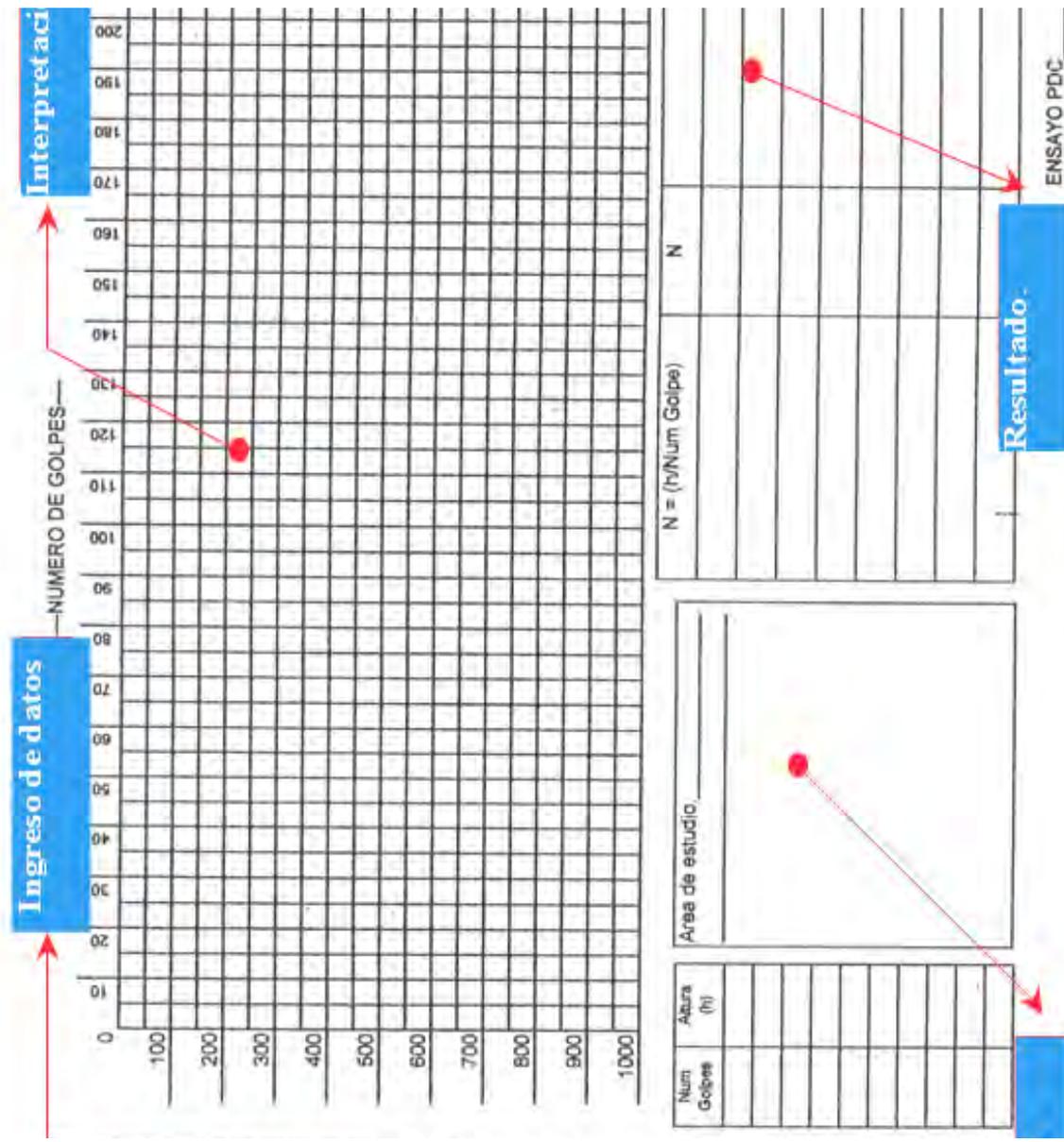


Figura1.5: Se observa el formato de campo para llenar datos

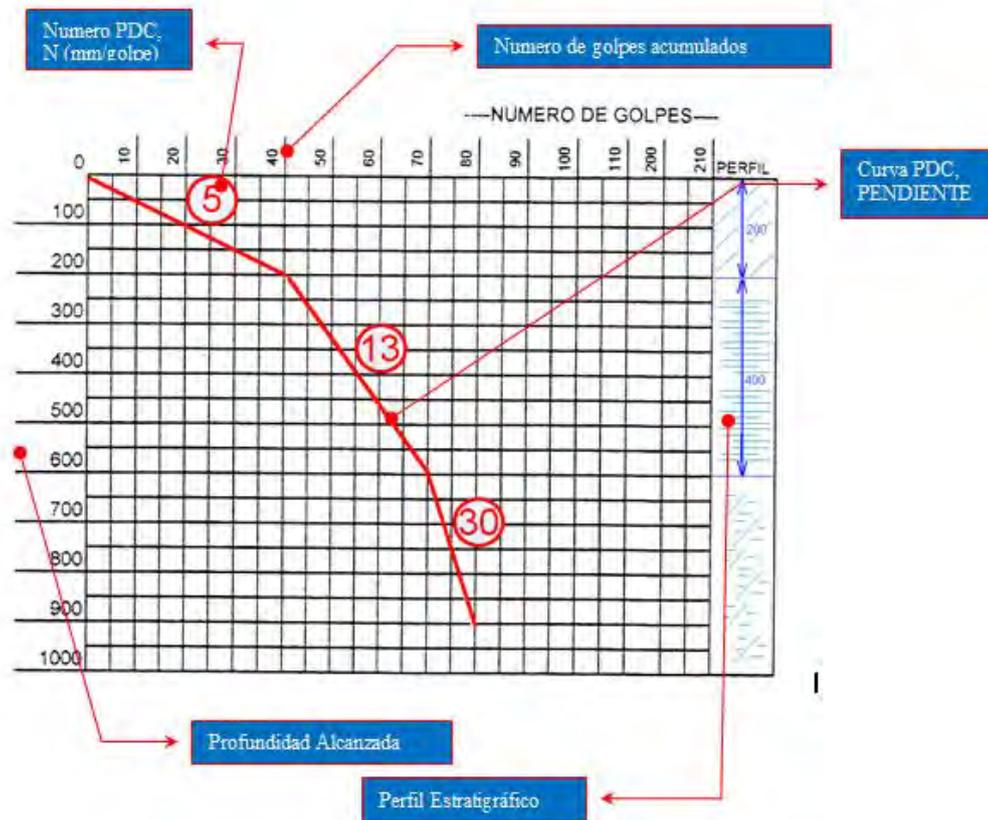


Figura 1.6: Se observa el cálculo de pendientes o valores N por estratos

También se recomienda anotar datos del perfil estratigráfico en la medida que se pueda mostrar al desarrollar el ensayo en el campo, esto permitirá corroborar los resultados obtenidos con la calidad y características del suelo. Una vez que se ha calculado los valores N o pendientes en cada estrato se esta en posibilidad de calcular el valor de CBR en función a cualquier formula que pueda usar de los diversos que existen.

#### 1.4.0 PROBLEMÁTICA

El diseño, la construcción y la rehabilitación de pavimentos ya sean flexibles o rígidos requiere de conocer las condiciones y características del terreno de fundación o subrasante; esta información necesaria y frecuente se obtiene en base a ensayos que se realizan en campo y en laboratorio, entre los que podemos mencionar: ensayos de

compactación como el Proctor Modificado (laboratorio), ensayos de control de densidad y humedad como el del Cono de Arena y el Speedy o Humedometro (campo) respectivamente, el ensayo de resistencia de terreno de subrasante CBR (laboratorio) entre otros; los resultados conseguidos con estos ensayos nos permitirá tomar una decisión ante la propuesta del diseño de pavimento o las aprobaciones de las etapas constructivas que se van realizando en la construcción de un pavimento

Entonces existe la necesidad de medir la resistencia de la subrasante con fines de pavimentación por lo que será obligatorio conseguir los valores de CBR de subrasante, en la etapa de proyecto al intentar diseñar un pavimento es necesario el estudio del terreno de fundación pero este estudio no es puntual, las Normas EG – 2000 y Manuales de diseño de pavimento que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) publica recomienda el uso de un criterio estadístico (percentil) cuando se cuenta con varios valores de CBR del terreno, que muchas veces resulta del estudio e inspección del sector a pavimentar, debemos conocer muchos datos geotécnicos del suelo de fundación o subrasante pero el más importante es el de resistencia denominado CBR, con el tendremos oportunidad de proyectar la estructura del pavimento, este ensayo formal CBR (ASTM D1883, MTC E132-2000, AASHTO T193) tiene una secuencia de ejecución normado que al seguirlo y optar por el ensayo sumergido dura 04 días (96 horas sumergido), en el mejor de los casos ensayo en muestra no sumergido, es necesario por lo menos 40 kg de suelo para realizar los ensayos de compactación previo para obtener el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, así también servirá para preparar los tres especímenes con la compactación diferenciada de 10 golpes, 25 golpes y 56 golpes para calcular la resistencia CBR, todo este trabajo solo para un tipo de terreno, si en el tramo de diseño tenemos varios tipos de suelo será necesario conocer la resistencia (CBR) de cada uno de ellos en el nivel de subrasante, para no sobredimensionar o sub dimensionar el pavimento que se propone. El Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) ayuda mucho en estos casos, permitiría muchas inspecciones a lo largo del camino a pavimentar, asegurando información de estabilidad y conocer la variabilidad de estratos con mucha rapidez y a bajo costo. En los casos de carreteras nuevas permite evacuar datos de estratigrafía hasta 1.00 m de profundidad así

también la resistencia (CBR) de cada estrato, en algunas investigaciones se ha reportado medición de humedad in situ, y su estado de compactación.

#### **1.4.1 JUSTIFICACION TECNOLOGICA**

Actualmente el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) NTE CE 0.10 Pavimentos Urbanos detalla la obligación (entre otros) de realizar la medición del CBR in situ (recomendando NTP. 339.175 del 2002, ASTM 4429- 93, MTC E 133-2000) en el control de resistencia de subrasantes y de las otras capas base y sub base para verificar el CBR de diseño durante la ejecución de la obra esto se menciona en el Capítulo 3, ítem 3.5 (c) en los punto de control y tolerancias sobre Técnicas de Investigación de Campo, Ensayos de Laboratorio, Requisitos de Materiales y Pruebas de Control. Esta exigencia de nuestro Reglamento Nacional de Edificaciones levanta la importancia de contar con un equipo ligero para ensayo In situ, que entregue resultados casi al momento como el PDC (por sus siglas en ingles), que permita realizar muchas auscultaciones no destructivas rápidas y a bajo costo, dado la urgencia que tendría tanto la Residencia como la Supervisión de una obra para aprobar, cada sector o cada etapa de trabajo (con respecto a la resistencia de subrasante o de otras capas in situ). La presente investigación está delimitada para reportar solo relación del Penetrometro Dinámico de Cono con la Subrasante o terreno de fundación del pavimento dado la gran importancia de este apoyo del pavimento, a pesar de que a lo largo de muchos años he investigado y experimentado el PDC en los diversos niveles de la estructura del pavimento y en la formación de terraplenes.

Existe entonces la necesidad de Normalizar el Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) en nuestro país como una Norma Técnica Peruana (NTP), como en Estados Unidos de Norteamérica con la Norma ASTM D6951 (03) o en Colombia con la Norma INV E172 (2007) entre otros países del mundo. Dentro de los objetivos de esta investigación es ayudar a contar con experiencias para normalizar el ensayo PDC en nuestro país.

#### **1.4.2 JUSTIFICACIÓN SOCIO-ECONOMICO**

La investigación permite que el PDC sea usado por una clase social significativa de las ciudades, región y país en desarrollo, por su bajo costo de construcción y su uso operacional, principalmente en el campo como ha sido experimentado en la ciudad de Ica.

La investigación muestra una correlación del 97% con instrumentos de su misma categoría de costos más significativos haciéndolo del PDC un instrumento fiable económico y sostenible.

#### **1.4.3 PROBLEMA GENERAL**

¿De qué manera el penetrometro dinámico de cono permitirá analizar la fiabilidad de los valores de CBR in situ de la subrasante en los pavimentos viales en la ciudad de Ica, optimizando los costos operacionales y de su construcción?

#### **1.4.4 OBJETIVO GENERAL**

Interpretar, describir y analizar la fiabilidad de los valores de CBR in situ de la subrasante en los pavimentos viales en la ciudad de Ica optimizando los costos operacionales usando el PDC

#### **1.4.5 HIPOTESIS GENERAL**

Si se implementa el PDC, entonces permitirá analizar la fiabilidad de los valores de CBR in situ de la subrasante en los pavimentos viales en la ciudad de Ica, optimizando los costos operacionales y de su construcción

## **CAPITULO II ANTECEDENTES**

### **2.1.0 ANTECEDENTES GENERALES**

El uso del penetrometro dinámico de cono (PDC) o DCP por las siglas en inglés (Dynamic Cone Penetrometer ) en la evaluación de pavimentos in situ data de los años 1960 – 1970 con las investigaciones del Dr. D. J. Van Vuureen(13) en nueva Zelanda y Sud África señalado como el diseñador del primer PDC con una punta cónica de 30° (Van Vuuren, 1969); posteriormente en los años 1970 se desarrolló impetuosamente en Sudáfrica y se presentó a la comunidad internacional en Europa en los años 1980 – 1982 con los trabajos de investigación de E. G. Kleyn (7), quien investigó utilizando un equipo con punta cónica de 60°, Savage, Maree, Van Heerden y Rossouw

También en Perú en el año 1986 se trabajó con el equipo Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) según ponencia del “V CONGRESO NACIONAL DE MECANICA DE SUELOS E INGENIERIADE CIMENTACIONES” (4)realizado en Lima en Abril de 1987, en donde el ingeniero Héctor Alberto García López perteneciente a la Dirección General de Caminos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, reporta que desde el año 1986 el PDC se ha venido aplicando para determinar la variación de la resistencia con la profundidad en zonas de diferente comportamiento estructural, para el caso de rehabilitación de carreteras y a lo largo del eje de acuerdo a la rasante de diseño para el caso de vías nuevas; también reporta que los resultados obtenidos son empleados con prudencia para la toma de decisiones y por la falta de confianza se le da prioridad a los resultados obtenidos por los ensayos realizados con Viga Benkelman.

En el año 1998 el autor logra aprobación de su plan de tesis para optar el grado de magister con el tema de investigación “RESISTENCIA INSITU DE SUBRASANTE UTILIZANDO PENETROMETRO DINAMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA”; desde estos años ya existía interés en profundizar las investigaciones sobre el uso correcto del PDC en la evaluación de resistencia in situ de subrasante y otras capas del pavimento, desde entonces se ha venido realizado aplicaciones del PDC en obras viales y acumulando experiencias de

su relación con el CBR in situ hasta hoy que expongo los resultados de lo experimentado en mi ciudad.

Las investigaciones sobre las bondades del equipo PDC se siguió dando y en el año 2001 Carlos Tupia Córdova presenta una investigación en Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil “Determinación de las Características de Soporte de un Terreno de Cimentación de un Pavimento por medio de un Equipo Dinámico” (11), continua su investigación aplicando el instrumento en la construcción de vías periféricas en la capital Lima y en algunas carreteras del interior del país, presentando los resultados en el XI congreso Iberoamericano del Asfalto realizado en Lima en Noviembre del 2001 “Evaluación de la Capacidad Soporte por medio de un Equipo de Penetración Dinámica” (12), presentando como segundo autor al prestigioso investigador Dr. Jorge Alva Hurtado. Dentro de los resultados de la investigación esta la obtención de una ecuación o fórmula de relación del CBR in situ con el PDC según su reporte siendo muy cercana a la desarrollada por Kleyn; otra de las características resaltantes de esta investigación ha sido el uso de un equipo de CBR in situ manual y ligero (NTP. 339.175 del 2002, ASTM 4429- 93, MTC E 133-2000) con el que se ha obtenido varios valores de CBR (según norma) directamente en campo con sus condiciones y características locales, particularidad que le da mucha fuerza a los resultados obtenidos.

En el año 2004 en la Universidad Nacional Federico Villareal se reporta investigación denominada “El Penetrometro Dinámico de Cono como una Alternativa para Determinar el CBR del Suelo (PDC vs CBR)” (8) presentado como Tesis para optar título profesional de Ingeniero Civil, por los Bachilleres: Martínez Becerra Nikolay Espartaco, Arista Severino Melissa Evelyn y Anglas Schmidt Jessica; según el reporte la investigación se dio en laboratorio donde se prepararon las muestras compactadas para cada ensayo tanto en el equipo CBR como con el hincado del PDC, resaltando la formación de ecuaciones para suelos finos y para suelos granulares, además se observa análisis de relación Contenido de Humedad – PDC y relación CBR - PDC para un 0.1” y para un 0.2” de penetración del vástago del equipo para ensayo CBR.

Se reporta investigación en Guatemala de Yela Ortiz Jorge Armando con la presentación de la tesis “Utilización del Penetrometro Dinámico de Cono para la Evaluación de Suelos en la Construcción de

Carreteras” para optar el título de ingeniero civil en octubre del año 1999, en su investigación reporta la utilización de las ecuaciones planteadas: para las investigaciones en Sud África, las investigaciones realizadas por Livneh (1989) PDC con punta cónica de un ángulo de 30° y las investigaciones realizadas por Harrison (1987) con instrumento igual al realizado en Sud África con una punta cónica de 60°.

En Estados Unidos de Norteamérica también se realiza investigaciones sobre el uso del Penetrometro Dinámico de Cono (PDC), con los alcances que realiza El Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos de Norteamérica, a través de las investigaciones realizadas por Webster, S.L., Grau, R.H., y Williams, T.P., en el año 1992 (17) quienes plantean 3 ecuaciones para el cálculo del CBR in situ de acuerdo al tipo de suelo, una ecuación para todo tipo de suelo, y los otros dos para suelos finos en particular para CL y para CH (según el sistema de clasificación SUCS), siendo recomendadas posteriormente por la Sociedad Americana de Ensayo de Materiales (ASTM) para su uso oficial en este país al presentar la normalización del ensayo ASTM D 6951 (03) (2) sobre características y uso del Penetrometro Dinámico de Cono en el año 2003.

### **2.2.0 NORMALIZACION DEL PDC**

La preocupación de muchos investigadores al reportar sus experiencias con PDC ha sido ayudar a simplificar los diversos ensayos y trabajos para contar con datos suficientes para proceder a un diseño o certificar una correcta ejecución de un pavimento así como a una evaluación de pavimentos; las diversas experiencias investigativas en el mundo tienen particularidades en lo referente a tipos de suelos y materiales sobre los que se ensaya, también los equipo; tienen diferencias, además de los procedimientos de trabajo con cada equipo toda esta variedad de factores que diferenciarían los resultados de los ensayos no brinda confianza de repetir o hacer correctamente la medición de resistencia del suelo; la comunidad investigativa sobre estos temas espera una reglamentación respecto a procedimientos de trabajos, tipos y características de los equipos usados; como respuesta tenemos la normalización del uso del PDC realizado por una institución internacional reconocida sobre ensayos (ASTM), así como la

normalización realizada en algunos países revisada por alguna comisión de especialistas en geotecnia y pavimentos

### **2.2.1 NORMALIZACION ASTM D6951 (03) y ASTM D6951 M(09)**

En correspondencia a los diversos reportes de experiencias de trabajos con PDC en diversas partes del mundo a lo largo de casi 40 años la ASTM (American Society for Testing Materials) ha estandarizado el uso del PDC con la denominación, “Estándar Test Method for Use Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications” publication number D-6951 (03) ASTM Washington DC 2003, presentando otra versión en el año 2009 considerando correcciones y modificaciones a la primera del 2003.

Con este documento de normalización en los Estados Unidos de Norteamérica se ha uniformizado los equipos PDC así como los procedimientos de trabajo para así obtener resultados confiables, aun así continua los reportes de investigaciones realizadas en este país con el fin de fortalecer y de corregir las posible fallas que se puedan encontrar.

### **2.2.2 NORMALIZACION INV E172 (07) COLOMBIA**

Colombia a través del ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación) y del INV Instituto Nacional de Vías y basado en la normalización ASTM D6951 (03), también normalizó el uso del Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) en su país

### **2.2.3 NORMALIZACION MOPT / GTZ COSTA RICA**

Costa Rica también ha normalizado el uso del penetrometro dinámico de cono (PDC) en su país, al igual que Colombia basándose en la normalización internacional ASTM D 6951 (03)

#### **2.2.4 NORMALIZACION PERU**

En el Perú actualmente se esta trabajando mucho para que pueda ser normalizado el uso del Penetrometro Dinámico de Cono (PDC), hasta la actualidad se reporta investigaciones sobre experiencias con este equipo mostrando su utilidad, economía y versatilidad con la inquietud de que se deba incluir dentro de las Normas Técnicas Peruanas como un ensayo confiable para obtener algunos valores de resistencia del suelo in situ. Es sabido que el proceso de normalización pasa por la propuesta análisis y aprobación del comité de geotecnia respectivo.

En muchos documentos técnicos se recomienda el uso del PDC para algunos trabajos de campo por ejemplo el Instituto de Desarrollo de Pavimentos del Perú (IDPP) en el “1er curso de actualización de conocimientos en pavimentos: La nueva Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos” (14) en Mayo del 2005 resalta la recomendación de la guía AASHTO en torno a utilizar el Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) diferenciándola de otros penetrometros normalizados en el país con otros fines

El PDC actualmente no esta normalizado en el Perú, pero es una necesidad su normalización para su aplicación formal, a pesar de poder ampararse en la normalización ASTM D 6951 (03) (mencionado y recomendado por RNE CE 010 en capítulo 3.00, ítem 3.2.1: tabla 1) cuando sea necesario su aplicación, pero puede ser observable y hasta desestimado por no estar amparado por las Normas Técnicas Peruanas (NTP).

# CAPITULO III DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL INSTRUMENTO

## 3.1.0 CARACTERISTICAS DEL INSTRUMENTO

El Penetrometro Dinámico de Cono(PDC) (por sus siglas en ingles) originalmente inventado diseñado y experimentado en Australia en los años 1956 (9) por OlderSwiss y consistía en un martillo de 9 kg (20 libras), y una caída de 508 mm (20 pulgadas), y una varilla con un punta de cono de 30° para introducir a las diversas capas del suelo, Van Vuuren en 1969 trabajó en Nueva Zelanda y posteriormente; ese ensayo no destructivo de naturaleza empírica; se desarrolló con gran ahínco en Sud África en la década de los años 1970 al 80, y se presentó a la comunidad internacional en Europa en los años 1982-1983 con los trabajos de Kleyn, Savage, Maree, Van Heerden, y Rossouw; para entonces se había planteado algunas modificaciones como sigue: el martillo se varió a un peso de 8 kilos, altura de caída 575 mm y la punta cónica a 60°.

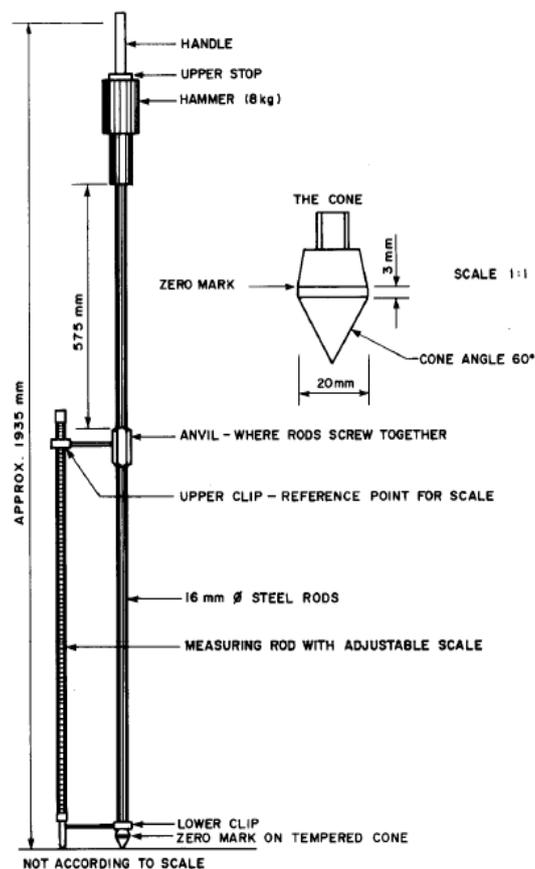


Figura 3.1: Muestra el instrumento PDC experimentado en Sud África

Desde entonces las características físicas no ha sufrido cambios sustanciales, los reportes de las investigaciones siempre han precisado y detallado el instrumento usado y esto ha servido para prácticamente uniformizar el aspecto físico del equipo, más aun ahora que esta Normalizado por la Sociedad Americana de Ensayo de Materiales (ASTM) desde el año 2003 actualmente la ASTM ya ha revisado y corregido la norma del año 2003 y está publicando la norma actualizada ASTM D6951 M(09), los diferentes países que proceden a normalizar este equipo con las normas técnicas de su país lo hacen basados en la norma ASTM D6951 (03), por lo general se ha observado sin ninguna modificación como por ejemplo Colombia con su norma INV E 172 (07), Costa Rica con su norma MOPT/ GTZ, entre otros por lo que es conveniente conocer al detalle las características del PDC normalizado por la ASTM.



Figura 3.2: Muestra los equipos PDC con sus estuches de madera

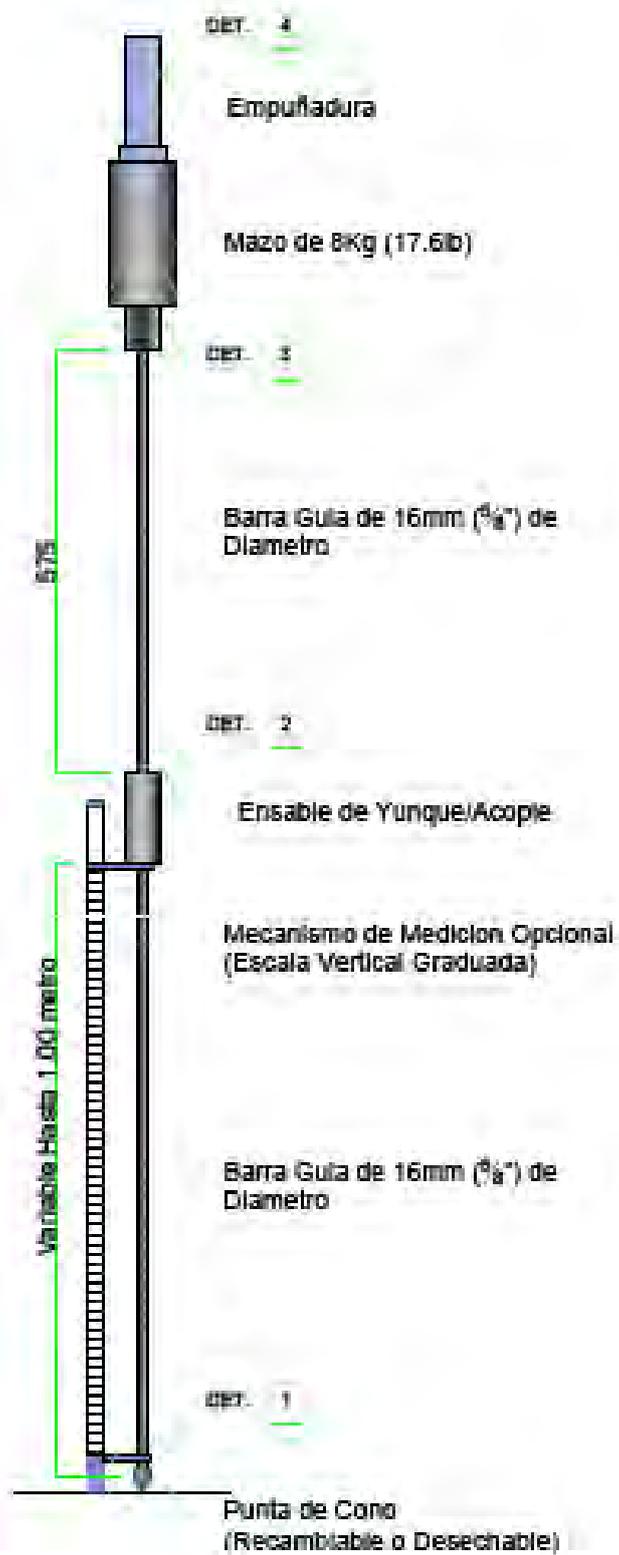


Figura 3.3: Muestra detalles del PDC



### **3.2.0 CONSTRUCCIÓN DEL INSTRUMENTO**

La poca disponibilidad del Equipo Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) en cada país (Equipo Original Normalizado) y el costo elevado no permiten que el uso de este ensayo sea mas frecuente y este alcance dé cada uno de los ingenieros o empresas que desarrollan proyectos viales o ejecutan obras de pavimentación refiriéndome a las pequeñas empresas y a la actividad profesional independiente de cada ingeniero civil, este aspecto hace que proponga la construcción artesanal del PDC con la esperanza que sea entonces accesible y de bajo costo, reparable y reemplazable de esta manera se contribuye a que se haga realidad la transferencia de tecnología que no llega al interior del país.

Tomando como base las características físicas, de dimensiones y de detalle normalizadas por ASTM, se construyó un equipo PDC cumpliendo con cada uno de los principales rasgos del equipo normalizado; a continuación se detalla la secuencia.

#### **3.2.1 ADQUISICION DE LOS MATERIALES**

El material para la construcción del instrumento es el acero, pero existe una amplia variedad, por lo que tenemos que proponer un equilibrio entre: calidad, costo y disponibilidad. Realizando un estudio del mercado local en busca de los materiales adecuados que permita la elaboración del instrumento se resume las actividades en el cuadro 3.1 siguiente donde se describe la búsqueda de los materiales en diversos lugares como en los centros de fundición, centros comerciales (ferreterías) y talleres mecánicos.

Cuadro 3.1: Muestra proceso de construcción de PDC

CENTROS QUE PROPORCIONAN ACERO.	ADQUISICIÓN DE MATERIAL
<p style="text-align: center;"><u>CENTRO DE FUNDICIÓN.</u></p> <p>En el Perú existen plantas de fundición de acero; las que proporcionan al mercado una amplia gama de aceros para la industria de la construcción, y metal mecánica.</p> <p>En el departamento de Ica se ubica una planta de fundición de “Aceros Arequipa”; ubicada en la provincia de Pisco, que proporciona más del 90% de sus productos en el mercado de Ica.</p> <p>La solicitud de un tipo de material en particular y un número reducido de varillas resulta muy costosa y poco atractiva para dicho centro de producción; lo que originaría a trazo en la producción diaria por lo tanto se rechaza la atención.</p>	No.
<p style="text-align: center;"><u>LOCALES COMERCIALES.</u></p> <p>Representa a los centros de producción y son los centros de distribución con una amplia variedad de aceros; que provienen de las plantas de fundición con sus características de calidad y costo típicos de acuerdo al mercado; muy pocos provienen de la planta de fundición de SIDERPERU (mercado de Ica)</p>	Sí. Acero liso ϕ5/8” Para construir las varillas
<p style="text-align: center;"><u>TALLERES MECÁNICOS.</u></p> <p>Representan un centros de producción de piezas acabadas para maquinaria ; su trabajo se centra en dar forma a materiales de acero en piezas terminadas; también representa a otro lugar donde se puede conseguir materiales de acero; pero estos materiales, tienen características de calidad y resistencia variada y su origen es generalmente de pieza de maquinarias</p>	Sí. Acero de Pieza de Maquinaria. Especialmente para la punta cónica y el martillo

Para la elaboración del instrumento en lo que respecta a las varillas, se seleccionó el acero liso con diámetro de 5/8” (equivalente a 16 mm) y que se encuentra en cualquier ferretería (centro comercial); El material para la punta (Cono) debe ser especial debe ser de un tipo de acero de gran dureza puesto que soportara el impacto y la resistencia a la penetración de los diversos tipos de suelos que se genera al trabajar el instrumento. Este material se obtuvo en los Talleres Mecánicos la recomendación de los torneros conocedores de la dureza de los materiales fue que no debe ser de un acero dulce sino de un acero de piezas de maquinas los que traen consigo una mayor dureza, los que se irán torneando, moldeando y templando todo este trabajo se puede realizar en un taller mecánico de tornería resultando económico la fabricación de cada pieza del PDC.

### **3.2.2 FABRICACION DE CADA PIEZA DEL PDC**

El proceso de construcción del PDC lo realizamos fabricando cada una de las piezas del instrumento para ello elegimos un taller mecánico que cuente con las herramientas, equipos y máquinas necesarios; entre los cuales se puede mencionar: Torno (para metal), máquinas para soldar, balanzas, tarrajas para hacer roscas, cortadoras de metal, herramientas manuales como: alicates, sierra para corte, martillo, taladro manual, lijadora, vernier.

En nuestro caso se construyó las partes en un taller mecánico, se inició realizando trabajos de tornería, confección del martillo con su peso y forma indicado, construcción del cono con sus dimensiones y características, las roscas de las varillas y la preparación del acople y la empuñadura superior con la perforación y formación de los hilos de la rosca, después se pasó a los trabajos correspondientes de soldadura banco y ajuste en la etapa de armado del instrumento, por no ser un trabajo común se debe trabajar con personas que tengan paciencia y destreza teniendo en cuenta las indicaciones y medidas que se le exige, el ritmo de trabajo (tiempo) depende básicamente de la herramienta (tipo de torno) también de la calidad del material como insumo, las dimensiones de la pieza y el acabado final que esta deberá presentar.

#### **PUNTA DE CONO 60°:**

El trabajo dentro del taller se efectuó seleccionando el material adecuado; en el caso del cono el material seleccionado es del tipo acero de maquina sin templar, el que deberá presentar una mayor dimensión que la pieza terminada. El operador de la maquina herramienta, toma el material y lo coloca dentro de las mordazas del torno sujetándolo firmemente, luego gira el carro porta herramienta formando un ángulo igual a la mitad del ángulo del cono indicado. Para la unión de la Punta de Cono con la varilla guía se ha pensado en dos posibles soluciones: embutir o acoplar: de estas se tomó la segunda por ser más ventajosa. Para el proceso de templado se utilizaron dos métodos, el primero consistió en bañar en aceite hirviendo la pieza a templar, tomando una coloración negruzca, la segunda forma fue utilizando soldadura de arco de tipo CITUDUR 600, que al contacto con el metal se calentaba al rojo vivo (soldadura de relleno) el que era pulido inmediatamente con el torno, dándole el acabado final, después

de culminar los trabajos en torno se debe templar la pieza y se calienta hasta quedar incandescente luego se introduce en una porción de aceite para carros frío quedando templado de esta manera.

Cuadro 3.2: Muestra detalles de punta cónica del PDC de 60°

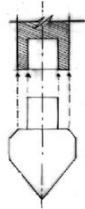
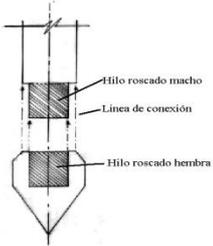
VENTAJAS	IMAGEN
<p style="text-align: center;"><u>EMBUITO</u></p> <p>Esta solución esta basada en la unión de piezas originado por el cambio de temperatura, embutiendo una de las piezas a presión dentro de la otra pieza.</p>	
<p style="text-align: center;"><u>ACOPLE</u></p> <p>Esta solución esta diseñada para el cambio de punta de cono, mediante la confección de rosca de hilo al interior de la pieza tal como muestra la figura adjunta. Esta solución presenta una gran ventaja sobre la otra debido a que permite el cambio de la punta de cono cuando se detecta que está a sufrido un desgaste mayor de lo permitido.</p>	



Figura 3.5: Se observa el torneado de la punta cónica de 60°



Figura 3.6: Se observa el proceso de formación de punta cónica 60°

## MARTILLO

Al formar esta pieza el principal control es su peso, no importando su forma geométrica, luego de que se experimentaron con más de un tipo de martillo, las conclusiones a que se llegó es que teniendo en cuenta de que este instrumento podría ser elaborado por otras personas, por lo que la formación del martillo deberá presentar regularidad en su forma geométrica (volumetría); por lo tanto se optó por elaborar esta pieza íntegramente en el torno con un peso de 8 kilos, considerando que el martillo estandarizado esta propuesto en 2 partes, uno de 10 libras con un contrapeso que hace llegar a los 8 kilos recomendado. .

El proceso de fabricación de esta pieza, se inicia con la selección de una pieza metálica (material) de mayor dimensión a la pieza terminada. El control del peso del Martillo estuvo a cargo de una balanza con precisión de 0.1 gramo; llevándose a cabo esta operación durante el proceso de perforación y acabado final de la pieza en donde la aproximación al peso requerido quedo establecido en  $8\text{Kg} \pm 0.1\text{g}$  de precisión.



Figura 3.7: Se observa la formación del martillo al cortar en torno un eje de acero



Figura 3.8: Se observa el taladro del martillo y el control de peso.

Cuadro 3.3: Se detalla características del martillo

Diámetro interior	17 mm
Diámetro exterior	85 mm
Altura	195 mm
Peso	8 Kg

### ACOPLE - YUNQUE

Como se sabe el Acople - Yunque es la pieza que soporta el impacto originado por la caída del martillo; su diseño básico fue variado luego de que se comprobó el nivel de desgaste de la pieza original absorbiendo y concentrando la energía hacia la varilla de empuje, la elaboración de esta pieza es similar al proceso seguido en el martillo a excepción de las etapas de confección de hilo interno y rebaje de un extremo para formar el tronco de cono.

### VARILLA GUÍA Y DE EMPUJE.

El proceso de elaboración de estas piezas no representa complicación alguna; en ambos casos se utiliza una varilla de acero liso de diámetro 5/8" que equivale a los 16 mm, exigidos en el diseño original. Se utilizó como material el acero liso (perfil redondo) bastante suave para formar las roscas de hilo grueso para soportar gran esfuerzo. Finalmente se construyó dos instrumentos en este proceso de seguimiento al

procedimiento de construcción de las piezas luego se sometió a los ensayos de campo, donde se comprobó la utilidad y el comportamiento.

Cuadro 3.4: Se detalla características del PDC

Características de Diseño.	Varilla Guía (A)	Varilla Empuje (B)	Yunque
Diámetro.	16 mm	16 mm	50 mm
Largo.	575 mm	1000 mm	150 mm
Peso.	200 gramos	200 gramos	300 gramos

(A)

(B)



Figura 3.9: Se observa tallery tornoen la construcción del PDC (año 1999)



Figura 3.10: Se observa la preparación de la varilla del PDC (año 1999)

### 3.2.3 COMPARACION DE COSTOS DEL PDC

La construcción del instrumento no ha sido complicada un taller mecánico con torno, un tornero, materiales apropiados y mucho control en las características de cada una de las partes del equipo conforme se va fabricando, son en resumen los elementos necesarios para la construcción artesanal del Penetrometro Dinámico de Cono (PDC); el análisis de gastos podemos observarlo en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.5: Muestra costo total y por piezas del PDC fabricado

N°	PIEZA	CARACTERISTICAS DE PIEZA	DETALLES DEL COSTO S/.		COSTO TOTAL S/.
1	MARTILLO		MAT.	100	180
			HERR.	30	
			M.O.	50	
2	PUNTA CONICA		MAT.	30	130
			HERR.	20	
			M.O.	80	
3	VARILLA SUPERIOR		MAT.	20	90
			HERR.	20	
			M.O.	50	
4	VARILLA INFERIOR		MAT.	20	90
			HERR.	20	
			M.O.	50	
5	ACOPLE CENTRAL		MAT.	30	100
			HERR.	20	
			M.O.	50	
6	MANUBRIO SUPERIOR		MAT.	30	100
			HERR.	20	
			M.O.	50	
Nuevos Soles TOTAL S/.					690.00
Cambio 1\$ = 2.60 nuevos soles      Dólares TOTAL \$.					265.38

El costo de solicitarlo al extranjero es aproximadamente S/. 2,000 nuevos soles, por lo que construirlo resultará más económico, casi un tercio del costo en tienda.

## CAPITULO IV APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO

### 4.1.0 METODOLOGIA DE INVESTIGACION

Las condiciones de equipos, instrumentos y laboratorios, condicionaron la forma como se debía encarar esta investigación, se tiene a disponibilidad el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad “San Luis Gonzaga” de Ica equipado con maquina CBR digital y los moldes correspondientes, equipos para compactación proctor modificado entre otros donde se llevó a cabo los diversos ensayos; contamos con el equipo Penetrometro Dinámico de Cono (PDC), también se preparó (se dirigió la fabricación) de varios moldes metálicos de CBR y un anillo para corte que engrampa en el molde CBR para la extracción de muestras inalteradas en campo y que posteriormente serán llevados a ensayar en el equipo CBR en laboratorio.

El procedimiento de trabajo se programó de la siguiente manera:

- a)- Inicialmente se planificó ensayos para comprobar el buen funcionamiento del equipo PDC y para verificar la formulación desarrollada por Kleyn
- b)- Se planificó ensayos de campo en todos los distritos de la Provincia de Ica a nivel de subrasante con el PDC y extracción de muestra inalteradas con anillo cortador y molde CBR en el mismo sitio y terreno en el que se realizó el ensayo con el Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) y que son llevados a laboratorio para su ensayo en maquina CBR.
- c)- Se planificó extracción de suelo de subrasante de los caminos para vehículos en algunos de los Distritos de la Provincia de Ica, también su compactación en laboratorio en moldes CBR y su ensayo tanto en la Maquina CBR como con el equipo Penetrometro Dinámico de Cono (PDC); el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad brinda servicios de ensayos al público por este hecho se aprovechó en usar los materiales y los ensayos solicitados al laboratorio para resistencia CBR y compactación proctor modificado que corresponden a subrasantes de las carreteras en la Provincia de Ica, para realizar ensayos con estos materiales en equipo CBR y en equipo PDC .

#### 4.2.0 ENSAYOS EN CAMPO

Los ensayos en campo están notoriamente diferenciados, tenemos la aplicación del Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) y la extracción de las muestras inalteradas para su ensayo en laboratorio.

#### 4.2.1 APLICACIÓN DEL PDC

La aplicación del Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) se llevó a cabo en las diferentes carreteras interdistritales y del cercado de cada Distrito de la Provincia de Ica; al realizar el ensayo en cada punto obtenemos datos de pendiente (N, D o DC) en mm/golpes con el que de acuerdo a cualquier formulación se puede obtener el valor de CBR in situ, pero en este caso las pendientes obtenidas servirán para correlacionar pendientes (N) con los valores de CBR in situ, también se obtiene datos de tipo de suelo (se lleva una muestra al laboratorio y se clasifica), también se toma muestra para humedad natural, en un gran numero de inspecciones se ha encontrado una subrasante compuesta por arena eólica, también otro numero grande de ensayos se ha dado en suelo tipo areno limosos y con humedades por debajo de las optimas para compactación.



Figura 4.1: Ensayos con PDC en conformación de subrasante en Santa María



Figura 4.2: Ensayos con PDC en Villa Rotary (salas) y camino a Huacachina (Ica)



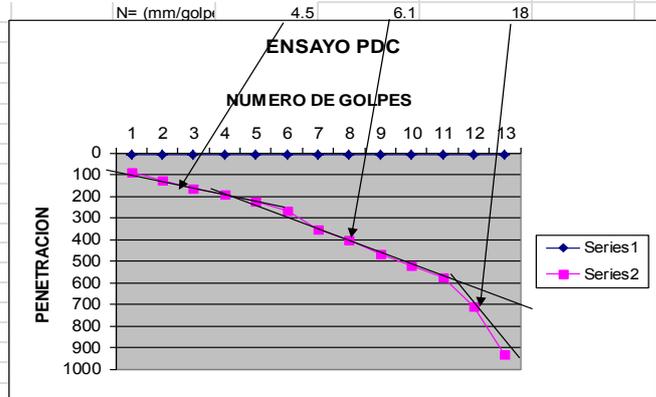
Figura 4.3: Ensayo con PDC en cercado Salas y en cercado Subtanjalla

En las imágenes se observa las inspecciones de campo realizando el ensayo PDC con ayuda de jóvenes estudiantes universitarios que llevan curso de pavimentos, en la mayoría de los sitios de ensayo con el PDC también se realizaba la extracción de muestras inalteradas, las calles en los centros poblados tienen un grado de humedad variante bastante altos como muy secos en función a la costumbre de la población de realizar el regado de sus fronteras para minimizar el polvo al paso de los vehículos haciendo esta actividad a diario. También se observa en las siguientes imágenes los formatos desarrollados para obtener los resultados que se ha venido trabajando desde el año 1998.

## ENSAYO DE CBR EN CAMPO

Informe N° 10	Fecha :20/05/2005
responsable : Ing. Eduardo Injante Lima.	
Calicata N° 5 COLLAZOS SALAS	
Técnico Operador : Grupo 4	

Nº GOLPES	ALTURA h(mm)
10	90
10	125
10	165
10	190
10	225
10	270
10	355
10	405
10	470
10	520
10	575
10	710
10	935

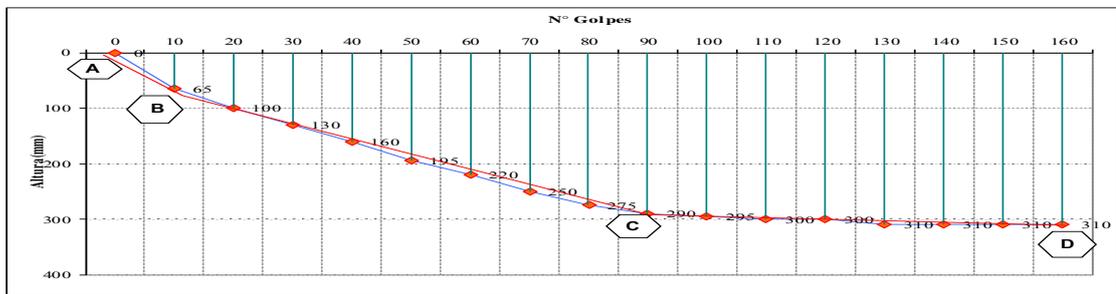


N=(h/Num Golpe)	N
270    60	4.50
305    50	6.10
360    20	18.00

Figura 4.4: Se observa un modelo para desarrollo de la curva PDC

### ENSAYO PDC

<b>OBRA</b>	: Aeropuerto "Las Dunas"
<b>PROYECTO</b>	: "Reparación de Fallas Superficiales en Vías de Transporte mediante la aplicación de Morteros y Sellos Asfálticos"
<b>FECHA</b>	: 27/05/2006
<b>TECNICO</b>	: Bach. Peralta Quispe, Margareth
<b>ENSAYO</b>	: N° 2
<b>RESPONSABLE</b>	: ING. EDUARDO INJANTE LIMA



Nº GOLPES	ALTURA h (mm)
0	0
10	65
20	100
30	130
40	160
50	195
60	220
70	250
80	275
90	290
100	295
110	300
120	300
130	310
140	310
150	310
160	310

Línea	$\Delta n$ (a)	$\Delta N^\circ$ golpes (b)	N (a/b)
A-B	65	10	6
B-C	225	80	2
C-D	20	70	0.3

**OBSERVACIÓN:**

Figura 4.5: Otro modelo para desarrollar los datos con el PDC

#### 4.2.2 EXTRACCION DE MUESTRAS INALTERADAS

La extracción de muestras inalteradas se da junto al terreno donde se realiza el ensayo con el Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) tratando de asegurar que se lleve a la maquina de ensayo CBR el mismo suelo ensayado con PDC, con todas sus condiciones locales de compactación y humedad, para ello se procede utilizando el molde especialmente preparado para este trabajo mas un anillo de corte que coloca al molde se introduce el suelo tratando de llenar el molde con suelo inalterado por lo que se debe tener cuidado al realizar la extracción descargando la fricción lateral externa del molde con el suelo, protegerlo para evitar la perdida de humedad natural, y trasladarlo con mucho cuidado para evitar la fractura de la muestra siguiendo las recomendaciones de norma MTC E 132 – 2000 y MTC E 112, sobre procedimientos para el ensayo sobre muestras inalteradas.



Figura 4.6: Se observa el proceso de extracción de muestra inalterada



Figura 4.7: Se observa moldes y anillo de corte en extracción de muestras

#### **4.3.0 ENSAYOS DE LABORATORIO**

Este es el caso en que todos los ensayos se realizan en laboratorio, algunas muestras son inalteradas traídas del campo, otro grupo de muestras las preparamos en laboratorio para algunas condiciones especiales diferentes del estado natural y por lo general tenemos dos etapas tanto la preparación de las muestras compactadas como los ensayos propiamente dichos.

##### **4.3.1 ENSAYO DE MUESTRAS INALTERADOS EN EQUIPO CBR**

Luego de que son extraídas las muestras de suelo en los moldes CBR son llevadas al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad donde serán preparados para el ensayo respectivo siguiendo la recomendación de la norma MTC E 132 – 2000 y MTC E 112, se enrasa el material en el molde, se coloca las sobrecargas respectivas sin saturación previa y se procede a colocarlo en el equipo CBR, se ajusta el vástago a penetrar al suelo en el nivel respectivo para activar el reloj de lectura y se procede a realizar el ensayo, en estos caso las muestras están con la humedad natural del sitio de la extracción casi siempre por debajo de la humedad óptima para su máxima compactación, en muy pocos casos llega o supera dicha humedad. En lo que respecta al traslado del molde con la muestra se realiza en vehículo propio, casi de inmediato al laboratorio para evitar la evaporación del agua de la muestra, cuando se demora un poco, la muestra se tiene que proteger con una bolsa de plástico y bajo sombra para evitar que el sol y el viento evaporen el agua natural de la muestra, después de haber realizado el ensayo CBR, ya se han obtenido las lecturas del dial de los relojes tanto de medición de profundidad que se lee directamente en el reloj en decimales de pulgadas como de lectura de presión que en este caso se dan en números de sectores de división del reloj y este dato se debe transformar a datos de presión mediante una ecuación que el fabricante del anillo (o de una celda) del equipo deja, en cada reparación se debe tener el cuidado de actualizarlo.



Figura 4.8: Se observa la preparación y ensayo del molde CBR con la muestra.

#### 4.3.2 PREPARACION DE LAS MUESTRAS REMOLDEADAS

Las muestras extraídas para remoldear son llevadas al laboratorio para realizar el ensayo CBR según Norma ASTM D 1883, NTP 339.145:1999, el procedimiento en resumen luego de la inspección de campo, se limpia la superficie del terreno y luego de ubicar el nivel de subrasante se extrae en un costal aproximadamente 40 kilogramos para preparar las diversas muestras se inicia con los ensayos previos para la identificación del suelo (granulometría, límite líquido y límite plástico), humedad natural y ensayo de compactación para obtener la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de la humedad

(OCH), seguidamente se prepara la muestra para que se pueda realizar los ensayos, primeramente se prepara los especímenes en los moldes típicos para ensayo CBR, se procede al ensayo para posteriormente obtener el índice de resistencia de suelo, que se calcula al 95% de su máxima densidad seca en su diagrama respectivo.

Seguidamente se prepara un espécimen en un molde para ensayo CBR, compactado convenientemente para el ensayo con el Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) (hincado), muestra que se compacta con el óptimo contenido de humedad, en 5 capas y para 56 golpes por capa, con el equipo de Proctor Modificado (un solo molde al 100% de la MDS), lógicamente atendiendo la recomendación de normatividad sobre los ensayos de compactación se tiene que verificar el tipo de ensayo de compactación que se va a utilizar, para ello se realiza las respectivas verificaciones de porcentajes que pasan y retiene las mallas N° 4, la 3/8" y la malla 3/4 " según ellos se elige el tipo de compactación A, B o C y según el tipo de compactación también se elegirá el tamaño del molde y así se sabrá el número de golpes por capa con el que se tiene que compactar cada muestra, cumplir todas estas recomendaciones es fundamental porque de ello depende la efectiva compactación de cada suelo con la energía necesaria, para nuestro caso de suelos finos en la mayoría de los casos arroja indicativo para realizar los ensayos con los moldes de 4" y para los materiales gruesos granulares cumplía la recomendación de compactación en molde de 6".

#### **4.3.3 ENSAYOS DE LAS MUESTRAS REMOLDEADAS**

Los ensayos en las muestras remoldeadas y compactadas se realizan en primer lugar con el equipo CBR, el ensayo típico con los tres especímenes en sus moldes metálicos respectivos compactados previamente (con 10 golpes, con 25 golpes y con 56 golpes), estos se llevan al equipo CBR y con los resultados se obtiene el valor de resistencia del suelo CBR, para la presente investigación trabajamos con el 95 % de la MDS y para el 0.1" y el 0.2" de penetración como dice la norma se toma el mayor valor, este resultado se toma para relacionar con el ensayo del PDC.



Figura 4.9: Se observa el procedimiento de preparación del equipo CBR y la verificación que el vástago de penetración este en la altura conveniente.



Figura 4.10: Se observa la colocación de la sobrecarga conveniente en el molde de ensayo CBR.

En segundo lugar se procede a ensayar el suelo compactado en el molde metálico especialmente preparado en este caso con condiciones de resistencia máxima (Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad) al 100% de la MDS, en este espécimen se realiza la penetración con el equipo PDC tomando los resultados de penetración en valores  $N$  (mm/golpe) pendiente que se forma por esta capa, para este ensayo previamente se había caracterizado al suelo (mediante ensayos granulométricos y de límites de Consistencia), luego se había realizado el ensayo de compactación para obtener la humedad con el que se compactara cada molde para el ensayo con el equipo PDC.

La particularidad del ensayo es el número limitado de golpes por cada muestra debido a la profundidad limitada del molde para ensayos CBR,

pero la dureza que refleja la compactación del suelo permite realizar varios golpes en un ensayo, generando datos para graficar la pendiente de resistencia y calcular  $N$  (mm/golpe)



Figura 4.11: Se observa el procedimiento de ensayo con el PDC a una muestra preparada en el molde CBR. (Ensayos actuales 2012)

El ensayo con el PDC se realiza en una muestra compactada típicamente para un ensayo Proctor Modificado, y las muestras para el ensayo no son sumergidos las 96 horas, también se ha considerado el tipo de compactación en función a la granulometría del suelo, este espécimen para CBR compactado es similar al que se ensaya en el equipo CBR, solo la humedad óptima hace que el suelo se torne duro y que oponga resistencia a la penetración por lo que en algunos casos se hace gran esfuerzo para lograr la penetración en la capa de suelo compactado, además es necesario para estos casos de ensayos en

laboratorio 3 personas, 2 para que activen el penetrometro y otro para que tome las medidas de penetración y para que realice las anotaciones de los resultados y realice los cálculos e interpretación de datos, que se puede hacer de inmediato para este caso nos interesa los valores de pendiente que presenta cada ensayo al actuar en cada tipo de suelo en las condiciones de máxima resistencia.



Figura 4.12: Se observa los ensayos en suelo compactado en molde CBR trabajos realizados en el año 2002 en el antiguo laboratorio de mecánica de suelos de la FIC. UNICA

#### Resumen de Pruebas

Campo.- PDC en estado natural de compactación y humedad

Laboratorio.- Se realizan tres pruebas diferentes

- 1.- CBR en muestra inalterada al estado natural de densidad y humedad
- 2.- CBR en muestra remoldada al 100% de la máxima densidad seca (MDS), con óptimo contenido de humedad (OCH), sin saturación
- 3.- PDC en muestra remoldada al 100% de la máxima densidad seca (MDS), con óptimo contenido de humedad (OCH)

Se realizó las siguientes comparaciones:

- PDC campo vs Laboratorio 1

- Laboratorio 2 vs Laboratorio 3

#### **4.4.0 RESULTADOS DE ENSAYOS**

En los siguientes cuadros se observa los resultados de aplicación PDC en campo y laboratorio así como los resultados de CBR realizado en laboratorio datos necesarios para realizar la correlación de variables.

Cuadro 4.1: Muestra datos de ensayos del Distrito de Salas

Tabla resultados N°1								
Distrito: SALAS GUADALUPE								
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		HUM.	O.C.H.%	N	CBR molde inalterado	Observ.
	N	SUCS	AASHTO	NAT%		mm/golpe		
Expansión NSG	1	SP	A-3(0)	2.58	14.33	8.75	20	
	2	SP	A-3(0)	1.95		17.5	10.5	
	3	SP	A-3(0)	0.79		11.63	16	
	4	SW	A-2-a(0)	3.5		13.33	12.5	
	5	SP	A-3(0)	0.98		8.87	19.8	
	6	SP	A-3(0)	1.45		9.77	18.4	
	7	SW	A-2-a(0)	2.4		12.5	15.6	
	8	SP	A-3(0)	2.1		10.86	17.5	
	9	SP	A-3(0)	0.89		12.33	15.2	
	10	SP	A-3(0)	0.77		10.5	18.6	
V Rotary	11	SP	A-3(0)	3.33	13.41	10	17.4	
	12	SP	A-3(0)	1.97		12	16.2	
	13	SW	A-2-a(0)	1.44		17.5	8.6	
	14	SP	A-3(0)	2.69		9.66	20.4	
Santa cruz	15	SP	A-3(0)	2	12.89	7.9	25.8	
	16	SW	A-2-a(0)	1.3		11.43	17.7	
	17	SP	A-3(0)	0.88		13.22	12.9	
	18	SP	A-3(0)	0.92		14.4	11.5	
	19	SP	A-3(0)	0.85		10.34	18.3	
Cerro Prieto	20	SM	A-4	2.2	15.29	10.4	17.5	
	21	SM	A-4	3.8		9.2	19.3	
	22	SM-SC	A-2-6	3.04		5.41	35.8	
	23	SM	A-4	2.7		6.56	31.2	
	24	SM	A-4	2.9-		7.33	28.6	
Collazos	25	SC	A-2-4	0.93	13.65	8	26.4	
	26	SC	A-2-4	0.93	12.92	4.99	44.4	
	27	ML-CL	A-6	2.54	14.2	6.67	33.6	
	28	CL	A-6	3.5	13.7	5.54	41.9	
	29	ML	A-2-4	0.81	10.78	5.76	38.2	
Camino reyes	30	SP	A-3(0)	1.2	13.7	11.45	18.2	
	31	SP	A-3(0)	0.87		10.77	19.1	
	32	SP	A-3(0)	0.69		11.06	15.6	
	33	SP	A-3(0)	0-99		9.89	20.7	
Cercado	34	SM	A-2-4(0)	2.3	14.6	6.44	34	
	35	SM	A-2-4(0)	2.7		7.9	26.1	
	36	SM	A-2-4(0)	1.44		8.1	29	
	37	SC	A-6	1.86		6.34	33.5	
	38	SC	A-6	1.05		6.77	31.5	
	39	SC	A-6	1.31		8.25	24.8	
	40	SM	A-2-4(0)	1.8		5.91	38.1	

Cuadro 4.2: Muestra datos de ensayos del Distrito de Subtanjalla

Tabla resultados N°2								
Distrito: SUBTANJALLA								
LUGAR	PUNTO N	CLASIFICACION		HUM. NAT%	O.C.H.%	N mm/golpe	CBR molde inalterado	Observ.
		SUCS	AASHTO					
El cambio	1	SC	A-6	4.5	17.5	5.29	39.54	
	2	ML-CL	A-6	5.2		6.56	40.5	
	3	SC	A-6	3.87		4.68	42	
	4	ML-CL	A-6	5.67		5.97	35.4	
	5	ML-CL	A-6	5.23		6.02	34.2	
Fonaviangost	6	SP-SM	A-3(0)	1.31	12.99	10.33	18.4	
	7	SP	A-3(0)	1.48		9.54	21.5	
	8	SP	A-3(0)	1.55		11.21	18.6	
	9	SP-SM	A-3(0)	2.17		10.77	20.5	
	10	SP	A-3(0)	2.6		12.71	15.21	
Fonavi IV	11	SP	A-3(0)	2.01	14.21	9.23	23.44	
	12	SP	A-3(0)	2.3		10.01	22	
	13	SP-SM	A-3(0)	1,45		9.11	23	
	14	SP-SM	A-3(0)	1.96		11.1	18.4	
	15	SP-SM	A-3(0)	1.77		13.09	14.3	
Tres esquinas	16	SM	A-4	3.3	14.44	4.88	42.8	
	17	ML-CL	A-6	3.67		5.84	38.6	
	18	ML-CL	A-6	2.89		5.05	45.1	
	19	SM	A-4	2.58		6.28	36.4	
	20	SM	A-4	2.1		7.09	30.5	
Cesar vallejo	21	SP	A-3(0)	1.32	13.32	8.68	21	
	22	SP	A-3(0)	2.1		11.17	18.1	
	23	SP	A-3(0)	0.93		9.47	18.7	
	24	SP-SM	A-3(0)	0.85		9.08	23	
	25	SP-SM	A-3(0)	1.76		10.8	15.6	
Melchorita	26	SW-SM	A-1-b	3.16	14	10.67	19.4	
	27	SP-SM	A-3(0)	1.38		11.88	17.5	
	28	SP	A-3(0)	1.82		10.32	20.6	
	29	SP	A-3(0)	0.65		9.66	22.1	
	30	SP	A-3(0)	0.73		8.43	25.4	
Virgen asunta	31	SP	A-3(0)	1.38	14.72	9.63	22.8	
	32	SP	A-3(0)	2.34		11.19	17.9	
	33	SP	A-3(0)	1.66		10.55	15.3	
	34	SP-SM	A-3(0)	1.57		9.9	17	
Cercado	35	SP-SM	A-3(0)	2.2	15.31	8.44	24.3	
	36	SP-SM	A-3(0)	2.45		9	22.7	
	37	SP	A-3(0)	3.68		10.1	17.9	
	38	SP	A-3(0)	3.91		10.92	18.6	
	39	SL	A-3(0)	2.67		11.73	14.3	
	40	SP	A-3(0)	2.81		12.98	12.2	

**Cuadro 4.3: Muestra datos de ensayos del Distrito de San Juan Bautista**

Tabla resultados N°3								
Distrito: SAN JUAN BAUTISTA								
LUGAR	PUNTO N	CLASIFICACION		HUM.	O.C.H.%	N	CBR molde	Observ.
		SUCS	AASHTO	NAT %		mm/golpe	inalterado	
Cercado	1	SP-S	A-3 (0)	3.5		5.08	41.25	
	2	SP-SM	A-2-4(0)	3.8	11.72	5	43.1	
	3	SP-S	A-3 (0)	2.3		4.96	42	
	4	SP-SM	A-2-4(0)	2.7	13.3	4.1	55.9	
	5	SP-SM	A-2-4(0)	1.9	15.6	4.23	49.5	
Longar	6	SM	A-4	3.3		5.34	39.4	
	7	SC	A-6	4.1		6.44	32	
	8	ML-CL	A-6	3.9		7.92	27	
	9	SC-SL	A-6	2.4		5.77	38.4	
	10	SM	A-4	2.46	14.46	4.88	42.6	
Alto callao	11	SP	A-3 (0)	1.1		9.81	20.9	
	12	SP	A-3 (0)	1.4		9.34	21.3	
	13	SP-S	A-3 (0)	0.9		13.45	14.5	
	14	SP	A-3 (0)	0.77		14	16.4	
	15	SP	A-3 (0)	0.65		21	15	
El Carmen	16	SM	A-4	2.1	13.99	3.7	50.1	
	17	SM	A-4	2.67		2.99	80.4	
	18	ML-CL	A-6	3.44		4.61	50.1	
	19	ML-CL	A-6	3.98		5.79	36	
	20	ML-CL	A-6	3.88		5.21	36.5	
El olivo	21	SM	A-4	3.1	15.66	4.67	50.8	
	22	SM	A-4	2.5		9.13	22	
	23	SM	A-4	2.3		3.22	60.8	
	24	SP-SM	A-3(0)	1.33		9.45	20.7	
	25	SM	A-4	2		4.22	55.2	
Fonavi III	26	SP-SM	A-3(0)	1.31	16.1	4	60.1	
	27	SP	A-3(0)	1.48		12.31	18.4	
	28	SP	A-3(0)	1.69		10.4	20.1	
	29	SP-SM	A-3(0)	2.17		11.46	18.9	
	30	SP	A-3(0)	1.9		10.36	15.6	
Fonv. San m	31	SP-SM	A-3(0)	2.09	15.89	5.69	30.2	
	32	SP-SM	A-3(0)	1.3		10.22	20.8	
	33	SP	A-3(0)	0.7		11.31	17.5	
	34	SP	A-3(0)	0.76		8.78	24.4	
	35	SP	A-3(0)	1.03		7.9	26.3	
Limón	36	SP	A-3(0)	1.4		10.65	18.4	
	37	SP-SM	A-3(0)	0.86	14.44	8.04	26	
	38	SP-SM	A-3(0)	1.85		11.87	16.2	
	39	SP	A-3(0)	1.3		8.95	24.8	
	40	SP	A-3(0)	1.45		10.78	15.2	

Cuadro 4.4: Muestra datos ensayos del Distrito de San José de los Molinos

Tabla resultados N°4								
Distrito: SAN JOSE DE LOS MOLINOS								
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		HUM.	O.C.H.%	N	CBR molde	Observ.
	N	SUCS	AASHTO	NAT%		mm/golpe	inalterado	
Cercado	1	SP	A-3(0)	2.2	11.14	8.5	25.1	
	2	SP-SM	A-1-a	1.33		9.43	18.4	
	3	GW	A-1-a(0)	1.78		6.22	33.8	
	4	SW-SM	A-1-a	1.65		2.4	90.1	
	5	GP-GM	A-1-a	2.44		1.46	94.2	
	6	SP	A-3(0)	1.67		3.56	65.6	
	7	SP	A-3(0)	2.59		4.33	49.5	
	8	SW-SM	A-1-a	1.63		2	95	
	9	GP-GM	A-1-a	0.78		1.41	96	
	10	SP-SM	A-3(0)	2.43		8.65	24	
Pampa la isla	11	SP	A-3(0)	1.33		7.44	29.3	
	12	SP-SM	A-1-a	2.88	12.42	5.55	41	
	13	SW-SM	A-1-a	1.04		7.45	29.4	
	14	SM	A-4	3.55		5.14	35.4	
	15	SC	A-6	2.89		4.33	48.2	
	16	SM	A-4	4.95		3.99	55.5	
	17	SM-SC	A-2-6	3.7		4.78	49.3	
	18	SC	A-6	4.21		5.67	41.6	
	19	SM	A-4	3.21	14.39	4.78	54.1	
Santa rosa	20	CL	A-6(10)	6.78		3.21	67	
	21	ML-CL	A-6	5.14		5.13	42	
	22	SM	A-4	4.81		6.33	35	
	23	SM	A-4	5.23		4.89	49.4	
	24	SM	A-4	6.21	15.87	4.02	60.1	
	25	SC	A-6	3.7		4.77	54.9	
Cerrillo	26	SW-SM	A-1-a	2.41		2.78	70.4	
	27	SP	A-3(0)	2.22		2.84	88.6	
	28	SP	A-3(0)	1.56	8.99	3.77	61	
	29	SM	A-4	1.41		7.2	28	
	30	SP-SM	A-3(0)	1.21		2.66	90	
Trapiche	31	SW-SM	A-1-a	0.92		2.54	98	
	32	GP-GM	A-1-a	0.85		1.14	98	
	33	GP-GM	A-1-a	0.76	9.41	3.22	80	
	34	GW	A-1-a(0)	1.03		2.07	98	
	35	SP	A-3(0)	2.54		7.92	26	
Galagarza	36	SP	A-3(0)	feb-79		6.44	31.5	
	37	SM	A-4	4.91	12.67	4.05	58.1	
	38	SM	A-4	5.78		5.69	40.2	
	39	SP	A-3(0)	2.55		9.53	18.9	
	40	SP-SM	A-1-a	2.48		7.78	27.4	

Cuadro 4.5: Muestra datos de ensayos del Distrito de La Tinguña

Tabla resultados N° 5								
Distrito: LA TINGUÑA								
LUGAR	PUNTO N	CLASIFICACION		HUM.	O.C.H.%	N	CBR molde inalterado	Observ.
		SUCS	AASHTO	NAT%		mm/golpe		
		SUCS	AASHTO	5.45				
Los lunas	1	SP-S	A-2-4(0)	2.7	12.98	7.45	28.6	
	2	S-CL	A-2-4(0)	7.48		7.1	30.1	
	3	S-CL	A-2-4(0)	2.94		6.23	35.9	
	4	SP-S	A-2-4(0)	0.97		8.32	27	
	5	SP	A-3(0)	13.4		10.9	17.5	
Bambaren	6	SP-S	A-2-4(0)	4.84	14.23	3.67	65.8	
	7	SP-S	A-2-4(0)	6.12		3.21	68.4	
	8	SP-S	A-2-4(0)	5.41		4.55	50.1	
	9	SP-S	A-3(0)	6.34		5.32	35.5	
	10	SP	A-1-b(0)	7.43		5.33	43.3	
Chanchajalla	11	SW-S	A-1-b(0)	2.54	13.45	6.78	25.8	
	12	SP-S	A-2-4(0)	4.03		4.88	44.7	
	13	S-CLML	A-2-4(0)	6.02		4.12	57.1	
	14	SP-S	A-2-4(0)	3.48		5.24	39.8	
	15	S-ML	A-2-4(0)	7.76		6.67	33.3	
Fundición	16	SP-S	A-2-4(0)	3.87		7.77	28	
	17	SP-S	A-2-4(0)	4.1		5.09	36	
	18	S-CL	A-2-4(0)	1.5		6.12	34	
	19	SP-S	A-2-4(0)	5.04		9.21	24.6	
	20	SP-S	A-2-4(0)	1.66		8.55	23.9	
Santa bábara	21	S-CLML	A-2-4(0)	2.55	15.69	4.27	50.5	
	22	S-CL	A-2-4(0)	1.13		5.76	38.2	
	23	S-ML	A-2-4(0)	1.47		3.15	79	
	24	S-CL	A-2-4(0)	4.65		4.16	53.7	
	25	S-CL	A-2-4(0)	3.27		6.39	33.5	
Atahualpa	26	S-ML	A-2-4(0)	2.9	14.02	6	30.6	
	27	SP-S	A-2-4(0)	2.61		5.21	40.3	
	28	SP	A-3(0)	0.75		4.84	48.7	
	29	SP	A-3(0)	2.06		7.78	26.1	
	30	SP	A-3(0)	1.79		9.12	22.8	
Tacama	31	SP-S	A-2-4(0)	4.91		12.48	15.4	
	32	S-CLML	A-2-4(0)	2.22	17.35	5.1	46.2	
	33	S-CL	A-2-4(0)	2.05		5.95	35.3	
	34	S-CL	A-2-4(0)	2.49		4.84	40.8	
	35	S-CLML	A-2-4(0)	4.73		6.15	32.2	
Buenos aires	36	SW-S	A-1-b(0)	3.9	12.98	7.4	25.5	
	37	S-ML	A-2-4(0)	6.84		5.27	40.1	
	38	S-CLML	A-2-4(0)	8.21		5.1	36.6	
	39	S-CL	A-2-4(0)	7.37		4.2	55.6	
	40	S-CL	A-2-4(0)	6.26		3.9	55.7	

Cuadro 4.6: Muestra datos de ensayos del Distrito de Parcona

Tabla resultados N°6								
Distrito: PARCONA								
LUGAR	PUNTO N	CLASIFICACION		HUM.	O.C.H.%	N	CBR molde	Observ.
		SUCS	AASHTO	NAT%		mm/golpe	inalterado	
Los ángeles	1	SM	A-4	5.33	16.3	5.33	39.4	
	2	SM	A-4	6.21		6.43	35.6	
	3	SC	A-6	3.55		4.77	40.3	
	4	SM-SC	A-2-6	4.79		6.22	33.8	
	5	SM-SC	A-2-6	3.26		5.02	45.5	
Av . siete	6	ML	A-2-4	3.81	15.89	6.41	35.7	
	7	ML	A-2-4	2.45		6.45	30.2	
	8	SC	A-6	5.78		5.52	38	
	9	SC	A-6	4.37		7.8	27.3	
	10	ML	A-2-4	2.77		9.32	19.2	
Orongo	11	SM	A-4	5.32	17.34	4.43	50.6	
	12	SM	A-4	6.78		6.57	30.4	
	13	SM-SC	A-2-6	4.21		5.31	46.1	
	14	CL	A-6(10)	3.9		3	70.8	
	15	CL	A-6(10)	3.77		3.9	50.7	
	16	ML-CL	A-6	4.22		5.7	36	
	17	ML-CL	A-6	5.78		5.1	42.9	
	18	SM	A-4	4.33		6.34	31.5	
	19	SM	A-4	4.79		7.3	28.2	
Yaurilla	20	SP	A-1-b	1.23	8.6	2.9	75	
	21	SP-SM	A-1-a	0.88		3.8	57.4	
	22	GP-GM	A-1-a	1.41		2.1	95	
	23	SP-SM	A-1-a	0.76		1.5	97	
	24	SP-SM	A-1-b	0.62		3.4	70.1	
	25	SP	A-1-b	1.2		2.6	88.2	
Acomayo	26	SM	A-4	3.44	14.34	5.8	36.6	
	27	SM	A-4	4.65		6.21	32.2	
	28	ML-CL	A-6	2.6		4.33	45.7	
	29	ML-CL	A-6	2.78		5.78	37.7	
	30	SC	A-6	3.72		3.89	50.1	
Los acuaches	31	SM	A-4	5.72	16.79	4.76	45.6	
	32	SM	A-4	7.45		6.22	31	
	33	CL	A-6(10)	6.31		3.99	55.2	
	34	CL	A-6(10)	5.23		4.54	46.6	
	35	ML-CL	A-6	6.77		5.77	36	
Cercado	36	SP	A-1-b	2.19	9.47	3.1	73.3	
	37	SP	A-1-b	1.92		2	98	
	38	SP	A-1-b	1.01		1.45	99	
	39	SP-SM	A-3(0)	0.89		2.58	91	
	40	SP-SM	A-3(0)	0.64		3.41	64.4	

Cuadro 4.7: Muestra datos de ensayos del Distrito de Los Aquijes

Tabla resultados N° 7								
Distrito: LOS AQUIJES								
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		HUM.	O.C.H.	N	CBR molde inalterado	Observ.
	N	SUCS	AASHTO	NAT.		mm/golpe		
Cercado	1	SP	A-3(0)	1.21	11.78	3	75.3	
	2	SW	A-1-a	3.77		2.55	84.1	
	3	SW-SM	A-1-a	8.06		2.9	78.2	
	4	SW-SM	A-1-a	3.38		3.4	60.4	
	5	SW	A-1-a	1.74		1.9	97	
El arenal	6	SP	A-3(0)	4.03	13.47	4.3	50.4	
	7	SP	A-3(0)	5.11		2.95	80.1	
	8	SP-SM	A-3(0)	8.7		3.55	60.5	
	9	SP-SM	A-3(0)	1.3		3.89	50.9	
	10	SP-SM	A-3(0)	17.7		2.68	80.8	
El rosario	11	SW	A-1-a	1.7	12.55	1.31	99	
	12	SP-SM	A-3(0)	0.43		1.78	98	
	13	SP-SM	A-3(0)	1.9		0.68	100	
	14	SW	A-1-a	2.7		0.81	100	
	15	SW	A-1-a	2.4		1.32	99	
Pariña chico	16	CL	A-6	9.12	16.67	3.21	71	
	17	CL-ML	A-4(4)	8.33		3.89	50.8	
	18	SM	A-4	7.19		2.46	89	
	19	SC	A-6	9.77		4.21	49	
	20	CL-ML	A-4(4)	7.87		3.51	65.7	
Los piscontes	21	CL-ML	A-4(4)	5.77	15.99	2.01	98	
	22	CL	A-6	1.77		1.77	99	
	23	SC	A-6	1.56		3.55	60.2	
	24	SM	A-4	2.65		1.11	99	
	25	SM	A-4	5.21		0.62	100	
La salcedo	26	SM	A-4	2.48	11.88	1.44	99	
	27	SC	A-6	5.31		0.95	100	
	28	SP-SM	A-3(0)	1.07		0.83	100	
	29	SM	A-4	7.32		2.46	91	
	30	SC	A-6	4.9		3.06	75.6	
Tayamana	31	CL	A-6	3.45	17.45	4.77	45.4	
	32	CL-ML	A-4(4)	4.12		5.61	37	
	33	SM	A-4	1.67		3.21	68.4	
	34	SC	A-6	2.69		1.89	97	
	35	CL-ML	A-4(4)	3.88		2.77	90	
Sunampe	36	SC	A-6	2.53	16.82	5.39	40.5	
	37	SC	A-6	2.91		6.45	31.1	
	38	SM	A-4	3.18		4.21	50.3	
	39	SM	A-4	4.23		3.9	55.3	
	40	SM	A-4	2.67		3.4	70.2	

Cuadro 4.8: Muestra datos de ensayos del Distrito de Pueblo Nuevo

Tabla resultados N° 8								
Distrito: PUEBLO NUEVO								
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		HUM.	O.C.H.	N	CBR molde	Observ.
	N	SUCS	AASHTO	NAT.		mm/golpe	inalterado	
Cercado	1	SP	A-3(0)	1.2	11.68	10	19.4	
	2	SP	A-3(0)	0.86		10.4	16.3	
	3	SP-SM	A-3(0)	1.43		9.7	20.5	
	4	SP	A-3(0)	1.02		8.4	25.7	
	5	SP-SM	A-3(0)	2.1		10.77	19.9	
Chulpaca	6	SW	A-1-a	3.4	12.66	11.4	17.7	
	7	SW	A-1-a	2.7		9.33	22.2	
	8	SW-SM	A-1-a	4.1		12.78	15.1	
	9	SP	A-3(0)	2.9		9.45	21.9	
	10	SP	A-3(0)	1.5		10.55	18.7	
Callejón	11	SM	A-4	0.9	17.54	8.44	24.4	
	12	CL	A-4	1.73		5	46.2	
	13	ML	A-6	2.27		4.22	52.2	
	14	ML-CL	A-6	4.7		3.12	73	
	15	ML-CL	A-6	5.3		5.98	36	
Chaype	16	CL	A-6	2.7	16.33	4.66	50.6	
	17	SC	A-6	2.55		3.98	55.5	
	18	ML-CL	A-6	3.21		6.43	34.4	
	19	SM	A-4	1.78		5.55	38.2	
	20	CL	A-6	2.44		7.45	24.4	
Yajasi	21	SM	A-4	0.75	15,67	3.66	58.6	
	22	SM	A-4	3.2		4.78	44.4	
	23	SC-SL	A-6	1.16		6.77	30.3	
	24	ML	A-2-4	2.71		7.56	26.5	
	25	SC-SL	A-6	5.35		6.48	34	
Pongo chico	26	ML-CL	A-6	2.45	17.45	7.51	29	
	27	ML-CL	A-6	4.6		5.34	38	
	28	ML	A-2-4	3.5		4.99	45	
	29	SC	A-6	6.3		3.55	65.8	
	30	SC	A-6	5.3		7.55	26.6	
Pariña grande	31	SC	A-6	2.55	16.9	5.1	40	
	32	ML-CL	A-6	2.1		6.77	30.2	
	33	ML-CL	A-6	1.8		5.33	40.1	
	34	CL	A-7	0.69		4.86	40.2	
	35	CL	A-7	1.52		6.47	33	
Pongo grande	36	SP-SM	A-3(0)	1.45	13.55	6.34	34	
	37	SM-SC	A-2-6	2.66		9.59	20.4	
	38	SM-SC	A-2-6	3.21		10.36	20.8	
	39	SM	A-4	1.45		11.88	16	
	40	SM	A-4	1.55		12.42	15	

Cuadro 4.9: Muestra datos de ensayos del Distrito de Pachacutec.

Tabla resultados N° 9								
Distrito: PACHACUTEC								
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		HUM.	O.C.H.	N	CBR molde	Observ.
	N	SUCS	AASHTO	NAT.		mm/golpe	inalterado	
Cercado	1	SP	A-3(0)	2.55	12.97	11.34	15	
	2	SP-SM	A-3(0)	3.41		10.3	18.8	
	3	SP	A-3(0)	1.44		9.22	20.7	
	4	SP-SM	A-3(0)	1.79		8.98	22.2	
	5	SP-SM	A-3(0)	1.02		6.79	25.5	
Los mendozas	6	SP	A-3(0)	2.8	13.56	10.88	18.4	
	7	SP	A-3(0)	2.75		12.45	15.5	
	8	SP	A-3(0)	3.5		10.48	18.3	
	9	SP	A-3(0)	1.58		13.9	12.1	
	10	SP-SM	A-1-b	3.91		12.48	15.4	
San Antonio	11	SP-SM	A-1-b	2.21	11.47	9.01	24	
	12	SC	A-6	6.78		6.42	33.3	
	13	SM	A-4	5.32		7.12	30.4	
	14	SM	A-4	1.4		4.51	50	
	15	SC	A-6	4.67		3.77	60.2	
El siete	16	SP-SM	A-1-b	2.61	13.97	8.46	24.1	
	17	SM	A-4	3.19		8.54	23.9	
	18	SC	A-6	2.42		11.76	15.2	
	19	SP-SM	A-1-b	1.09		12.34	13.4	
	20	SM	A-4	3.82		9.62	23.8	
El palto	21	SP-SM	A-1-b	2.17		8.31	28	
	22	SC	A-6	5.33	16.41	5.44	30.5	
	23	SM	A-4	3.77		4.87	42.4	
	24	ML-CL	A-6	1.11		3.28	70.5	
	25	SM	A-4	3.64		6.29	35.8	
San Pedro	26	SM	A-4	5.32	14.36	4.55	40.7	
	27	SP	A-3(0)	2.16		5.65	40.9	
	28	SP	A-3(0)	2.77		3.27	70	
	29	SM-SC	A-2-6	3.56		6.37	34.4	
	30	SC	A-6	1.09		5.73	36.1	
La selva	31	SC	A-6	3.44	15.49	4.34	50.1	
	32	SM	A-4	3.89		2.98	80.9	
	33	SP	A-3(0)	6.71		9.35	20.3	
	34	SP	A-3(0)	2.3		10.63	18.2	
	35	SP-SM	A-1-b	1.68		13.42	12.4	
Atalaya	36	SP-SM	A-1-b	1.29	12.67	10.64	18.8	
	37	SM	A-4	3.36		4.77	45.1	
	38	SP	A-3(0)	2.54		3.63	60.1	
	39	SC	A-6	1.49		2.7	80.8	
	40	SP	A-3(0)	2.04		5.95	35	

Cuadro 4.10: Muestra datos de ensayos del Distrito de Tate.

Tabla resultados Tabla N° 10								
Distrito: TATE								
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		HUM.	O.C.H.	N	CBR molde inalterado	Observ.
	N	SUCS	AASHTO	NAT.		mm/golpe		
Cercado	1	SW	A-1-a	3.5	9.45	8	25	
	2	SP	A-3(0)	4.3		11.36	15	
	3	SW	A-1-a	2.8		10.31	20.2	
	4	SW	A-1-a	2.5		10.12	19.9	
	5	SP-SM	A-1-a	1.89		5.67	38	
Calderones	6	SP-SM	A-1-a	2.56	15.35	5.23	40.1	
	7	SP	A-3(0)	3.56		9.47	20.9	
	8	SM-SC	A-2-6	4.87		6.78	29	
	9	SP	A-3(0)	3.68		4.12	55.6	
	10	SP-SM	A-1-a	5.78		3.87	62	
Santa rosa	11	SP	A-3(0)	3.45	13.41	2.65	84.9	
	12	SC	A-6	3.88		3.11	66.8	
	13	SP	A-3(0)	2.52		4.78	48.7	
	14	SM	A-4	4.89		5.61	40.2	
	15	SM	A-4	6.3		6.88	30	
Puno	16	SC	A-6	4.21	16.87	4.78	45.6	
	17	ML-CL	A-6	2.22		5.76	36.4	
	18	ML-CL	A-6	2.52		6.38	33.1	
	19	CL	A-6(8)	1.78		4.69	50	
	20	SM	A-4	1.96		5.86	35.5	
Los Mallmas	21	SC	A-6	3.51	15.12	5.26	40.5	
	22	SP	A-3(0)	3.82		3.47	70	
	23	SP-SM	A-1-a	2.47		4.47	46.5	
	24	SP	A-3(0)	3.45		5.99	35.7	
	25	SP	A-3(0)	3.29		6.02	34.4	
Lujaraja	26	SM	A-4	1.66	13.25	2.65	80.6	
	27	SM	A-4	2.09		3.1	70	
	28	SC	A-6	3.87		4.23	50	
	29	SC	A-6	3.12		3.77	64.4	
	30	ML-CL	A-6	4.68		4.35	54	
La capilla	31	SM-SC	A-2-6	1.77	14.18	2.51	90	
	32	SC	A-6	2.9		6.45	32.2	
	33	SM	A-4	1.46		4.78	44.4	
	34	SM	A-4	1.04		1.99	98	
	35	SP-SM	A-1-a	2.56		2.58	97	
San Cayetano	36	SM-SC	A-2-6	4.37	12.49	5.5	40	
	37	SP	A-3(0)	5.32		6.39	33.5	
	38	SM	A-4	3.19		3.5	61	
	39	SP	A-3(0)	2.93		2.66	85	
	40	SP	A-3(0)	3.01		3.74	60.2	

Cuadro 4.11: Muestra datos de ensayos del Distrito de Santiago.

Tabla resultados N° 11								
Distrito: SANTIAGO								
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		HUM.	O.C.H.	N	CBR molde	Observ.
	N	SUCS	AASHTO	NAT.		mm/golpe	inalterado	
Cercado	1	SP	A-3	1.6	14.4	9.12	20	
	2	SP-SM	A-1-a	2.3		8.14	26.7	
	3	SP-SM	A-1-a	1.9		10.87	17.4	
	4	SM	A-4	2.5		4.85	44.9	
	5	SM	A-4	3.41		5.47	38.2	
Los Mayuris	6	SC	A-6	4.7	17.4	6.85	30.6	
	7	SC	A-6	5.89		7.34	27	
	8	SP-SM	A-1-a	4.12		6.25	30	
	9	SC	A-6	2.4		5.87	35.4	
	10	ML-CL	A-6	3.12		4.95	45.6	
Casa blanca	11	SM	A-4	1.9	16.21	2.88	80	
	12	CL	A-6(7)	1.57		4.96	42	
	13	SM	A-4	1.23		9.31	19.4	
	14	SC	A-6	2.56		7.49	25	
	15	SM	A-4	2.01		3.67	55	
S margarita	16	SP-SM	A-1-a	4.03	13.72	6.74	30.6	
	17	CL	A-6(8)	5.87		5.03	40.1	
	18	ML-CL	A-6	4.32		4.88	45.2	
	19	SC	A-6	2.98		7.01	30	
	20	SM	A-4	2.67		6.48	33	
S dominguita	21	SM	A-4	4.62	12.77	5.92	35	
	22	SP-SM	A-1-a	3.56		3.88	50.4	
	23	SP-SM	A-1-a	1.7		6.12	36.4	
	24	SC	A-6	2.44		5.29	40	
	25	SM-SC	A-2-6	3.27		4.32	46.6	
Venta baja	26	ML-CL	A-6	2.43	16.33	4.65	45	
	27	SM	A-4	1.87		6.11	35.5	
	28	SM	A-4	3.56		5.2	40.2	
	29	SC	A-6	4.5		6.74	29	
	30	SP-SM	A-1-a	2.37		4.85	43	
Huanaco	31	CL	A-6(10)	3.56		4.12	55.1	
	32	SC-SL	A-6	2.31	15.47	5.92	30.2	
	33	SM-SC	A-2-6	2.45		3.1	70.6	
	34	SM	A-4	4.67		2.15	97	
	35	SM	A-4	3.59		8.05	25	
Castellano	36	SC	A-6	6.72	14.18	9.45	20	
	37	SC	A-6	2.95		5.26	40.6	
	38	SC-SL	A-6	3.42		6.14	37	
	39	SP-SM	A-1-a	1.96		4.37	45.2	
	40	SP	A-3(0)	1.58		4.02	55	

Cuadro 4.12: Muestra datos de ensayos en el cercado de Ica

Tabla resultados N° 12								
Distrito: CERCADO DE ICA								
LUGAR	PUNTO N	CLASIFICACION		HUM. NAT.	O.C.H.	N mm/golpe	CBR molde inalterado	Observ.
		SUCS	AASHTO					
Santa maria	1	SP	A-3(0)	1.78	13.6	8.33	25.4	
	2	SP	A-3(0)	1.05		10.9	18.52	
	3	SP	A-3(0)	1.32		9.2	23	
	4	SP-SM	A-3(0)	0.87		8.36	27.6	
	5	SP	A-3(0)	1.02		11.31	16	
León arechua	6	SM	A-2-4(0)	2.07	14.8	4.39	50.6	
	7	SM	A-2-4(0)	2.23		4.2	52.8	
	8	SP-SM	A-3(0)	1.46		5.7	40.7	
	9	SM	A-2-4(0)	1.56		5	46.7	
	10	SM	A-2-4(0)	2.9		6.37	31.5	
Chuacachina	11	SP	A-3(0)	1.9	13.4	6.39	33.6	
	12	SP-SM	A-3(0)	1.75		4.28	55.6	
	13	SP	A-3(0)	1.53		3.77	64.9	
	14	SM	A-2-4(0)	2.68		2.55	88	
	15	SM	A-4	3.1		6	40.2	
Cachiche	16	SM	A-2-4(0)	2.66	16.4	5.65	34	
	17	SM	A-2-4(0)	2.52		4.33	48	
	18	ML-CL	A-6	3.19		4.1	57	
	19	SM	A-4	1.06		6.23	34	
	20	SM	A-2-4(0)	1.88		3.2	69	
Sato Domingo	21	SM	A-2-4(0)	2.47	15.8	4.7	50.8	
	22	SM	A-2-4(0)	0.41		6.9	32	
	23	SM	A-4	2.66		5.2	44.6	
	24	SM	A-2-4(0)	3.07		6.34	36.7	
	25	SM	A-2-4(0)	0.98		4.26	48	
San Joaquin	26	SP	A-3(0)	0.42	12.6	3.62	65.1	
	27	SP	A-3(0)	0.91		10.3	18	
	28	SP-SM	A-3(0)	1.47		8.58	25.6	
	29	SM-SC	A-2-6	1.25		9.31	24.7	
	30	ML-CL	A-6	2.4		5.6	40	
La victoria	31	SC	A-6	0.68	16.21	4.88	44.8	
	32	SM	A-4	3.68		5.65	39.52	
	33	ML-CL	A-6	2.58		5.1	46.8	
	34	ML-CL	A-6	4.23		3.8	64	
	35	SM	A-4	5.17		4.41	48.52	
Comatrana	36	SP	A-3(0)	0.97	13.51	9.78	19.3	
	37	SP-SM	A-3(0)	0.78		10.59	16.5	
	38	SP-SM	A-3(0)	1.03		12.2	15.6	
	39	SP	A-3(0)	1.73		10.32	17.54	
	40	SP	A-3(0)	1.52		11.36	18.66	

## CAPITULO V CORRELACION Y ANALISIS DE VARIABLES

### 5.1.0 CORRELACION DE VARIABLES

Las investigaciones sobre aplicación del Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) en el mundo no ha parado aun que ha sido normalizado ya por una institución seria como ASTM tomando como base la investigación realizada por el Cuerpo de Ingenieros de USA, existe la idea de que los materiales (tipo de suelo), los factores locales de suelo, de clima y la manera de encarar la investigación influyen mucho en los resultados para obtener las ecuaciones de correlación entre el CBR in situ y el PDC, tal vez sea por eso que de todas partes del mundo se reporta investigación sobre este equipo y se observa las diversas correlaciones obtenidas en cada investigación(en la tabla siguiente se anota algunas ecuaciones conocidas)

Cuadro 5.1: Muestra resumen de ecuaciones en diversas investigaciones

Relación de variable DCP, N (mm/GOLPE) con CBR	Ecuación	Autor/Autores	Observaciones
Valor de Soporte California (CBR %)	$CBR = \frac{249}{DCP^{1.1284}}$	Tupia Córdova Carlos 2001 Peru Jorge Alva Hurtado 2001 Peru	Apta para todo tipo de suelos (granulares y cohesivos).
Valor de Soporte California (CBR %)	$CBR = \frac{438}{DCP^{1.284}}$	Van Vuren (1968), Kleyn (1975),	Apta para todo tipo de suelos (granulares y cohesivos).
Valor de Soporte California (CBR %)	$CBR = \frac{292}{DCP^{1.12}}$	Livneh e Ishai (1992) y Siekmeier (1999).	Apta para todo tipo de suelos (granulares y cohesivos).
Valor de Soporte California (%)	$\text{Log}(CBR) = 2,317 - 0,858 \text{Log}(DCP)$	Transport Road Research TRRL (1986).	Apta para todo tipo de suelos.
Valor de Soporte California (CBR %)	$CBR = \frac{292}{DCP^{1.12}}$	Cuerpo de Ingenieros USA Webster S.L. et al.(1994).	Apta para todo tipo de suelos (granulares y cohesivos).
Valor de Soporte California (%)	$CBR = \frac{1}{0.002871 * DCP}$	Cuerpo de Ingenieros USA Webster S.L. et al.(1994).	Para suelos CH.

Valor de Soporte California (%)	$CBR = \frac{1}{0.017019 * DCP}$	Cuerpo de Ingenieros USA Webster S.L. et al. (1994).	Para suelos CL con CBR < 10 %.
Valor de Soporte California (%)	$\text{Log (CBR)} = 2,2-0,71 \text{ Log(DCP)}^{1.5}$	Liben 1987	Todo suelo
Valor de Soporte California (%)	$\text{Log (CBR)} = 2,56-1,16 \text{ Log(DCP)}$	Harrison 1980	Suelos arcillosos
Valor de Soporte California (%)	$CBR = 0,24PDC^3-3,22PDC^2 + 13,20PDC - 3,15$ $CBR = 0,10PDC^2-1,60PDC + 18,82$	Lucía Paucar Naranjo Ecuador 2011	Suelo areno limoso SM  Suelo limo inorgánico ML
Valor de Soporte California (%)	$CBR = \frac{398.11}{DCP^{1.26}}$	Jorge Yela Ortiz Guatemala 1999	Todo suelo
Valor de Soporte California (%)	$(PDC) = -30.042 \text{Ln(CBR)} + 87.034$ $(PDC) = -11.615 \text{Ln(CBR)} + 56.523$	- Martínez Becerra, Nikolai Espartaco. - Arista Severino, Melissa Evelyn. - Anglas Schmidt, Jessica U Federico Villareal Perú	Suelo fino  Suelo granular
Valor de Soporte California (%)	$CBR = \frac{242}{DCP^{0.975}}$	Fabiana Viscarra Agreda Bolivia 2006	Suelo granular

## 5.2.0 ECUACIONES DE CORRELACION

De los trabajos de aplicación del Penetrometro Dinámico de Cono (PDC) que se ha realizado en cada Distrito de la Provincia de Ica, tenemos consignados algunos datos en las tablas respectivas, los que han permitido calcular para cada Distrito una ecuación de relación de PDC y CBR in situ (le llamamos su ecuación) también se ha obtenido una ecuación con la participación de los datos de todos los Distritos juntos (le llamamos ecuación general de la Provincia).

Se ha utilizado Excel para desarrollar la correlación entre las variables indicadas, teniendo la posibilidad de ajustar el diagrama de dispersión de puntos a varios tipos de curvas, pero la tendencia que más se ajusta a la concentración de puntos en la mayoría de casos es la de tipo potencial, solo en uno de los distritos la tendencia de la nube de datos dispersos es de una recta, se ha tenido el cuidado de observar el

coeficiente de correlación aplicando el criterio de seleccionar el tipo de curva que genera el coeficiente mas cercano a 1.0

Las curva y las ecuaciones por Distrito refleja la variación de resistencia CBR de acuerdo al tipo de terreno y condiciones locales en el que se realiza los ensayos, cada Distrito tiene un tipo de terreno predominante diferente al otro esto por ejemplo los Distritos de Salas y Subtanjalla muestran un predominio de suelo de arena eólica, en los Distritos de Los Molinos y Parcona el suelo predominante es del tipo granular gravoso (en el cercado), en Los Aquijes el suelo predominante es del tipo agrícola limo arenoso, limo arcilloso, esta diversidad que se observa realmente en los suelos de cada Distrito se ha reflejado en los resultados generándose para cada Distrito una ecuación diferente, observando la tabla de ecuaciones generadas en la diversas investigaciones en el mundo sobre el tema, vemos que nuestras ecuaciones están dentro del rango de resultados ya presentados, algunas de las investigaciones que muestra sus ecuaciones de correlación también han notado esta variación en resultados sobre un suelo fino y un suelo granular, obligándose así a la presentación de varias formulas tomando en cuenta el tipo de suelo como en el caso del Cuerpo de Ingenieros de USA.

### ECUACION DEL DISTRITO DE SALAS

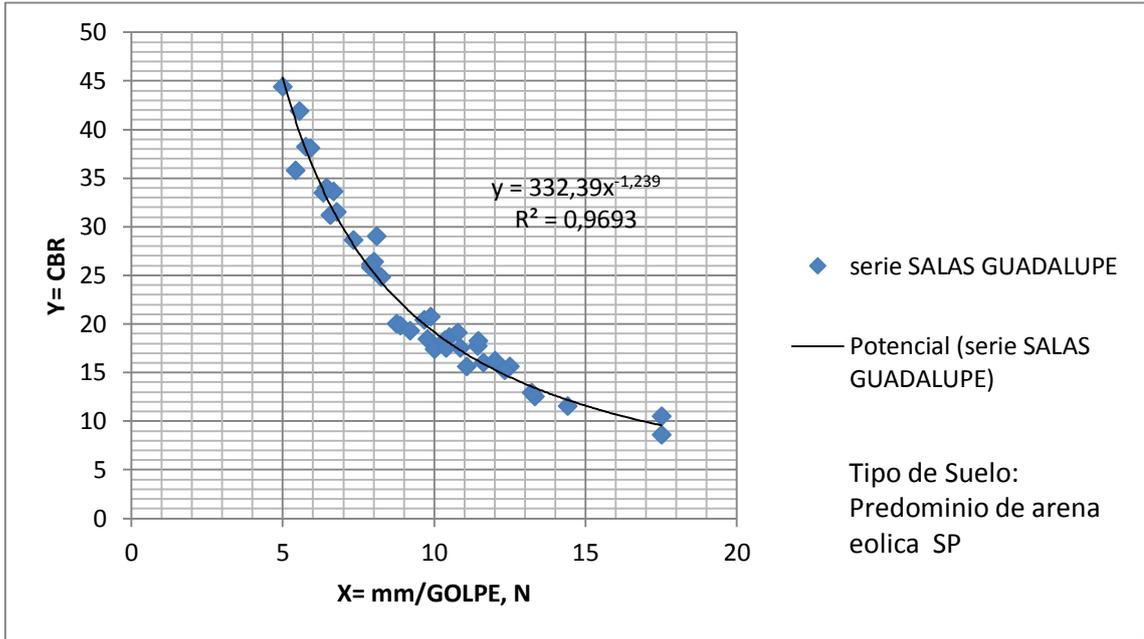


Figura 5.1: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Salas

### ECUACION DEL DISTRITO DE SUBTANJALLA

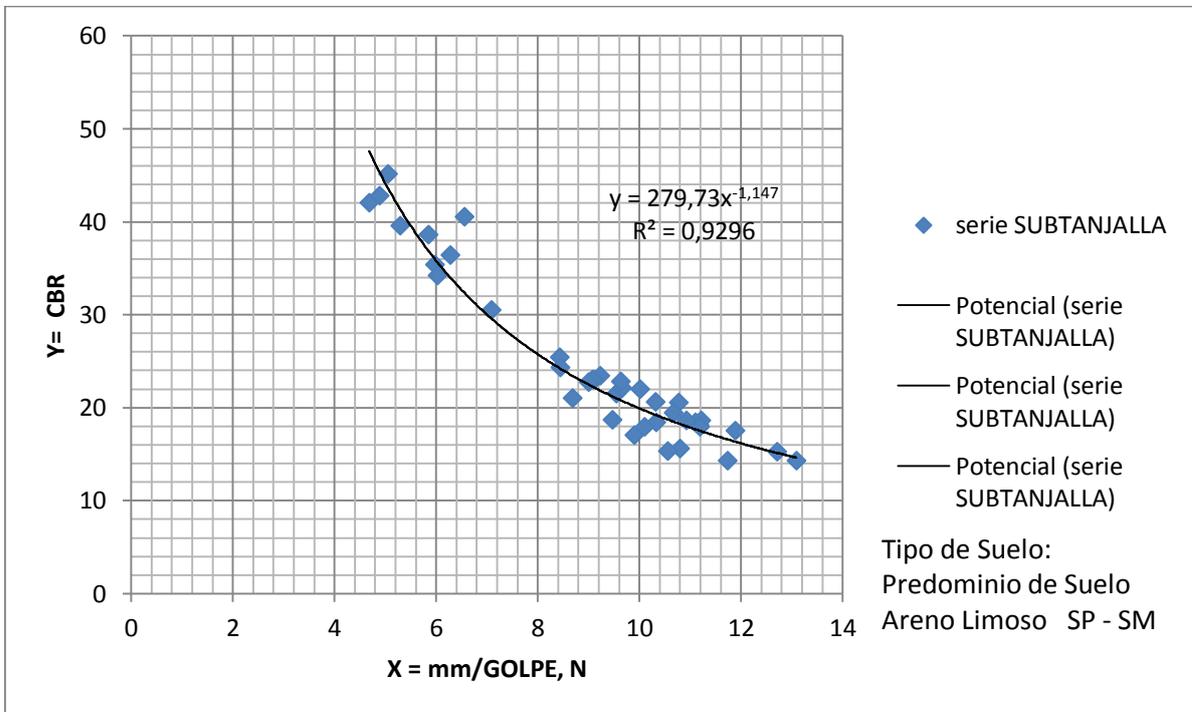


Figura 5.2: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Subtanjalla

### ECUACION DEL DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA

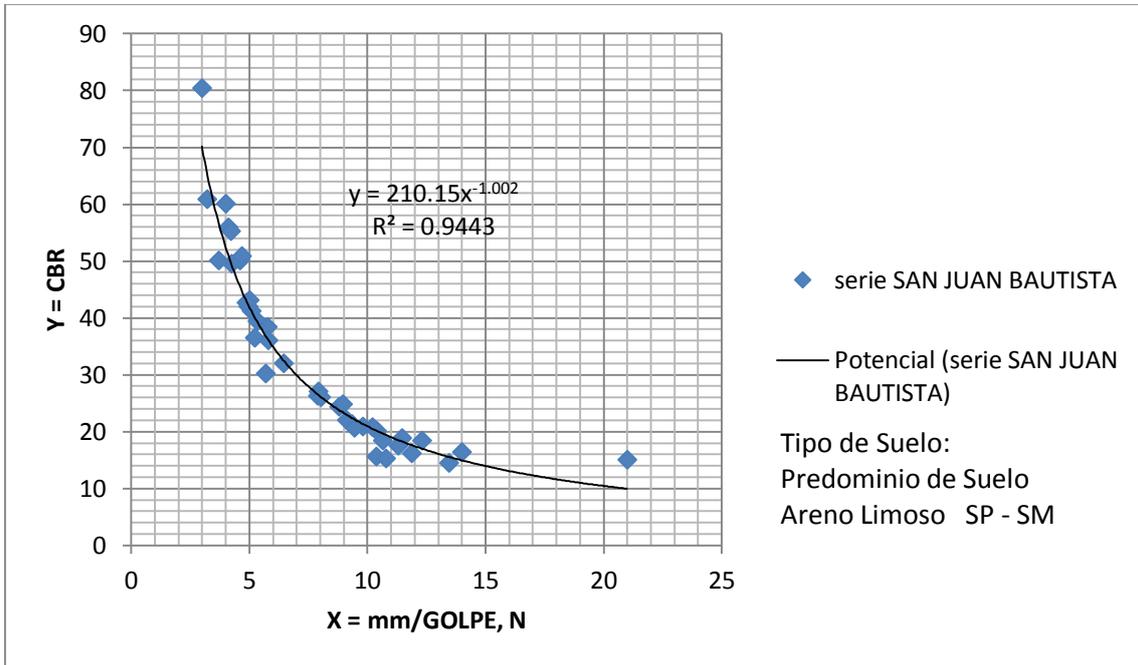


Figura 5.3: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de San Juan Bautista.

### ECUACION DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE LOS MOLINOS

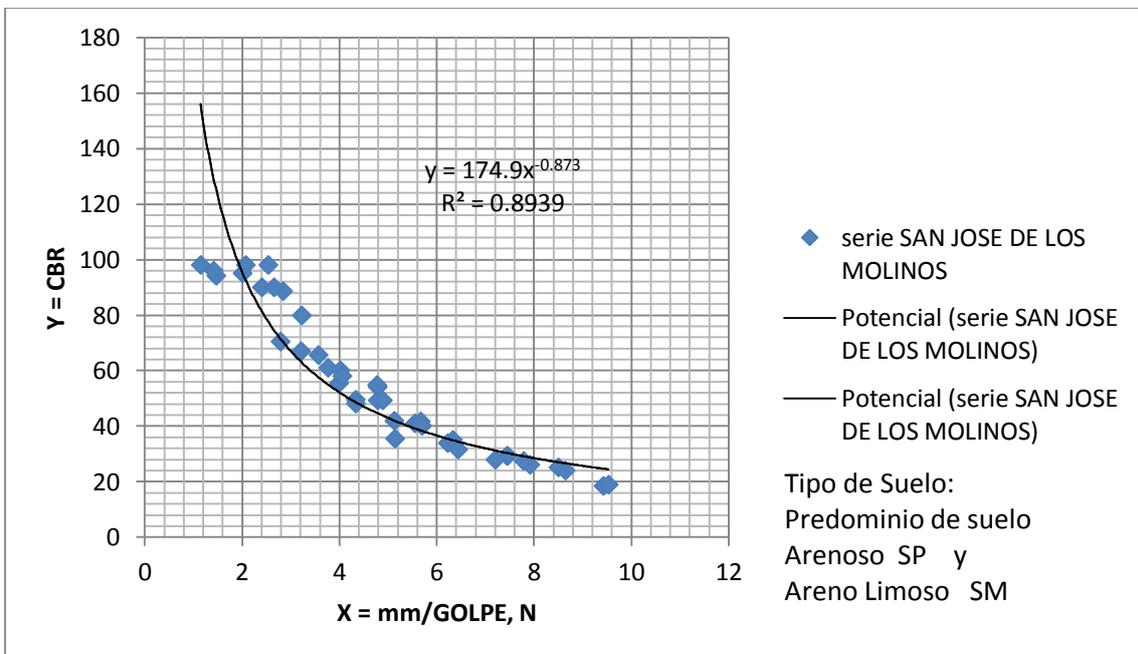


Figura 5.4: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de San José de los Molinos

## ECUACION DEL DISTRITO DE LA TINGUIÑA

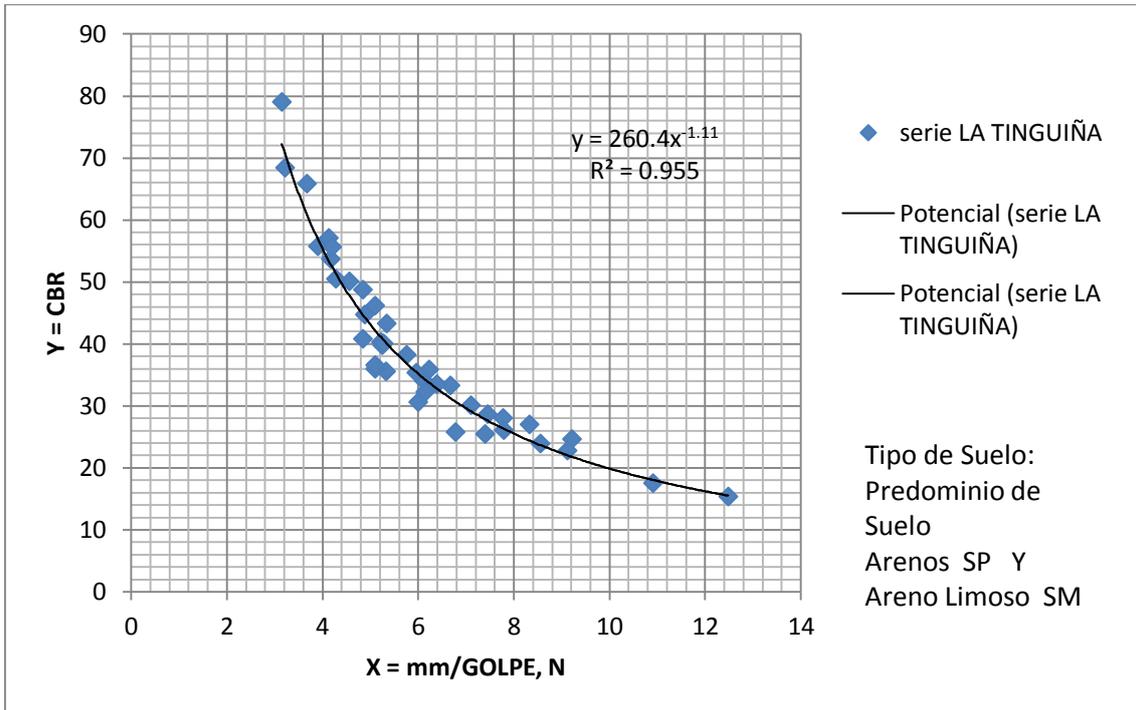


Figura 5.5: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de La Tinguña

## ECUACION DEL DISTRITO DE PARCONA

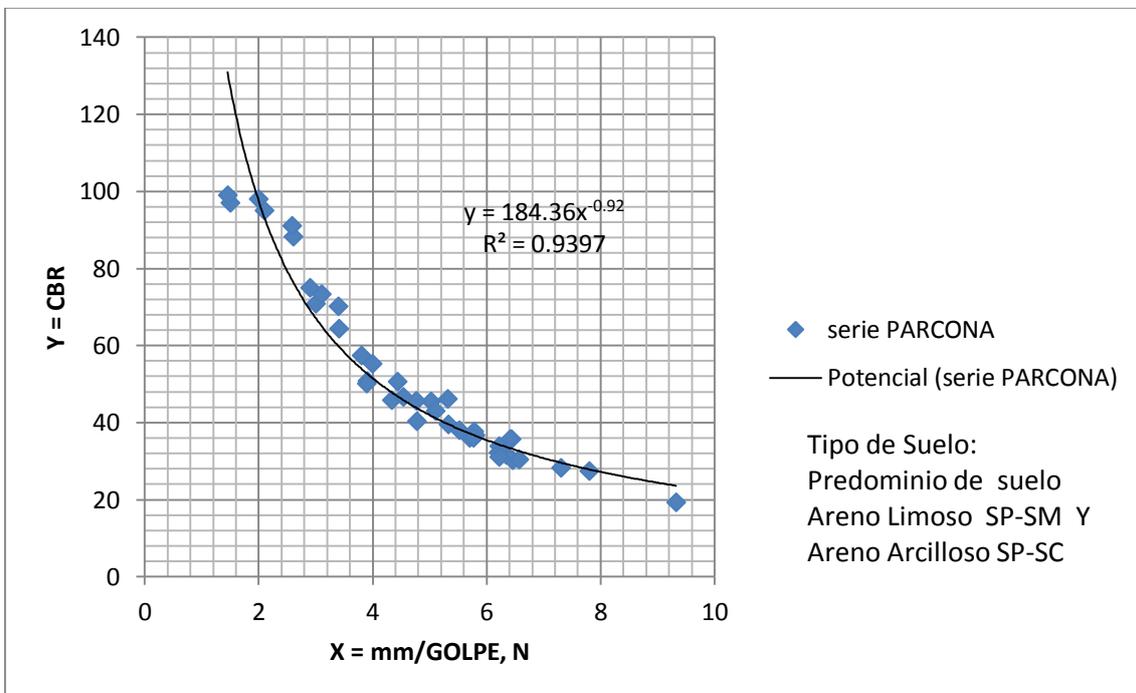


Figura 5.6: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Parcona

## ECUACION DEL DISTRITO DE LOS AQUIJES

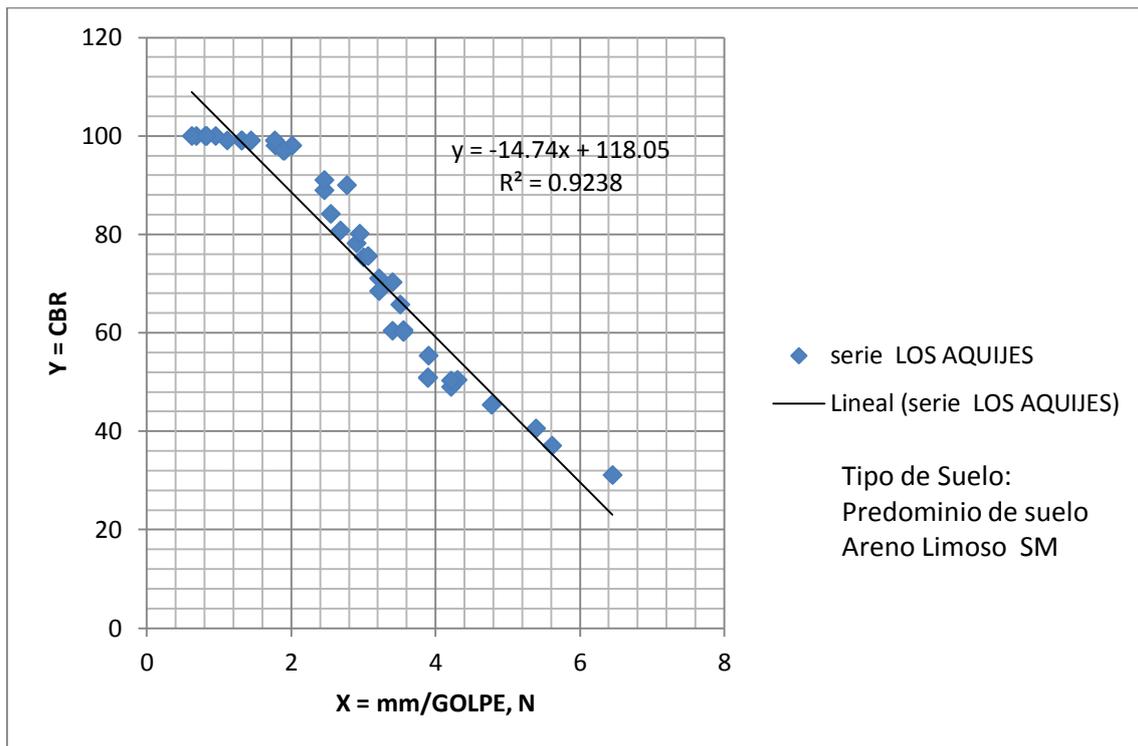


Figura 5.7: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Los Aquijes

## ECUACION DEL DISTRITO DE PUEBLO NUEVO

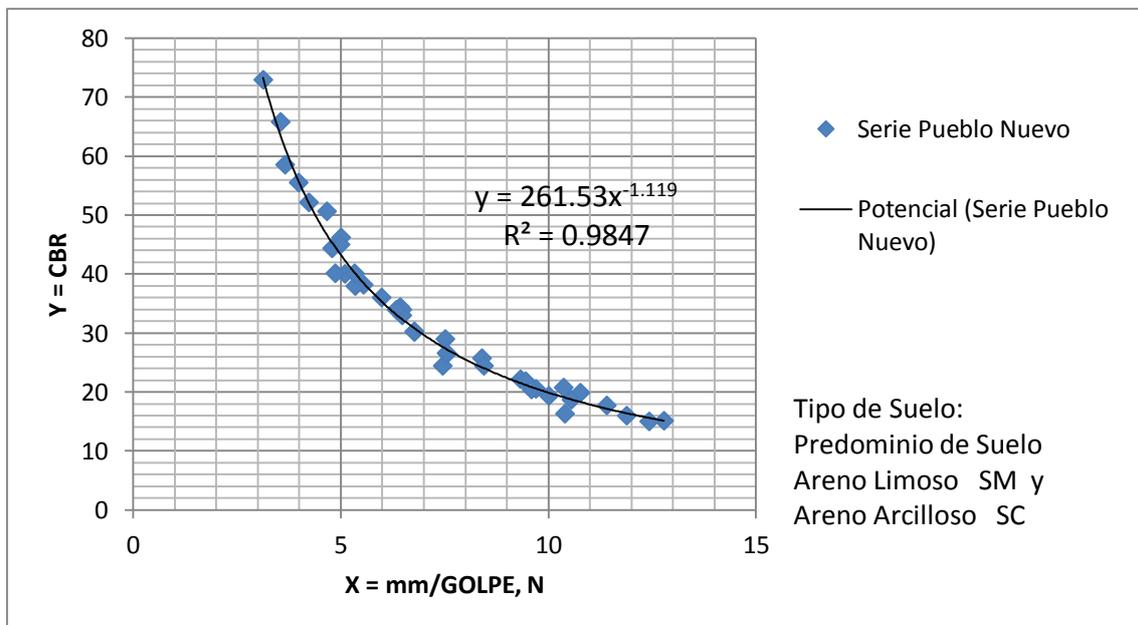


Figura 5.8: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Pueblo Nuevo

## ECUACION DEL DISTRITO DE PACHACUTEC

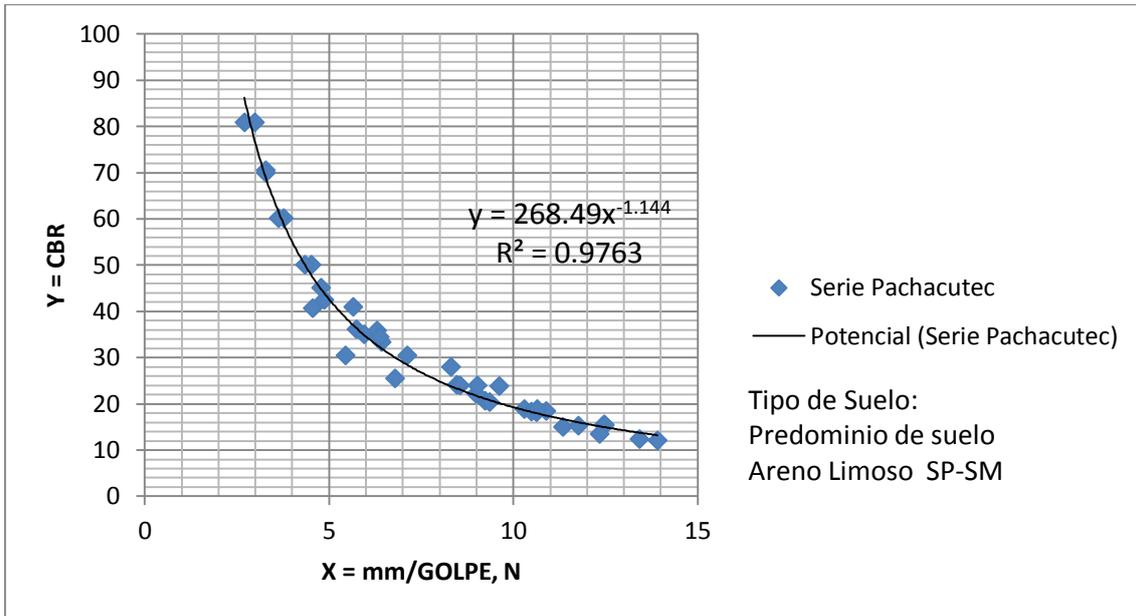


Figura 5.9: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Pachacutec

## ECUACION DEL DISTRITO DE TATE

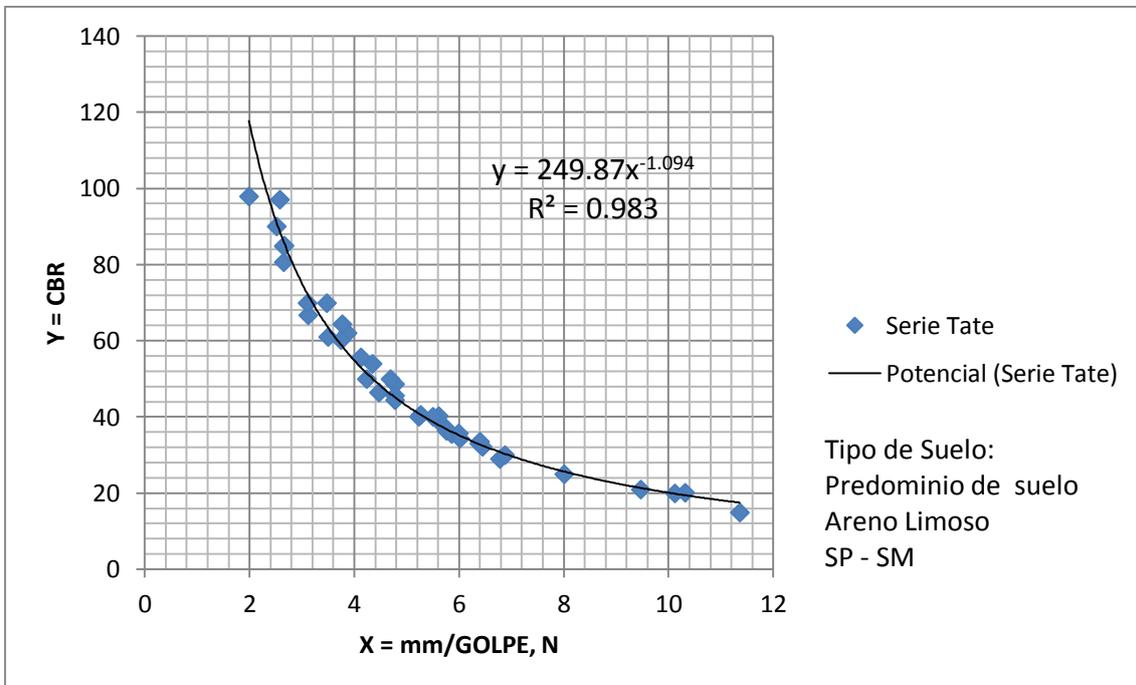


Figura 5.10: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Tate

## ECUACION DEL DISTRITO DE SANTIAGO

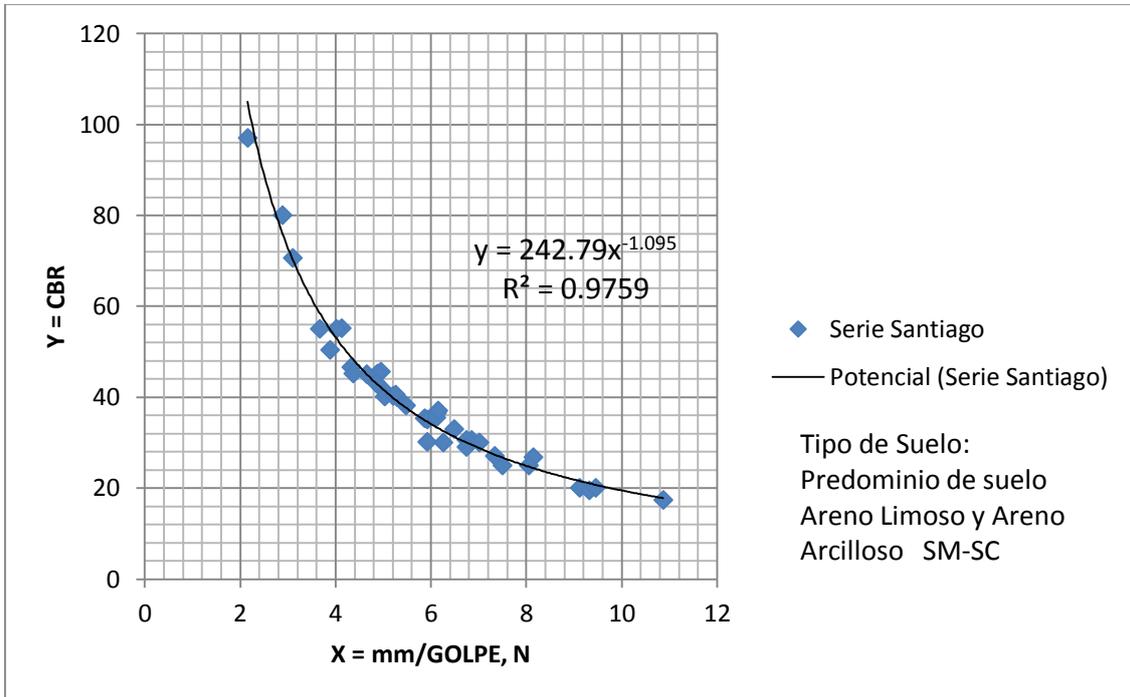


Figura 5.11: Muestra curva y ecuación de correlación del Distrito de Santiago

## ECUACION DEL CERCADO ICA

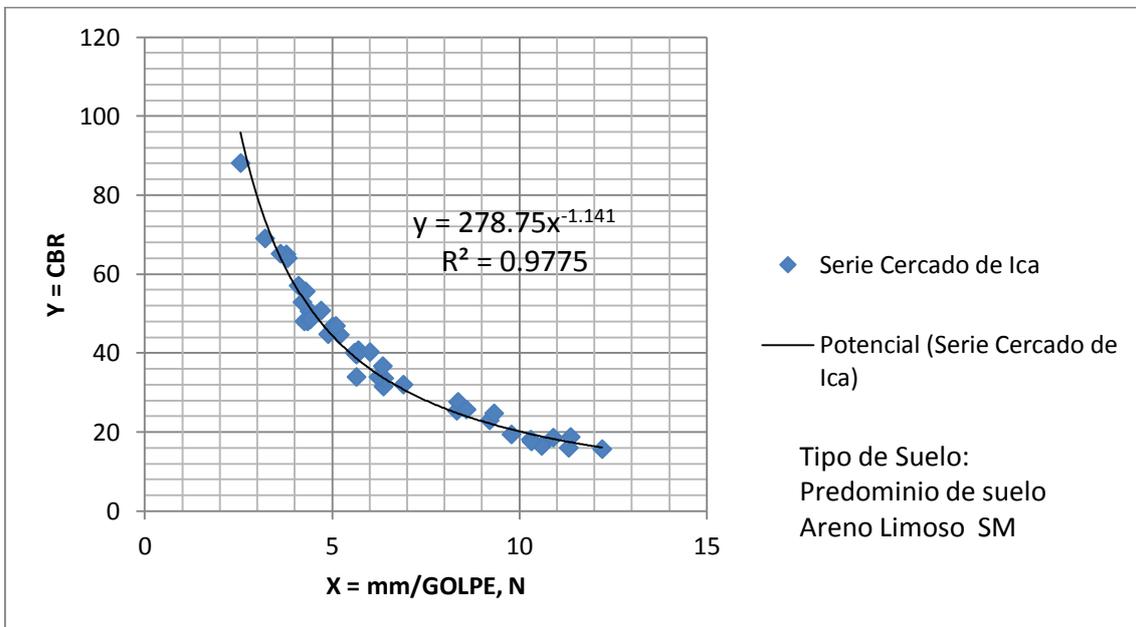


Figura 5.12: Muestra curva y ecuación de correlación del Cercado de Ica

## ECUACION GENERAL DELA PROVINCIA DE ICA

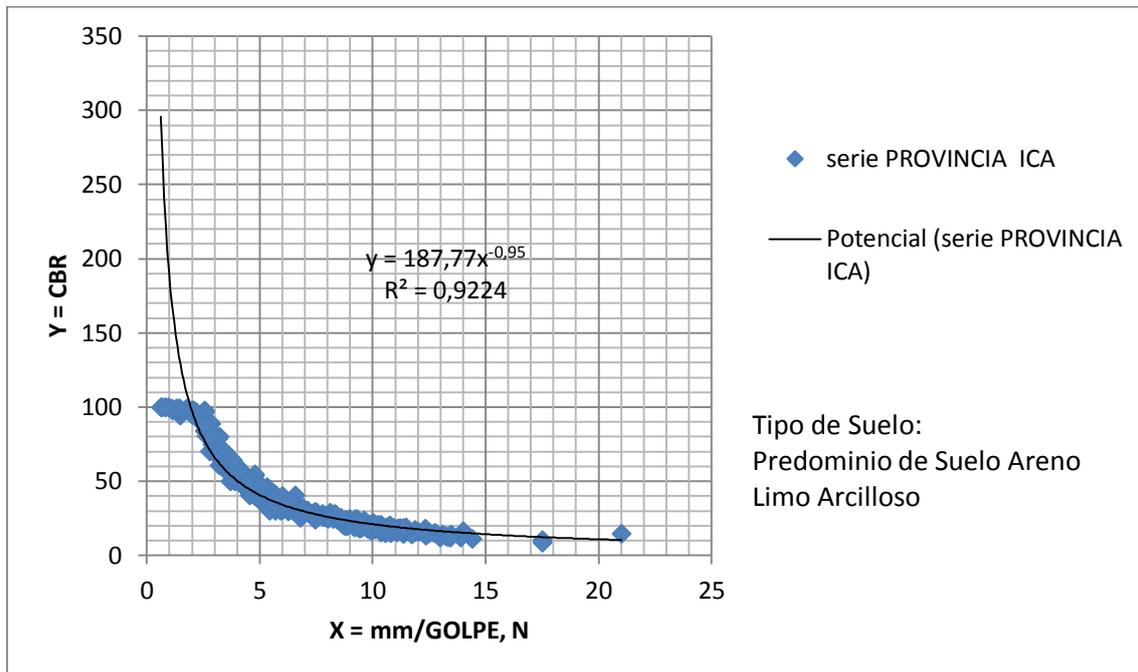


Figura 5.13: Muestra curva y ecuación de correlación de la Provincia de Ica

Se ha obtenido una ecuación general de la provincia de Ica, así denominado en el que participan los datos de ensayos realizados en todos los distritos estudiados, se aprecia como los resultados locales para un distrito muestra una diferencia apreciable en las características de la curva y las ecuaciones que se forman, entonces se puede afirmar que el predominio del tipo de suelo (en función a sus resistencias mostrados a través de sus ensayos tanto de CBR como de PDC) se expresa en la ecuación de correlación y esta aleja los valores de resultados para grupos de suelos diferentes al predominante, lo que sería más conveniente, de lo observado en los resultados por distritos comparado con la fórmula general es que se trabaje con fórmulas diferentes de acuerdo a grupos de suelo con características de granulometría y de cohesión bien diferenciados.

### 5.3.0 ANALISIS DE LA CORRELACION

La consistencia en la correlación generada la brinda los estudios estadísticos de la base de datos generados y estudiados y el análisis de los resultados al aplicar las ecuaciones y formulas que obtenemos, para esta investigación se ha tenido el cuidado de tomar en cuenta y verificar el coeficiente de correlación  $R^2$  factor que resume la relación de una buena tendencia de curva sobre la nube dispersa de datos lo que le da validez a la ecuación que generamos, la estadística indica que cuanto más se acerque a la unidad  $R^2$  más consistencia tiene la tendencia por ende la ecuación que se genere, en el cuadro de resumen se puede observar las diversas ecuaciones y con un coeficiente de correlación bastante fuerte siendo el mínimo valor  $R^2 = 0.8939$  y el más alto valor  $R^2 = 0.9847$ , es la manera como se controló la mejor tendencia, se fue probando entre varias posibles curvas y se observa el coeficiente de correlación el resultado que genera mayor valor de  $R^2$  es la mejor correlación la que se toma como ecuación válida o respuesta.

Con estas ecuaciones generadas para cada distrito de Ica se ha calculado el valor de CBR in situ que se anota en la columna con denominación "calculado según su ecuación" se observa en algunos valores un fuerte acercamiento (depende de  $R^2$ ).

También se trabajó una "ecuación general" con la participación de todos los datos estudiados (todos los distritos) para observar la cercanía a los verdaderos valores medidos en laboratorio en equipo CBR, llegando a observarse que la mayor cantidad de datos de determinado tipo de suelo gobierna la tendencia y los datos (tipo de suelo) que participan en menor cantidad mostrara un máximo alejamiento a sus verdaderos valores de CBR, como se puede observar al comparar los cálculos de CBR consignado en las columnas de las tablas de resultados comparativos, en donde se visualiza los valores de CBR in situ medidos en laboratorio con los calculados por las formulas locales (cada distrito) y la formula general con datos de toda la provincia.

Cuadro 5.2: Resumen de ecuaciones por Distrito de la Provincia de Ica

<b>Tabla Resumen de ecuaciones por distritos provincia de Ica</b>			
<b>Distrito</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Relación</b>	<b>Observaciones</b>
SALAS GUADALUPE	$CBR = \frac{332.399}{N^{1.1239}}$	$R^2 = 0.9693$	Tipo de Suelo: Predominio de arena eolica SP
SUBTANJALLA	$CBR = \frac{279.73}{N^{1.147}}$	$R^2 = 0.9296$	Tipo de Suelo: Predominio de Suelo Areno Limoso SP - SM
SAN JUAN BAUTISTA	$CBR = \frac{210.15}{N^{1.002}}$	$R^2 = 0.9443$	Tipo de Suelo: Predominio de Suelo Areno Limoso SP - SM
SAN JOSE DE LOS MOLINOS	$CBR = \frac{174.9}{N^{0.873}}$	$R^2 = 0.8939$	Tipo de Suelo: Predominio de suelo Arenoso SP y Areno Limoso SM
LA TINGUIÑA	$CBR = \frac{260.4}{N^{1.11}}$	$R^2 = 0.955$	Tipo de Suelo: Predominio de Suelo Arenoso SP Y Areno Limoso SM
PARCONA	$CBR = \frac{184.36}{N^{0.92}}$	$R^2 = 0.9397$	Tipo de Suelo: Predominio de suelo Areno Limoso SP-SM Y Areno Arcilloso SP-SC
LOS AQUIJES	$CBR = 14.74 N + 118.05$	$R^2 = 0.9238$	Tipo de Suelo: Predominio de suelo Areno Limoso SM
PUEBLO NUEVO	$CBR = \frac{261.53}{N^{1.119}}$	$R^2 = 0.9847$	Tipo de Suelo: Predominio de Suelo Areno Limoso SM y Areno Arcilloso SC
PACHACUTEC	$CBR = \frac{268.49}{N^{1.144}}$	$R^2 = 0.9763$	Tipo de Suelo: Predominio de suelo Areno Limoso SP-SM
TATE	$CBR = \frac{249.87}{N^{1.094}}$	$R^2 = 0.983$	Tipo de Suelo: Predominio de suelo Areno Limoso SP - SM
SANTIAGO	$CBR = \frac{242.79}{N^{1.095}}$	$R^2 = 0.9759$	Tipo de Suelo: Predominio de suelo Areno Limoso y Areno Arcilloso SM-SC
CERCADO DE ICA	$CBR = \frac{278.75}{N^{1.141}}$	$R^2 = 0.9775$	Tipo de Suelo: Predominio de suelo Areno Limoso SM
CONSOLIDADO PROVINCIA	$CBR = \frac{187.77}{N^{0.95}}$	$R^2 = 0.9224$	Tipo de Suelo: Predominio de Suelo Areno Limo Arcilloso

Cuadro 5.3: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito Salas y Provincia Ica

Tabla resultados comparativos N°1							
Distrito: SALAS GUADALUPE							
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		N mm/golpe	CBR Molde inalterado	CBR calculado por ecuacion del Distrito	CBR según formula general de Provincia
	N	SUCS	AASHTO				
Expansión NSG	1	SP	A-3(0)	8.75	20	29.03600468	23.9176527
	2	SP	A-3(0)	17.5	10.5	13.32322142	12.3805535
	3	SP	A-3(0)	11.63	16	21.08893592	18.2526311
	4	SW	A-2-a(0)	13.33	12.5	18.09102208	16.0338407
	5	SP	A-3(0)	8.87	19.8	28.59488487	23.6101512
	6	SP	A-3(0)	9.77	18.4	25.65176239	21.5390414
	7	SW	A-2-a(0)	12.5	15.6	19.44654912	17.0436142
	8	SP	A-3(0)	10.86	17.5	22.77668775	19.4799515
	9	SP	A-3(0)	12.33	15.2	19.74814497	17.2667771
	10	SP	A-3(0)	10.5	18.6	23.65620393	20.113904
V Rotary	11	SP	A-3(0)	10	17.4	24.98962325	21.0681405
	12	SP	A-3(0)	12	16.2	20.35953741	17.7175645
	13	SW	A-2-a(0)	17.5	8.6	13.32322142	12.3805535
	14	SP	A-3(0)	9.66	20.4	25.98028532	21.7719805
Santa cruz	15	SP	A-3(0)	7.9	25.8	32.56991466	26.3560589
	16	SW	A-2-a(0)	11.43	17.7	21.50411383	18.5559113
	17	SP	A-3(0)	13.22	12.9	18.26029024	16.1605569
	18	SP	A-3(0)	14.4	11.5	16.58731544	14.899848
	19	SP	A-3(0)	10.34	18.3	24.068004	20.4094685
Cerro Prieto	20	SM	A-4	10.4	17.5	23.91200201	20.2975927
	21	SM	A-4	9.2	19.3	27.44470516	22.8048789
	22	SM-SC	A-2-6	5.41	35.8	49.84473625	37.7649405
	23	SM	A-4	6.56	31.2	40.13668347	31.4461556
	24	SM	A-4	7.33	28.6	35.42985308	28.2994132
Collazos	25	SC	A-2-4	8	26.4	32.1127037	26.0429825
	26	SC	A-2-4	4.99	44.4	54.5838928	40.7784475
	27	ML-CL	A-6	6.67	33.6	39.39351047	30.9532791
	28	CL	A-6	5.54	41.9	48.53210002	36.9225706
	29	ML	A-2-4	5.76	38.2	46.45376081	35.5815487
Camino reyes	30	SP	A-3(0)	11.45	18.2	21.46190272	18.5251185
	31	SP	A-3(0)	10.77	19.1	22.9907151	19.6345652
	32	SP	A-3(0)	11.06	15.6	22.31430276	19.1451527
	33	SP	A-3(0)	9.89	20.7	25.30221819	21.2906896
Cercado	34	SM	A-2-4(0)	6.44	34	40.97820042	32.0025535
	35	SM	A-2-4(0)	7.9	26.1	32.56991466	26.3560589
	36	SM	A-2-4(0)	8.1	29	31.66747205	25.7374454
	37	SC	A-6	6.34	33.5	41.70533285	32.481899
	38	SC	A-6	6.77	31.5	38.74013268	30.5187661
	39	SC	A-6	8.25	24.8	31.02109443	25.2926862
	40	SM	A-2-4(0)	5.91	38.1	45.13074875	34.7230687

**Cuadro 5.4: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito Subtanjalla y Provincia de Ica**

Tabla resultados comparativos N°2							
Distrito: SUBTANJALLA							
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		N mm/golpe	CBR Molde inalterado	CBR calculado por ecuacion del Distrito	CBR según formula general de Provincia
	N	SUCS	AASHTO				
El cambio	1	SC	A-6	5.29	39.54	41.39380882	38.5783206
	2	ML-CL	A-6	6.56	40.5	32.34076894	31.4461556
	3	SC	A-6	4.68	42	47.63948433	43.3403731
	4	ML-CL	A-6	5.97	35.4	36.03267359	34.3914583
	5	ML-CL	A-6	6.02	34.2	35.68961556	34.1200406
Fonaviangost	6	SP-SM	A-3(0)	10.33	18.4	19.21170797	20.4282376
	7	SP	A-3(0)	9.54	21.5	21.04733238	22.0320673
	8	SP	A-3(0)	11.21	18.6	17.4920781	18.9017004
	9	SP-SM	A-3(0)	10.77	20.5	18.31418655	19.6345652
	10	SP	A-3(0)	12.71	15.21	15.14551686	16.7759813
Fonavi IV	11	SP	A-3(0)	9.23	23.44	21.86012768	22.7344572
	12	SP	A-3(0)	10.01	22	19.91779043	21.0481453
	13	SP-SM	A-3(0)	9.11	23	22.19072375	23.0188566
	14	SP-SM	A-3(0)	11.1	18.4	17.69104913	19.0796049
	15	SP-SM	A-3(0)	13.09	14.3	14.64229899	16.312989
Tres esquinas	16	SM	A-4	4.88	42.8	45.40686409	41.6511863
	17	ML-CL	A-6	5.84	38.6	36.95417488	35.1183418
	18	ML-CL	A-6	5.05	45.1	43.65799981	40.3180387
	19	SM	A-4	6.28	36.4	34.00003264	32.7766486
	20	SM	A-4	7.09	30.5	29.58338146	29.2087037
Cesar vallejo	21	SP	A-3(0)	8.68	21	23.45616028	24.100856
	22	SP	A-3(0)	11.17	18.1	17.56394449	18.9659976
	23	SP	A-3(0)	9.47	18.7	21.22587584	22.1867519
	24	SP-SM	A-3(0)	9.08	23	22.27483917	23.0911015
	25	SP-SM	A-3(0)	10.8	15.6	18.25584744	19.5827481
Melchorita	26	SW-SM	A-1-b	10.67	19.4	18.51119502	19.8093401
	27	SP-SM	A-3(0)	11.88	17.5	16.36532325	17.8875388
	28	SP	A-3(0)	10.32	20.6	19.23306204	20.4470422
	29	SP	A-3(0)	9.66	22.1	20.74771536	21.7719805
	30	SP	A-3(0)	8.43	25.4	24.25575611	24.7793557
Virgen asunta	31	SP	A-3(0)	9.63	22.8	20.82186824	21.8364097
	32	SP	A-3(0)	11.19	17.9	17.52794235	18.933793
	33	SP	A-3(0)	10.55	15.3	18.75290157	20.023333
	34	SP-SM	A-3(0)	9.9	17	20.17183825	21.2702587
Cercado	35	SP-SM	A-3(0)	8.44	24.3	24.2227953	24.7514634
	36	SP-SM	A-3(0)	9	22.7	22.50209154	23.2860498
	37	SP	A-3(0)	10.1	17.9	19.7143485	20.8699256
	38	SP	A-3(0)	10.92	18.6	18.02592995	19.3782565
	39	SL	A-3(0)	11.73	14.3	16.60558674	18.1047735
	40	SP	A-3(0)	12.98	12.2	14.78471554	16.4442946

Cuadro 5.5: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito San Juan Bautista y Provincia de Ica

Tabla resultados comparativos N°3							
Distrito: SAN JUAN BAUTISTA							
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		N mm/golpe	CBR Molde inalterado	CBR calculado por ecuacion del Distrito	CBR según formula general de Provincia
	N	SUCS	AASHTO				
Cercado	1	SP-S	A-3 (0)	5.08	41.25	41.23385645	40.0918115
	2	SP-SM	A-2-4(0)	5	43.1	41.89492816	40.7009646
	3	SP-S	A-3 (0)	4.96	42	42.23346893	41.0127238
	4	SP-SM	A-2-4(0)	4.1	55.9	51.11165809	49.1452493
	5	SP-SM	A-2-4(0)	4.23	49.5	49.53775789	47.7092794
Longar	6	SM	A-4	5.34	39.4	39.22229979	38.2350808
	7	SC	A-6	6.44	32	32.51065768	32.0025535
	8	ML-CL	A-6	7.92	27	26.42449903	26.292827
	9	SC-SL	A-6	5.77	38.4	36.2936987	35.522963
	10	SM	A-4	4.88	42.6	42.92721689	41.6511863
Alto callao	11	SP	A-3 (0)	9.81	20.9	21.32441122	21.4555993
	12	SP	A-3 (0)	9.34	21.3	22.39968053	22.480019
	13	SP-S	A-3 (0)	13.45	14.5	15.54353035	15.8979101
	14	SP	A-3 (0)	14	16.4	14.93169474	15.3039864
	15	SP	A-3 (0)	21	15	9.946394054	10.4116096
El Carmen	16	SM	A-4	3.7	50.1	56.64887204	54.1794471
	17	SM	A-4	2.99	80.4	70.13048844	66.3343652
	18	ML-CL	A-6	4.61	50.1	45.44656539	43.965329
	19	ML-CL	A-6	5.79	36	36.16808157	35.4063836
	20	ML-CL	A-6	5.21	36.5	40.20295683	39.1408605
El olivo	21	SM	A-4	4.67	50.8	44.86150923	43.428534
	22	SM	A-4	9.13	22	22.91593994	22.9709506
	23	SM	A-4	3.22	60.8	65.11151656	61.8248581
	24	SP-SM	A-3(0)	9.45	20.7	22.13842509	22.2313578
	25	SM	A-4	4.22	55.2	49.65538099	47.8166755
Fonavi III	26	SP-SM	A-3(0)	4	60.1	52.39203687	50.3117258
	27	SP	A-3(0)	12.31	18.4	16.98598848	17.2934266
	28	SP	A-3(0)	10.4	20.1	20.11231157	20.2975927
	29	SP-SM	A-3(0)	11.46	18.9	18.24846788	18.5097614
	30	SP	A-3(0)	10.36	15.6	20.19012089	20.3720362
Fonv. San m	31	SP-SM	A-3(0)	5.69	30.2	36.80500689	35.997269
	32	SP-SM	A-3(0)	10.22	20.8	20.46725483	20.6370614
	33	SP	A-3(0)	11.31	17.5	18.49097725	18.7428976
	34	SP	A-3(0)	8.78	24.4	23.83130854	23.8400091
	35	SP	A-3(0)	7.9	26.3	26.49153046	26.3560589
Limón	36	SP	A-3(0)	10.65	18.4	19.63925854	19.844679
	37	SP-SM	A-3(0)	8.04	26	26.02932065	25.9198784
	38	SP-SM	A-3(0)	11.87	16.2	17.61691155	17.9018545
	39	SP	A-3(0)	8.95	24.8	23.37775016	23.4096178
	40	SP	A-3(0)	10.78	15.2	19.40195067	19.6172616

Cuadro 5.6: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito San Jose de los Molinos y Provincia de Ica

Tabla resultados comparativos N°4							
Distrito: SAN JOSE DE LOS MOLINOS							
LUGAR	PUNTO N	CLASIFICACION		N mm/golpe	CBR Molde inalterado	CBR calculado por ecuacion del Distrito	CBR según formula general de Provincia
		SUCS	AASHTO				
Cercado	1	SP	A-3(0)	8.5	25.1	27.00269353	24.5854537
	2	SP-SM	A-1-a	9.43	18.4	24.66272735	22.2761482
	3	GW	A-1-a(0)	6.22	33.8	35.46588517	33.0769412
	4	SW-SM	A-1-a	2.4	90.1	81.4451815	81.738286
	5	GP-GM	A-1-a	1.46	94.2	125.6926164	131.066286
	6	SP	A-3(0)	3.56	65.6	57.7263318	56.2016037
	7	SP	A-3(0)	4.33	49.5	48.65594098	46.6619307
	8	SW-SM	A-1-a	2	95	95.49719673	97.1958474
	9	GP-GM	A-1-a	1.41	96	129.5750915	135.477773
	10	SP-SM	A-3(0)	8.65	24	26.59345399	24.1802565
Pampa la isla	11	SP	A-3(0)	7.44	29.3	30.33239038	27.9017805
	12	SP-SM	A-1-a	5.55	41	39.17617538	36.859367
	13	SW-SM	A-1-a	7.45	29.4	30.29684349	27.8661998
	14	SM	A-4	5.14	35.4	41.89083398	39.6470833
	15	SC	A-6	4.33	48.2	48.65594098	46.6619307
	16	SM	A-4	3.99	55.5	52.25651842	50.4315081
	17	SM-SC	A-2-6	4.78	49.3	44.63229878	42.478552
	18	SC	A-6	5.67	41.6	38.45136832	36.1178841
	19	SM	A-4	4.78	54.1	44.63229878	42.478552
Santa rosa	20	CL	A-6(10)	3.21	67	63.18455282	62.0078146
	21	ML-CL	A-6	5.13	42	41.96211308	39.7205002
	22	SM	A-4	6.33	35	34.92724822	32.5306456
	23	SM	A-4	4.89	49.4	43.75454535	41.5702647
	24	SM	A-4	4.02	60.1	51.91590931	50.0739044
	25	SC	A-6	4.77	54.9	44.71397345	42.5631485
Cerrillo	26	SW-SM	A-1-a	2.78	70.4	71.63721648	71.0859301
	27	SP	A-3(0)	2.84	88.6	70.31417712	69.6584463
	28	SP	A-3(0)	3.77	61	54.90903494	53.2233153
	29	SM	A-4	7.2	28	31.21321761	28.784609
	30	SP-SM	A-3(0)	2.66	90	74.45058947	74.129087
Trapiche	31	SW-SM	A-1-a	2.54	98	77.51218418	77.4522744
	32	GP-GM	A-1-a	1.14	98	155.9954295	165.793156
	33	GP-GM	A-1-a	3.22	80	63.0132143	61.8248581
	34	GW	A-1-a(0)	2.07	98	92.67182119	94.0707005
	35	SP	A-3(0)	7.92	26	28.72120957	26.292827
Galagarza	36	SP	A-3(0)	6.44	31.5	34.40586233	32.0025535
	37	SM	A-4	4.05	58.1	51.58002808	49.7214671
	38	SM	A-4	5.69	40.2	38.33335234	35.997269
	39	SP	A-3(0)	9.53	18.9	24.43665217	22.0540295
	40	SP-SM	A-1-a	7.78	27.4	29.17189363	26.742105

Cuadro 5.7: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de La Tinguíña y Provincia de Ica

Tabla resultados comparativos N° 5							
Distrito: LA TINGUIÑA							
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		N	CBR Molde	CBR calculado	CBR según
	N	SUCS	AASHTO	mm/golpe	inalterado	por ecuacion del Distrito	formula general de Provincia
Los lunas	1	SP-S	A-2-4(0)	7.45	28.6	28.02512234	27.8661998
	2	S-CL	A-2-4(0)	7.1	30.1	29.56270794	29.1696202
	3	S-CL	A-2-4(0)	6.23	35.9	34.17899182	33.0265008
	4	SP-S	A-2-4(0)	8.32	27	24.79157326	25.0904844
	5	SP	A-3(0)	10.9	17.5	18.3695098	19.4120335
Bambaren	6	SP-S	A-2-4(0)	3.67	65.8	61.49809295	54.6001009
	7	SP-S	A-2-4(0)	3.21	68.4	71.35434008	62.0078146
	8	SP-S	A-2-4(0)	4.55	50.1	48.44492965	44.5159227
	9	SP-S	A-3(0)	5.32	35.5	40.72668561	38.3716218
	10	SP	A-1-b(0)	5.33	43.3	40.64187894	38.3032264
Chanchajalla	11	SW-S	A-1-b(0)	6.78	25.8	31.11544523	30.4760023
	12	SP-S	A-2-4(0)	4.88	44.7	44.82238663	41.6511863
	13	S-CLML	A-2-4(0)	4.12	57.1	54.0885165	48.918581
	14	SP-S	A-2-4(0)	5.24	39.8	41.41743996	38.9279455
	15	S-ML	A-2-4(0)	6.67	33.3	31.68555395	30.9532791
Fundición	16	SP-S	A-2-4(0)	7.77	28	26.74691201	26.7748002
	17	SP-S	A-2-4(0)	5.09	36	42.77443104	40.0169803
	18	S-CL	A-2-4(0)	6.12	34	34.86156675	33.5901819
	19	SP-S	A-2-4(0)	9.21	24.6	22.14689213	22.7813553
	20	SP-S	A-2-4(0)	8.55	23.9	24.05240968	24.4488478
Santa bárbara	21	S-CLML	A-2-4(0)	4.27	50.5	51.98356246	47.2846006
	22	S-CL	A-2-4(0)	5.76	38.2	37.28825186	35.5815487
	23	S-ML	A-2-4(0)	3.15	79	72.86454632	63.12933
	24	S-CL	A-2-4(0)	4.16	53.7	53.51153178	48.4716208
	25	S-CL	A-2-4(0)	6.39	33.5	33.23035856	32.2403977
Atahualpa	26	S-ML	A-2-4(0)	6	30.6	35.63633985	34.2280784
	27	SP-S	A-2-4(0)	5.21	40.3	41.68224549	39.1408605
	28	SP	A-3(0)	4.84	48.7	45.23375365	41.9781324
	29	SP	A-3(0)	7.78	26.1	26.70875395	26.742105
	30	SP	A-3(0)	9.12	22.8	22.38961931	22.994878
Tacama	31	SP-S	A-2-4(0)	12.48	15.4	15.80675748	17.0695609
	32	S-CLML	A-2-4(0)	5.1	46.2	42.68134379	39.9424352
	33	S-CL	A-2-4(0)	5.95	35.3	35.9688993	34.5012706
	34	S-CL	A-2-4(0)	4.84	40.8	45.23375365	41.9781324
	35	S-CLML	A-2-4(0)	6.15	32.2	34.67285484	33.434501
Buenos aires	36	SW-S	A-1-b(0)	7.4	25.5	28.23538871	28.0450406
	37	S-ML	A-2-4(0)	5.27	40.1	41.15581411	38.7173943
	38	S-CLML	A-2-4(0)	5.1	36.6	42.68134379	39.9424352
	39	S-CL	A-2-4(0)	4.2	55.6	52.9461356	48.0329633
	40	S-CL	A-2-4(0)	3.9	55.7	57.48562614	51.5364892

Cuadro 5.8: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de Parcona y Provincia de Ica

Tabla resultados comparativos N°6							
Distrito: PARCONA							
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		N mm/golpe	CBR Molde inalterado	CBR calculado por ecuacion del Distrito	CBR según formula general de Provincia
	N	SUCS	AASHTO				
Los ángeles	1	SM	A-4	5.33	39.4	39.54373319	38.3032264
	2	SM	A-4	6.43	35.6	33.27458168	32.0498338
	3	SC	A-6	4.77	40.3	43.79553044	42.5631485
	4	SM-SC	A-2-6	6.22	33.8	34.30674746	33.0769412
	5	SM-SC	A-2-6	5.02	45.5	41.78489158	40.5469018
Av . siete	6	ML	A-2-4	6.41	35.7	33.37008495	32.1448259
	7	ML	A-2-4	6.45	30.2	33.17964706	31.9554161
	8	SC	A-6	5.52	38	38.28976915	37.0496477
	9	SC	A-6	7.8	27.3	27.85734129	26.6769598
	10	ML	A-2-4	9.32	19.2	23.6485251	22.5258449
Orongo	11	SM	A-4	4.43	50.6	46.87866887	45.6607106
	12	SM	A-4	6.57	30.4	32.62169774	31.4006838
	13	SM-SC	A-2-6	5.31	46.1	39.68073794	38.4402684
	14	CL	A-6(10)	3	70.8	67.09886054	66.1242888
	15	CL	A-6(10)	3.9	50.7	52.7093015	51.5364892
	16	ML-CL	A-6	5.7	36	37.17592919	35.9372709
	17	ML-CL	A-6	5.1	42.9	41.18149773	39.9424352
	18	SM	A-4	6.34	31.5	33.70890012	32.481899
Yaurilla	19	SM	A-4	7.3	28.2	29.60804064	28.4098859
	20	SP	A-1-b	2.9	75	69.22461378	68.2885841
	21	SP-SM	A-1-a	3.8	57.4	53.9840907	52.8240615
	22	GP-GM	A-1-a	2.1	95	93.15902794	92.7935685
	23	SP-SM	A-1-a	1.5	97	126.9587802	127.743706
	24	SP-SM	A-1-b	3.4	70.1	59.80067633	58.7112376
	25	SP	A-1-b	2.6	88.2	76.54048668	75.7532946
Acomayo	26	SM	A-4	5.8	36.6	36.58583281	35.3483879
	27	SM	A-4	6.21	32.2	34.35756899	33.1275399
	28	ML-CL	A-6	4.33	45.7	47.87379269	46.6619307
	29	ML-CL	A-6	5.78	37.7	36.70228372	35.464575
	30	SC	A-6	3.89	50.1	52.83394822	51.6623414
Los acuaches	31	SM	A-4	4.76	45.6	43.88017015	42.6480915
	32	SM	A-4	6.22	31	34.30674746	33.0769412
	33	CL	A-6(10)	3.99	55.2	51.6144894	50.4315081
	34	CL	A-6(10)	4.54	46.6	45.83268655	44.6090676
	35	ML-CL	A-6	5.77	36	36.76079977	35.522963
Cercado	36	SP	A-1-b	3.1	73.3	65.10493972	64.0962464
	37	SP	A-1-b	2	98	97.43592298	97.1958474
	38	SP	A-1-b	1.45	99	130.9809504	131.924849
	39	SP-SM	A-3(0)	2.58	91	77.08618802	76.3110599
	40	SP-SM	A-3(0)	3.41	64.4	59.63931832	58.5476606

Cuadro 5.9: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de los Aquijes y Provincia de Ica

Tabla resultados comparativos N° 7							
Distrito: LOS AQUIJES							
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		N mm/golpe	CBR Molde inalterado	CBR calculado por ecuacion del Distrito	CBR según formula general de Provincia
	N	SUCS	AASHTO				
Cercado	1	SP	A-3(0)	3	75.3	73.83	66.1242888
	2	SW	A-1-a	2.55	84.1	80.463	77.1636984
	3	SW-SM	A-1-a	2.9	78.2	75.304	68.2885841
	4	SW-SM	A-1-a	3.4	60.4	67.934	58.7112376
	5	SW	A-1-a	1.9	97	90.044	102.04936
El arenal	6	SP	A-3(0)	4.3	50.4	54.668	46.9711479
	7	SP	A-3(0)	2.95	80.1	74.567	67.1885535
	8	SP-SM	A-3(0)	3.55	60.5	65.723	56.3519918
	9	SP-SM	A-3(0)	3.89	50.9	60.7114	51.6623414
	10	SP-SM	A-3(0)	2.68	80.8	78.5468	73.6034467
El rosario	11	SW	A-1-a	1.31	99	98.7406	145.28423
	12	SP-SM	A-3(0)	1.78	98	91.8128	108.574342
	13	SP-SM	A-3(0)	0.68	100	108.0268	270.858668
	14	SW	A-1-a	0.81	100	106.1106	229.385224
	15	SW	A-1-a	1.32	99	98.5932	144.238425
Pariña chico	16	CL	A-6	3.21	71	70.7346	62.0078146
	17	CL-ML	A-4(4)	3.89	50.8	60.7114	51.6623414
	18	SM	A-4	2.46	89	81.7896	79.8431853
	19	SC	A-6	4.21	49	55.9946	47.9245689
	20	CL-ML	A-4(4)	3.51	65.7	66.3126	56.9618972
Los piscontes	21	CL-ML	A-4(4)	2.01	98	88.4226	96.7364068
	22	CL	A-6	1.77	99	91.9602	109.157003
	23	SC	A-6	3.55	60.2	65.723	56.3519918
	24	SM	A-4	1.11	99	101.6886	170.047157
	25	SM	A-4	0.62	100	108.9112	295.701891
La salcedo	26	SM	A-4	1.44	99	96.8244	132.795035
	27	SC	A-6	0.95	100	104.047	197.146368
	28	SP-SM	A-3(0)	0.83	100	105.8158	224.131046
	29	SM	A-4	2.46	91	81.7896	79.8431853
	30	SC	A-6	3.06	75.6	72.9456	64.8919539
Tayamana	31	CL	A-6	4.77	45.4	47.7402	42.5631485
	32	CL-ML	A-4(4)	5.61	37	35.3586	36.4847595
	33	SM	A-4	3.21	68.4	70.7346	62.0078146
	34	SC	A-6	1.89	97	90.1914	102.562239
	35	CL-ML	A-4(4)	2.77	90	77.2202	71.3297046
Sunampe	36	SC	A-6	5.39	40.5	38.6014	37.8980513
	37	SC	A-6	6.45	31.1	22.977	31.9554161
	38	SM	A-4	4.21	50.3	55.9946	47.9245689
	39	SM	A-4	3.9	55.3	60.564	51.5364892
	40	SM	A-4	3.4	70.2	67.934	58.7112376

Cuadro 5.10: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de Pueblo Nuevo y Provincia de Ica

Tabla resultados comparativos N° 8							
Distrito: PUEBLO NUEVO							
LUGAR	PUNTO N	CLASIFICACION		N mm/golpe	CBR Molde inalterado	CBR calculado por ecuacion de Provincia	CBR según formula general de Provincia
		SUCS	AASHTO				
Cercado	1	SP	A-3(0)	10	19.4	19.88481312	21.0681405
	2	SP	A-3(0)	10.4	16.3	19.03098238	20.2975927
	3	SP-SM	A-3(0)	9.7	20.5	20.57424671	21.6866794
	4	SP	A-3(0)	8.4	25.7	24.1686834	24.863421
	5	SP-SM	A-3(0)	10.77	19.9	18.3008871	19.6345652
Chulpaca	6	SW	A-1-a	11.4	17.7	17.17295315	18.602298
	7	SW	A-1-a	9.33	22.2	21.4893834	22.502908
	8	SW-SM	A-1-a	12.78	15.1	15.11170574	16.6886765
	9	SP	A-3(0)	9.45	21.9	21.18426108	22.2313578
	10	SP	A-3(0)	10.55	18.7	18.72845757	20.023333
Callejón	11	SM	A-4	8.44	24.4	24.04054539	24.7514634
	12	CL	A-4	5	46.2	43.18909253	40.7009646
	13	ML	A-6	4.22	52.2	52.21519223	47.8166755
	14	ML-CL	A-6	3.12	73	73.20867103	63.705854
	15	ML-CL	A-6	5.98	36	35.35028251	34.3368208
Chaype	16	CL	A-6	4.66	50.6	46.73020358	43.5170639
	17	SC	A-6	3.98	55.5	55.75096078	50.5518772
	18	ML-CL	A-6	6.43	34.4	32.59368283	32.0498338
	19	SM	A-4	5.55	38.2	38.42887455	36.859367
	20	CL	A-6	7.45	24.4	27.64258442	27.8661998
Yajasi	21	SM	A-4	3.66	58.6	61.23309049	54.7418128
	22	SM	A-4	4.78	44.4	45.41943187	42.478552
	23	SC-SL	A-6	6.77	30.3	30.76754139	30.5187661
	24	ML	A-2-4	7.56	26.5	27.1929062	27.4808714
	25	SC-SL	A-6	6.48	34	32.31239002	31.8148552
Pongo chico	26	ML-CL	A-6	7.51	29	27.39557526	27.6546564
	27	ML-CL	A-6	5.34	38	40.12387301	38.2350808
	28	ML	A-2-4	4.99	45	43.28595496	40.7784475
	29	SC	A-6	3.55	65.8	63.36011936	56.3519918
	30	SC	A-6	7.55	26.6	27.2332125	27.5154489
Pariña grande	31	SC	A-6	5.1	40	42.24258501	39.9424352
	32	ML-CL	A-6	6.77	30.2	30.76754139	30.5187661
	33	ML-CL	A-6	5.33	40.1	40.20811995	38.3032264
	34	CL	A-7	4.86	40.2	44.58364054	41.8140034
	35	CL	A-7	6.47	33	32.36828011	31.8615676
Pongo grande	36	SP-SM	A-3(0)	6.34	34	33.11186435	32.481899
	37	SM-SC	A-2-6	9.59	20.4	20.83850183	21.9229266
	38	SM-SC	A-2-6	10.36	20.8	19.11322391	20.3720362
	39	SM	A-4	11.88	16	16.39841665	17.8875388
	40	SM	A-4	12.42	15	15.60268886	17.1478901

Cuadro 5.11: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de Pachacutec y Provincia de Ica

Tabla resultados comparativos N° 9							
Distrito: PACHACUTEC							
LUGAR	PUNTO N	CLASIFICACION		N mm/golpe	CBR Molde inalterado	CBR calculado por ecuacion del Distrito	CBR según formula general de Provincia
		SUCS	AASHTO				
Cercado	1	SP	A-3(0)	11.34	15	16.68978648	18.6957893
	2	SP-SM	A-3(0)	10.3	18.8	18.63126443	20.4847582
	3	SP	A-3(0)	9.22	20.7	21.14832331	22.7578815
	4	SP-SM	A-3(0)	8.98	22.2	21.79615992	23.335316
	5	SP-SM	A-3(0)	6.79	25.5	30.01021405	30.4333612
Los mendozas	6	SP	A-3(0)	10.88	18.4	17.49946045	19.4459317
	7	SP	A-3(0)	12.45	15.5	14.99872619	17.1086335
	8	SP	A-3(0)	10.48	18.3	18.26563637	20.1503683
	9	SP	A-3(0)	13.9	12.1	13.22267073	15.4085633
	10	SP-SM	A-1-b	12.48	15.4	14.95748683	17.0695609
San Antonio	11	SP-SM	A-1-b	9.01	24	21.71315607	23.2614967
	12	SC	A-6	6.42	33.3	31.99691022	32.0972577
	13	SM	A-4	7.12	30.4	28.42438011	29.0917745
	14	SM	A-4	4.51	50	47.92367905	44.8909185
	15	SC	A-6	3.77	60.2	58.82929044	53.2233153
El siete	16	SP-SM	A-1-b	8.46	24.1	23.33546286	24.6958718
	17	SM	A-4	8.54	23.9	23.08555452	24.4760442
	18	SC	A-6	11.76	15.2	16.00966111	18.0608943
	19	SP-SM	A-1-b	12.34	13.4	15.15177708	17.253484
	20	SM	A-4	9.62	23.8	20.1453971	21.8579731
El palto	21	SP-SM	A-1-b	8.31	28	23.81795902	25.119167
	22	SC	A-6	5.44	30.5	38.6725646	37.5670637
	23	SM	A-4	4.87	42.4	43.89297152	41.7324319
	24	ML-CL	A-6	3.28	70.5	68.98718716	60.7499682
	25	SM	A-4	6.29	35.8	32.7545605	32.7271429
San Pedro	26	SM	A-4	4.55	40.7	47.44200961	44.5159227
	27	SP	A-3(0)	5.65	40.9	37.03264147	36.2393318
	28	SP	A-3(0)	3.27	70	69.22858993	60.9264454
	29	SM-SC	A-2-6	6.37	34.4	32.28439143	32.3365547
	30	SC	A-6	5.73	36.1	36.44175025	35.7585019
La selva	31	SC	A-6	4.34	50.1	50.07717999	46.5597847
	32	SM	A-4	2.98	80.9	76.98829625	66.5458161
	33	SP	A-3(0)	9.35	20.3	20.81227866	22.4571777
	34	SP	A-3(0)	10.63	18.2	17.97107515	19.8801476
	35	SP-SM	A-1-b	13.42	12.4	13.76509575	15.9316705
Atalaya	36	SP-SM	A-1-b	10.64	18.8	17.95175417	19.8623971
	37	SM	A-4	4.77	45.1	44.94724625	42.5631485
	38	SP	A-3(0)	3.63	60.1	61.43203979	55.1715153
	39	SC	A-6	2.7	80.8	86.18823134	73.0854004
	40	SP	A-3(0)	5.95	35	34.90444253	34.5012706

Cuadro 5.12: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de Tate y la Provincia de Ica

Tabla resultados comparativos N° 10							
Distrito: TATE							
LUGAR	PUNTO N	CLASIFICACION		N mm/golpe	CBR Molde inalterado	CBR calculado por ecuacion del Distrito	CBR según formula general de Provincia
		SUCS	AASHTO				
Cercado	1	SW	A-1-a	8	25	25.68819983	26.0429825
	2	SP	A-3(0)	11.36	15	17.50371455	18.6645185
	3	SW	A-1-a	10.31	20.2	19.46297106	20.4658824
	4	SW	A-1-a	10.12	19.9	19.86308203	20.830741
	5	SP-SM	A-1-a	5.67	38	37.43641477	36.1178841
Calderones	6	SP-SM	A-1-a	5.23	40.1	40.89528783	38.9986525
	7	SP	A-3(0)	9.47	20.9	21.35931102	22.1867519
	8	SM-SC	A-2-6	6.78	29	30.78568573	30.4760023
	9	SP	A-3(0)	4.12	55.6	53.09046907	48.918581
	10	SP-SM	A-1-a	3.87	62	56.853646	51.9159481
Santa rosa	11	SP	A-3(0)	2.65	84.9	86.03657843	74.3948078
	12	SC	A-6	3.11	66.8	72.21613664	63.9004382
	13	SP	A-3(0)	4.78	48.7	45.12528917	42.478552
	14	SM	A-4	5.61	40.2	37.87466032	36.4847595
	15	SM	A-4	6.88	30	30.29649343	30.0550317
Puno	16	SC	A-6	4.78	45.6	45.12528917	42.478552
	17	ML-CL	A-6	5.76	36.4	36.79695824	35.5815487
	18	ML-CL	A-6	6.38	33.1	32.90336342	32.2884027
	19	CL	A-6(8)	4.69	50	46.07348111	43.2525788
	20	SM	A-4	5.86	35.5	36.1105518	35.0044671
Los Mallmas	21	SC	A-6	5.26	40.5	40.64018841	38.7873179
	22	SP	A-3(0)	3.47	70	64.06099375	57.5855084
	23	SP-SM	A-1-a	4.47	46.5	48.55988913	45.2724564
	24	SP	A-3(0)	5.99	35.7	35.25406274	34.2823611
	25	SP	A-3(0)	6.02	34.4	35.06190877	34.1200406
Lujaraja	26	SM	A-4	2.65	80.6	86.03657843	74.3948078
	27	SM	A-4	3.1	70	72.47102832	64.0962464
	28	SC	A-6	4.23	50	51.58194985	47.7092794
	29	SC	A-6	3.77	64.4	58.5054979	53.2233153
	30	ML-CL	A-6	4.35	54	50.02727757	46.4580965
La capilla	31	SM-SC	A-2-6	2.51	90	91.30006054	78.3314509
	32	SC	A-6	6.45	32.2	32.51290604	31.9554161
	33	SM	A-4	4.78	44.4	45.12528917	42.478552
	34	SM	A-4	1.99	98	117.6979372	97.6597895
	35	SP-SM	A-1-a	2.58	97	88.59356101	76.3110599
San Cayetano	36	SM-SC	A-2-6	5.5	40	38.70413221	37.1776257
	37	SP	A-3(0)	6.39	33.5	32.84703536	32.2403977
	38	SM	A-4	3.5	61	63.46052729	57.116497
	39	SP	A-3(0)	2.66	85	85.68279134	74.129087
	40	SP	A-3(0)	3.74	60.2	59.0191002	53.628813

Cuadro 5.13: Comparación resultados aplicando ecuación Distrito de Santiago y la Provincia de Ica

Tabla resultados comparativos N° 11							
Distrito: SANTIAGO							
LUGAR	PUNTO N	CLASIFICACION		N mm/golpe	CBR Molde inalterado	CBR calculado por ecuacion del Distrito	CBR según formula general de Provincia
		SUCS	AASHTO				
Cercado	1	SP	A-3	9.12	20	21.579255	22.994878
	2	SP-SM	A-1-a	8.14	26.7	24.4397676	25.6172804
	3	SP-SM	A-1-a	10.87	17.4	17.80571609	19.4629264
	4	SM	A-4	4.85	44.9	43.08673557	41.8959029
	5	SM	A-4	5.47	38.2	37.76892925	37.3713035
Los Mayuris	6	SC	A-6	6.85	30.6	29.52226127	30.1800645
	7	SC	A-6	7.34	27	27.3711856	28.2627846
	8	SP-SM	A-1-a	6.25	30	32.63940071	32.9260922
	9	SC	A-6	5.87	35.4	34.96005235	34.9478136
	10	ML-CL	A-6	4.95	45.6	42.134525	41.0914311
Casa blanca	11	SM	A-4	2.88	80	76.24230559	68.7390211
	12	CL	A-6(7)	4.96	42	42.04151515	41.0127238
	13	SM	A-4	9.31	19.4	21.09749509	22.5488298
	14	SC	A-6	7.49	25	26.77153079	27.7248037
	15	SM	A-4	3.67	55	58.46843303	54.6001009
S margarita	16	SP-SM	A-1-a	6.74	30.6	30.05025823	30.6478
	17	CL	A-6(8)	5.03	40.1	41.40128792	40.4703183
	18	ML-CL	A-6	4.88	45.2	42.79677959	41.6511863
	19	SC	A-6	7.01	30	28.78522082	29.5252844
	20	SM	A-4	6.48	33	31.37300825	31.8148552
S dominguita	21	SM	A-4	5.92	35	34.63686096	34.6673452
	22	SP-SM	A-1-a	3.88	50.4	55.01233204	51.7888261
	23	SP-SM	A-1-a	6.12	36.4	33.39934792	33.5901819
	24	SC	A-6	5.29	40	39.17841248	38.5783206
	25	SM-SC	A-2-6	4.32	46.6	48.90757081	46.7645379
Venta baja	26	ML-CL	A-6	4.65	45	45.12007488	43.6059649
	27	SM	A-4	6.11	35.5	33.45920901	33.6424067
	28	SM	A-4	5.2	40.2	39.921526	39.2123644
	29	SC	A-6	6.74	29	30.05025823	30.6478
	30	SP-SM	A-1-a	4.85	43	43.08673557	41.8959029
Huanaco	31	CL	A-6(10)	4.12	55.1	51.51317799	48.918581
	32	SC-SL	A-6	5.92	30.2	34.63686096	34.6673452
	33	SM-SC	A-2-6	3.1	70.6	70.33795546	64.0962464
	34	SM	A-4	2.15	97	105.0051698	90.7422763
	35	SM	A-4	8.05	25	24.73912336	25.8892888
Castellano	36	SC	A-6	9.45	20	20.75548876	22.2313578
	37	SC	A-6	5.26	40.6	39.42315752	38.7873179
	38	SC-SL	A-6	6.14	37	33.2802384	33.4862298
	39	SP-SM	A-1-a	4.37	45.2	48.29516138	46.2560817
	40	SP	A-3(0)	4.02	55	52.91798112	50.0739044

Cuadro 5.14: Comparación resultados aplicando ecuación del Cercado de Ica y la Provincia de Ica

Tabla resultados comparativos N° 12							
Distrito: CERCADO DE ICA							
LUGAR	PUNTO	CLASIFICACION		N mm/golpe	CBR Molde inalterado	CBR calculado por ecuacion del Distrito	CBR según formula general de Provincia
	N	SUCS	AASHTO				
Santa maria	1	SP	A-3(0)	8.33	25.4	24.81755137	25.061869
	2	SP	A-3(0)	10.9	18.52	18.26044016	19.4120335
	3	SP	A-3(0)	9.2	23	22.15812281	22.8048789
	4	SP-SM	A-3(0)	8.36	27.6	24.7159617	24.9764231
	5	SP	A-3(0)	11.31	16	17.5070932	18.7428976
León arechua	6	SM	A-2-4(0)	4.39	50.6	51.54218892	46.0558617
	7	SM	A-2-4(0)	4.2	52.8	54.21100214	48.0329633
	8	SP-SM	A-3(0)	5.7	40.7	38.26147125	35.9372709
	9	SM	A-2-4(0)	5	46.7	44.43141057	40.7009646
	10	SM	A-2-4(0)	6.37	31.5	33.70480228	32.3365547
Chuacachina	11	SP	A-3(0)	6.39	33.6	33.5844621	32.2403977
	12	SP-SM	A-3(0)	4.28	55.6	53.0563703	47.1796403
	13	SP	A-3(0)	3.77	64.9	61.32102357	53.2233153
	14	SM	A-2-4(0)	2.55	88	95.79713706	77.1636984
	15	SM	A-4	6	40.2	36.08646154	34.2280784
Cachiche	16	SM	A-2-4(0)	5.65	34	38.64805096	36.2393318
	17	SM	A-2-4(0)	4.33	48	52.35789602	46.6619307
	18	ML-CL	A-6	4.1	57	55.7222309	49.1452493
	19	SM	A-4	6.23	34	34.57036897	33.0265008
	20	SM	A-2-4(0)	3.2	69	73.9330718	62.191886
Sato Domingo	21	SM	A-2-4(0)	4.7	50.8	47.68164392	43.1651487
	22	SM	A-2-4(0)	6.9	32	30.7672063	29.9722654
	23	SM	A-4	5.2	44.6	42.48690161	39.2123644
	24	SM	A-2-4(0)	6.34	36.7	33.88683693	32.481899
	25	SM	A-2-4(0)	4.26	48	53.340677	47.3900413
San Joaquin	26	SP	A-3(0)	3.62	65.1	64.22859132	55.3162925
	27	SP	A-3(0)	10.3	18	19.47904239	20.4847582
	28	SP-SM	A-3(0)	8.58	25.6	23.99417824	24.3676295
	29	SM-SC	A-2-6	9.31	24.7	21.85965433	22.5488298
	30	ML-CL	A-6	5.6	40	39.04202518	36.5466505
La victoria	31	SC	A-6	4.88	44.8	45.68018553	41.6511863
	32	SM	A-4	5.65	39.52	38.64805096	36.2393318
	33	ML-CL	A-6	5.1	46.8	43.43874857	39.9424352
	34	ML-CL	A-6	3.8	64	60.76895838	52.8240615
	35	SM	A-4	4.41	48.52	51.27556393	45.8574125
Comatrana	36	SP	A-3(0)	9.78	19.3	20.66513481	21.5181185
	37	SP-SM	A-3(0)	10.59	16.5	18.87159404	19.9514766
	38	SP-SM	A-3(0)	12.2	15.6	16.057514	17.4415215
	39	SP	A-3(0)	10.32	17.54	19.43597543	20.4470422
	40	SP	A-3(0)	11.36	18.66	17.41919977	18.6645185

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1. Se concluye lo siguiente:

- El costo de construir el Penetrometro Dinámico de Cono es de S/. 690 Nuevos Soles, un tercio de solicitarlo al extranjero por ende es ventajoso económicamente y en menor tiempo que importarlo.
- Se ha observado que las ecuaciones de tipo potencial se hacen frecuentes ante suelo variado
- Los valores de CBR in situ calculados con las formulas obtenidas difieren en  $\pm 10\%$  del valor base ensayado en equipo formal en un 90% del total de mediciones
- La investigación presentada no pretende remplazar el estudio tradicional en campo o los ensayos CBR normalizados conocidos, sin embargo el PDC es una contribución que se afirma como un ensayo complementario para diagnosticar las condiciones reales de un suelo.
- Las formulas correlacionadas obtenidas tiene similitud y acercamiento a las formulas investigadas por el cuerpo de ingenieros de USA, base de la normalización ASTM.
- Se ha demostrado a través de la investigación la sensibilidad y confiabilidad que el PDC presenta.

### 2. Se recomienda :

- La construcción del PDC bajo un riguroso seguimiento en su proceso constructivo para que cumpla con las características físicas señaladas por la ASTM, además de una disciplina sobre el mantenimiento del equipo verificando el buen estado de las partes luego de cada jornada de trabajo.
- Se recomienda el uso de las fórmulas de correlación de la presente investigación dentro del ámbito de localia señalado dado que el tipo de suelo y sus condiciones locales influyen en el resultado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALBERTO BENÍTEZ REYNOSO (1997) "Modelos Matemáticos para la Estimación de Propiedades Mecánicas de los Suelos y su Aplicación al Diseño de Pavimentos en el suelo del Valle Central de Tarija". Ponencia Presentada en el 9º Congreso Ibero - Latinoamericano del Asfalto en la Ciudad de Asunción- Paraguay. Del 2 al 7 de Noviembre de 1997.
2. ASTM D6951 (03) (2003), "Standard Test Method for Use Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications" publicationnumber D-6951 (03), Washington DC.
3. CARRILLO GIL A. (1971). "Investigación de suelos usados en bases y sub - bases en Lima metropolitana". Proyecto de investigación 1.3.3, UNI Lima - Perú
4. GARCIA, L.H (1987)"La Aplicación del Penetrometro Dinámico de Cono para Determinar Propiedades de Resistencia In Situ de Capas de Pavimentos y Subrasantes". Ponencia Presentada Al V Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentación En Lima - Perú. Del 13 al 15 de Abril de 1987.
5. INSTITUTO DEL ASFALTO (1983) "Sobre Capas Asfálticas Para Rehabilitación De Calles Y Carreteras" (1983)- Manual De La Serie MS - 17; Edición Junio 1983, Traducido Por El Instituto Para El Desarrollo De Los Pavimentos En El Perú (IDPP).
6. JIMENES, J. A; DE JUSTO J. L.; y SERRANO A. A. (1981) "Geotecnia y cimientos tomo II". Editorial rueda (Madrid)
7. KLEYN E.G. MAREE J.H. AND SAVAGE P.F. (1982) "The Application Of A Portable Pavement Dynamic Cone Penetrometer To Determine In Situ" Bearing Properties Of Road Pavement Layers And Subgrades In South Africa. Proc. II European Symposium On Penetration Testing, Amsterdam.
8. MARTÍNEZ BECERRA NIKOLAY ESPARTACO, ARISTA SEVERINO MELISSA EVELYN Y ANGLAS SCHMIDT JESSICA (2004) "El Penetrometro Dinámico de Cono como una Alternativa para Determinar el CBR del Suelo (PDC vs CBR)" (Lima Perú)

9. P PAIGEN – GREEN AND L DU PLESSIS, (2009) “The Use and interpretation of the dynamic Cone penetrometer (DCP) Test” CSIR Built Environment Pretoria.
10. TOSTICARELLI JORGE; HUGO PONCINO; MARTA PAGOLA; OSCAR GIOVANON; SILVIA ANGELONE.(1997)Laboratorio Vial IMAE Ponencia Presentada en el 9º Congreso Ibero - Latinoamericano del Asfalto en la Ciudad de Asunción- Paraguay.
11. TUPIA CÓRDOVA CARLOS ALBERTO(2001) “Determinación de las Características de Soporte de un Terreno de Cimentación de un Pavimento por medio de un Equipo Dinámico”, (Lima Perú)
12. TUPIA CÓRDOVA CARLOS y ALVA HURTADO JORGE (2001) “Evaluación de la Capacidad Soporte por medio de un Equipo de Penetración Dinámica”, (Lima Perú)
13. Van Vuuren, D.J (1969) “Rapid Determination of CBR with the portable Dynamic Cone Penetrometer” the Rhodesian Engineer
14. VIVAR ROMERO GERMÁN (2005) "1er Curso de Actualización de Conocimientos: La Nueva Guía AASHTO para el diseño de pavimentos" (Lima Peru)
15. VIVAR ROMERO GERMÁN (1994) "El Uso del Penetrómetro Portátil de Punta Cónica (DPL)". Ponencia Presentada en el X Congreso Nacional de Ingeniería Civil en la Ciudad de Lima. Del 21 al 24 de Noviembre de 1994.
16. VIVAR ROMERO GERMÁN (1988) "Compactación de Arenas y su Control". Ponencia Presentada en el VII Congreso Nacional de Ingeniería Civil en la Ciudad de Huaraz - Ancash. Del 5 Al 11 De Setiembre 1988.
17. WEBSTER, S.L., GRAU, R.H., Y WILLIAMS, T.P.,(1992) “Description And Application of dual mass Dynamic Cone Penetrometer”, Report GL-92-3, Department of the Army, Washington, DC, Mayo 1992, p.19

# ANEXOS

## FORMATOS DE ENSAYOS REALIZADOS



TESIS: "RESISTENCIA IN SITU DE SUBRASANTE UTILIZANDO PENETROMETRO DINAMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA"

**ENSAYO DE COMPACTACION**

(NORMA : MTC E 115-2000 ASTM D-1557 Metodo A)

**Solicita** : Ing. HUBERT EDUARDO INJANTE LIMA  
**Ubicación** : FONAVI ANGOSTURA - SUBTANJALLA  
**Tipo de Exploración** : A CIELO ABIERTO **Calicata** : C-6  
**Volumen molde** 926.77 cm<sup>3</sup> **Muestra** : E-1  
**Fecha** : 15 de Noviembre 2011

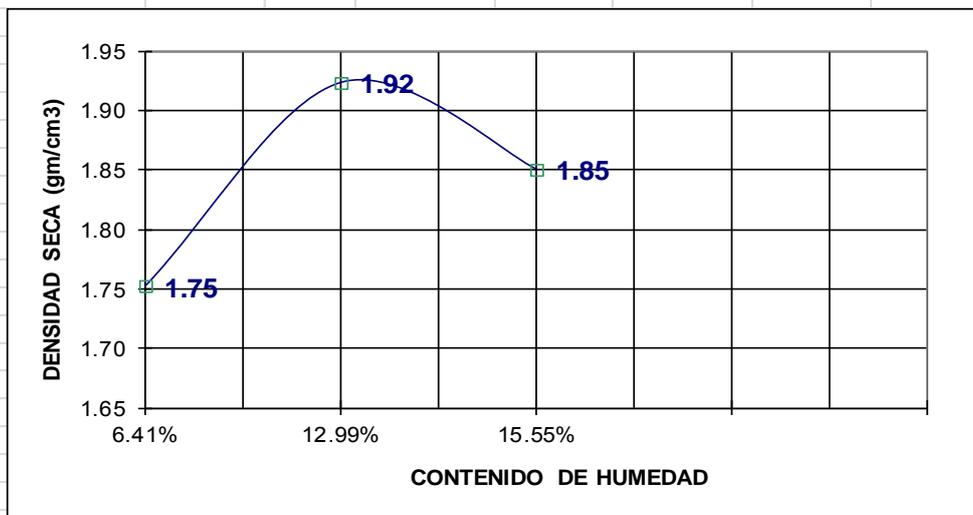
**DENSIDAD SECA**

Prueba N°	1	2	3	4	5
2- Peso molde + Suelo compactado	3687	3973	3941		
3- Peso del molde	1959	1959	1959		
4- Peso del suelo compactado (1-2)	1728	2014	1982		
5- Densidad Húmeda	1.86	2.17	2.14		
6- Densidad seca	1.75	1.92	1.85		

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Frasco N°	1	2	3	4	5
1- Peso del frasco + suelo húmedo	102.42	124.56	113.27		
2- Peso del frasco + peso suelo sec	97.59	112.56	100.72		
3- Peso agua contenido (1 -2)	4.83	12.00	12.55		
4- Peso del frasco	22.26	20.16	20.03		
5- Peso del suelo seco (2 -4)	75.33	92.40	80.69		
6- Contenido de humedad 3/5 *100	6.41%	12.99%	15.55%		

Máxima Densidad Seca (grs/cm<sup>3</sup>) : 1.92  
 Optimo Contenido de Humedad ( OCH %) : 12.99%





TESIS: "RESISTENCIA IN SITU DE SUBRASANTE UTILIZANDO PENETROMETRO DINAMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA"

**ENSAYO DE C.B.R.**  
(NORMA : MTC E 132-2000 ASTM D-1883)

**Solicita** : Ing. HUBERT EDUARDO INJANTE LIMA  
**Ubicación** : FONAVI ANGOSTURA - SUBTANJALLA  
**Tipo de Exploración** : A CIELO ABIERTO **Calicata** : C-6  
**Muestra** : E-1  
**Fecha** : 15 de Noviembre 2011  
**Maxima Densidad Seca** 1.92 Gr/cm<sup>3</sup> **Material** : Suelo Natural Subrasante  
**Optimo Contenido de Humedad** 12.99%

MOLDE N°		1		2		3	
CAPAS N°		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA		SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO		8345.00		8438.00		8675.00	
PESO DEL MOLDE	gr	4200.00		4200.00		4200.00	
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	4145.00		4238.00		4475.00	
VOLUMEN DEL SUELO	c.c.	2077.00		2077.00		2077.00	
DENSIDAD HUMEDAD	gr/c.c.	2.00		2.04		2.15	
% DE HUMEDAD		10.27		10.48		12.45	
DENSIDAD SECA	gr/c.c.	<b>1.81</b>		<b>1.85</b>		<b>1.92</b>	
TARA N°		1		2		3	
TARA + SUELO HUMEDO	gr	118.10		146.26		136.29	
TARA + SUELO SECO	gr	108.98		134.46		123.62	
AGUA	gr	9.12		11.80		12.67	
PESO DEL TARA	gr	20.14		21.86		21.86	
PESO DEL SUELO SECO	gr	88.84		112.60		101.76	
% DE HUMEDAD	%	10.27		10.48		12.45	

**EXPANSION**

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION

**PENETRACION**

PENETRACION - Pulgadas	CARGA STAND	LECT. mm	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
			CARGA kg/cm <sup>2</sup>	CORRECCION C.B.R.	CARGA kg/cm <sup>2</sup>	CORRECCION C.B.R.	CARGA kg/cm <sup>2</sup>	CORRECCION C.B.R.
0.025			2.89		3.37		2.65	
0.050			5.78		9.63		6.26	
0.075			7.94		13.49		12.16	
<b>0.100</b>	<b>70</b>		<b>10.24</b>	<b>14.63</b>	<b>17.22</b>	<b>24.60</b>	<b>18.55</b>	<b>26.50</b>
0.150								
<b>0.200</b>	<b>105</b>		<b>12.46</b>	<b>11.87</b>	<b>20.34</b>	<b>19.37</b>	<b>25.76</b>	<b>24.53</b>
0.300			18.03		27.70		32.89	
0.400			19.99		28.30		35.57	



**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA**

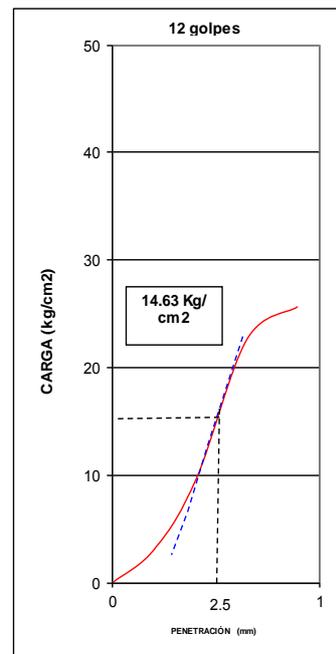
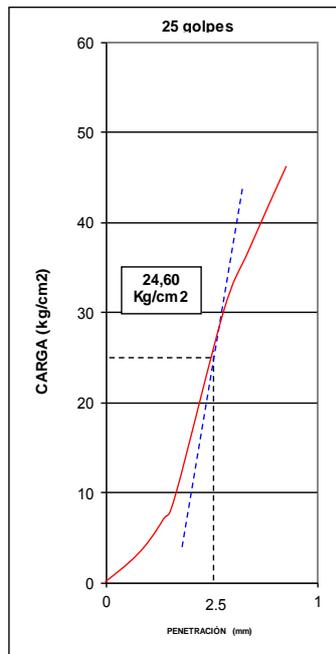
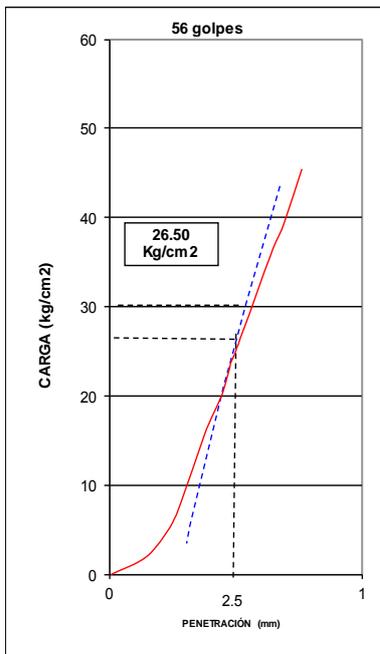
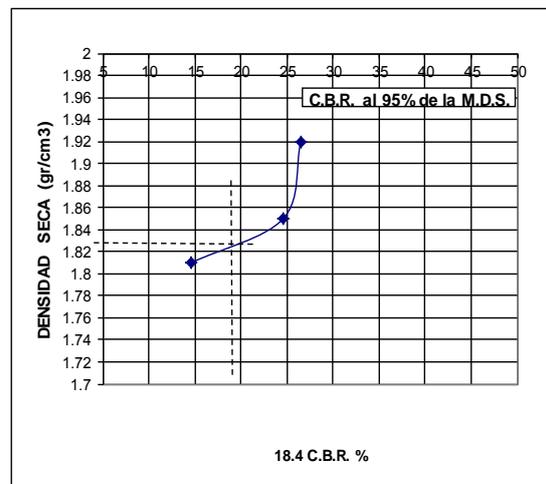
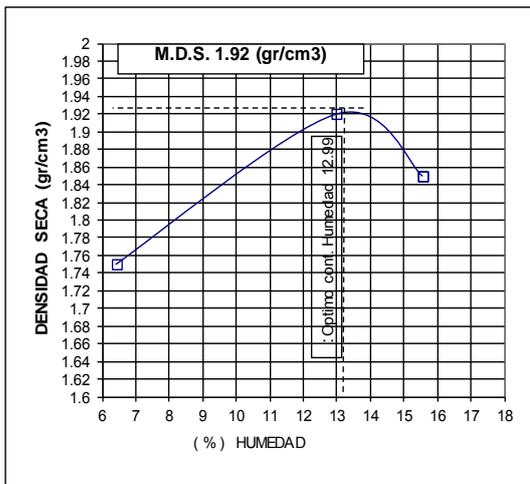
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

Ciudad Universitaria Panamericana Sur KM 305 Telef. 228928



<b>SOLICITA</b> : Ing. Hubert Eduardo Injante Lima	<b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D-1557</b>	"A"
<b>PROYECTO</b> : Tesis: RESISTENCIA IN SITU DE SUBRASANTE UTILIZANDO PENETROMETRO DINAMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA	<b>MÁXIMA DENSIDAD SECA (GR/CM<sup>3</sup>)</b>	1.92
<b>UBICACION</b> : Fonavi la Angostura Subtanjalla	<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	12.99
<b>MATERIAL</b> : Suelo Natural Subrasante	<b>C.B.R. (0.1") AL 100% DE LA M.D.S.(%)</b>	26.50
<b>FECHA</b> : 15 Noviembre DE 2011	<b>C.B.R. (0.1") AL 95% DE LA M.D.S.(%)</b>	18.40
	<b>NO SUMERGIDAS</b>	--
	<b>MUESTRA REMOLDEADA</b>	--

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL C.B.R.





TESIS: "RESISTENCIA IN SITU DE SUBRASANTE UTILIZANDO PENETROMETRO DINAMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA"

**ENSAYO DE COMPACTACION**

(NORMA : MTC E 115-2000 ASTM D-1557 Metodo A)

**Solicita** : Ing. HUBERT EDUARDO INJANTE LIMA  
**Ubicación** : CHANCAJALLA - LA TINGUIÑA  
**Tipo de Exploración** : A CIELO ABIERTO **Calicata** : C-2  
**Volumen molde** 926.77 cm<sup>3</sup> **Muestra** : E-1  
**Fecha** : 20 de Enero 2012

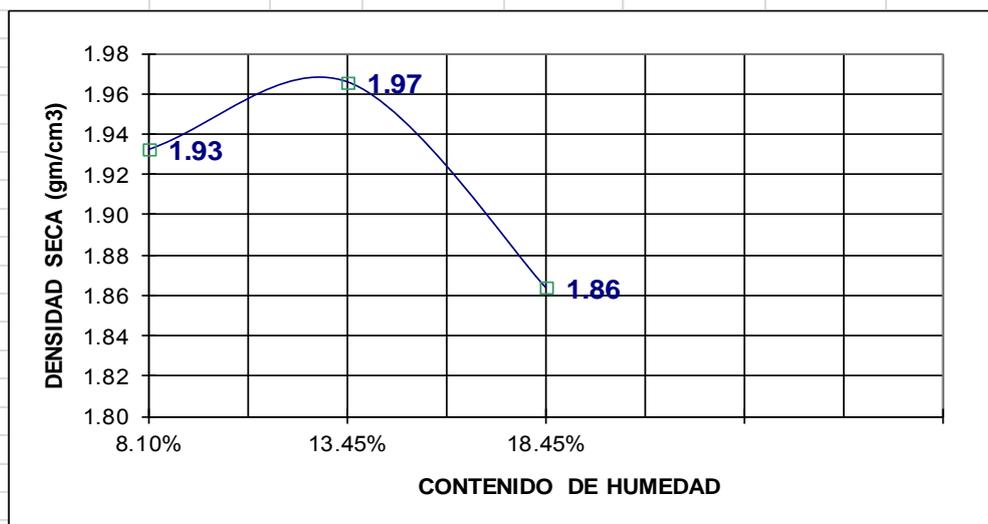
**DENSIDAD SECA**

Prueba N°	1	2	3	4	5
2- Peso molde + Suelo compactado	3895	4026	4005		
3- Peso del molde	1959	1959	1959		
4- Peso del suelo compactado (1-2)	1936	2067	2046		
5- Densidad Húmeda	2.09	2.23	2.21		
6- Densidad seca	1.93	1.97	1.86		

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Frasco N°	1	2	3	4	5
1- Peso del frasco + suelo húmedo	96.30	106.40	92.84		
2- Peso del frasco + peso suelo sec	90.75	96.18	81.50		
3- Peso agua contenido (1 -2)	5.55	10.23	11.34		
4- Peso del frasco	22.26	20.16	20.03		
5- Peso del suelo seco (2 -4)	68.49	76.02	61.47		
6- Contenido de humedad 3/5 *100	8.10%	13.45%	18.45%		

Máxima Densidad Seca (grs/cm<sup>3</sup>) : 1.97  
 Optimo Contenido de Humedad ( OCH %) : 13.45%





TESIS: "RESISTENCIA IN SITU DE SUBRASANTE UTILIZANDO PENETROMETRO DINAMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA"

**ENSAYO DE C.B.R.**  
(NORMA : MTC E 132-2000 ASTM D-1883)

**Solicita** : Ing. HUBERT EDUARDO INJANTE LIMA  
**Ubicación** : Chanchajalla - LA TINGUIÑA  
**Tipo de Exploración** : A CIELO ABIERTO **Calicata** : C-2  
**Muestra** : E-1  
**Fecha** : 20 de Enero 2012  
**Maxima Densidad Seca** 1.97 Gr/cm3 **Material** : Suelo Natural Subrasante  
**Optimo Contenido de Humedad** 13.45%

MOLDE N°	1	2	3
CAPAS N°	5	5	5
GOLPES POR CAPA N°	10	25	56
COND. DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	8235.00	8470.00	8835.00
PESO DEL MOLDE gr	4200.00	4200.00	4200.00
PESO DE SUELO HUMEDO gr	4035.00	4270.00	4635.00
VOLUMEN DEL SUELO c.c.	2077.00	2077.00	2077.00
DENSIDAD HUMEDAD gr/c.c.	1.94	2.06	2.23
% DE HUMEDAD	10.02	11.09	13.45
DENSIDAD SECA gr/c.c.	<b>1.77</b>	<b>1.85</b>	<b>1.97</b>
TARA N°	1	2	3
TARA + SUELO HUMEDO gr	107.10	138.16	139.08
TARA + SUELO SECO gr	99.18	126.55	125.18
AGUA gr	7.92	11.61	13.90
PESO DEL TARA gr	20.14	21.86	21.86
PESO DEL SUELO SECO gr	79.04	104.69	103.32
% DE HUMEDAD	10.02	11.09	13.45

**EXPANSION**

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION

**PENETRACION**

PENETRACION - Pulgadas	CARGA STAND	LECT. mm	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
			CARGA kg/cm2	CORRECCION C.B.R.	CARGA kg/cm2	CORRECCION C.B.R.	CARGA kg/cm2	CORRECCION C.B.R.
0.025			2.53		2.77		3.01	
0.050			3.73		7.31		9.00	
0.075			6.35		12.84		13.56	
<b>0.100</b>	<b>70</b>		<b>9.96</b>	<b>14.23</b>	<b>16.91</b>	<b>24.16</b>	<b>20.95</b>	<b>29.93</b>
0.150								
<b>0.200</b>	<b>105</b>		<b>12.36</b>	<b>11.77</b>	<b>21.96</b>	<b>20.91</b>	<b>29.55</b>	<b>28.14</b>
0.300			14.77		26.53		37.06	
0.400			18.35		31.55		41.15	



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA

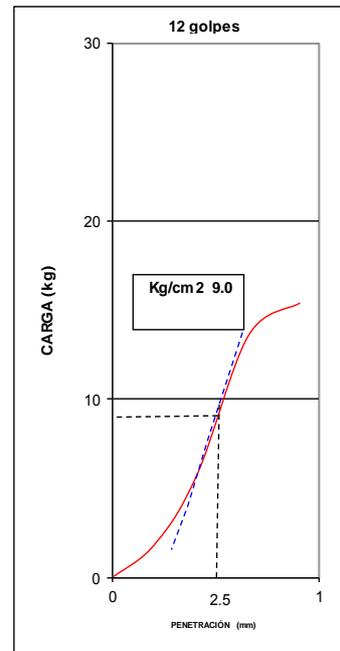
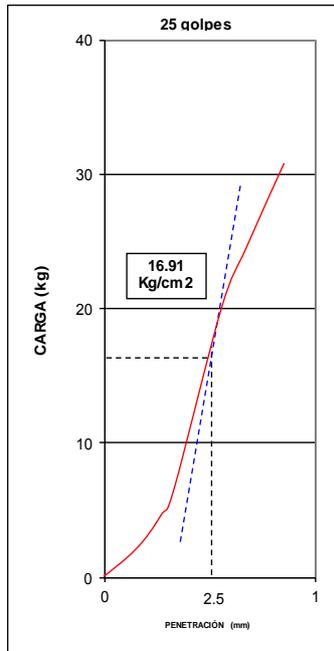
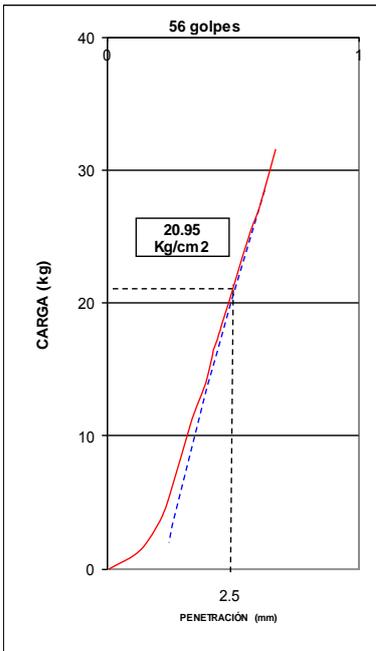
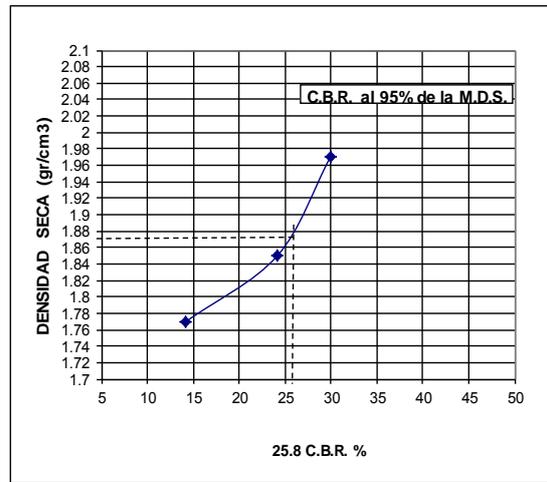
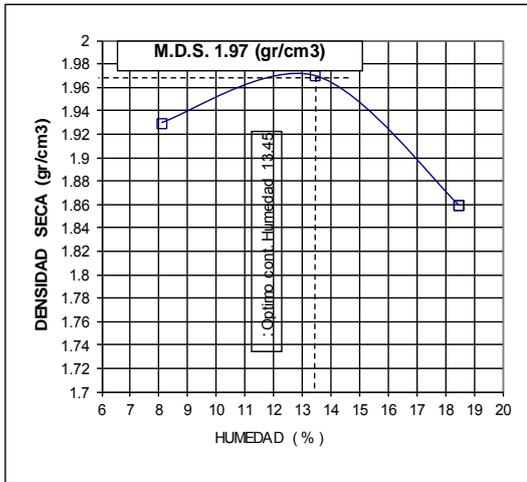
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Ciudad Universitaria Panamericana Sur KM 305 Telef. 228928



SOLICITA : Ing. Hubert Eduardo Injante Lima	MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D-1557	"A"
PROYECTO : Tesis: RESISTENCIA IN SITU DE SUBRASANTE UTILIZANDO PENETROMETRO DINAMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA	MÁXIMA DENSIDAD SECA (GR/CM <sup>3</sup> )	1.97
UBICACION : Chanchajalla La Tinguña	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.45
MATERIAL : Suelo Natural Subrasante	C.B.R. (0.1") AL 100% DE LA M.D.S.(%)	29.93
FECHA : 20 Enero de 2012	C.B.R. (0.1") AL 95% DE LA M.D.S.(%)	25.80
	NO SUMERGIDAS	-
	MUESTRA REMOLDEADA	-
	-	-

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL C.B.R.



**ENSAYO DE PDC CAMPO**

Ing. Hubert Eduardo Injante Lima

TESIS: RESISTENCIA IN SITU DE SUBRASANTE UTILIZANDO PENETROMETRO DINAMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA

Ubicación: SANTA MARIA (Cercado de Ica)

Calicata N°: 3 Fecha: Agosto 2008

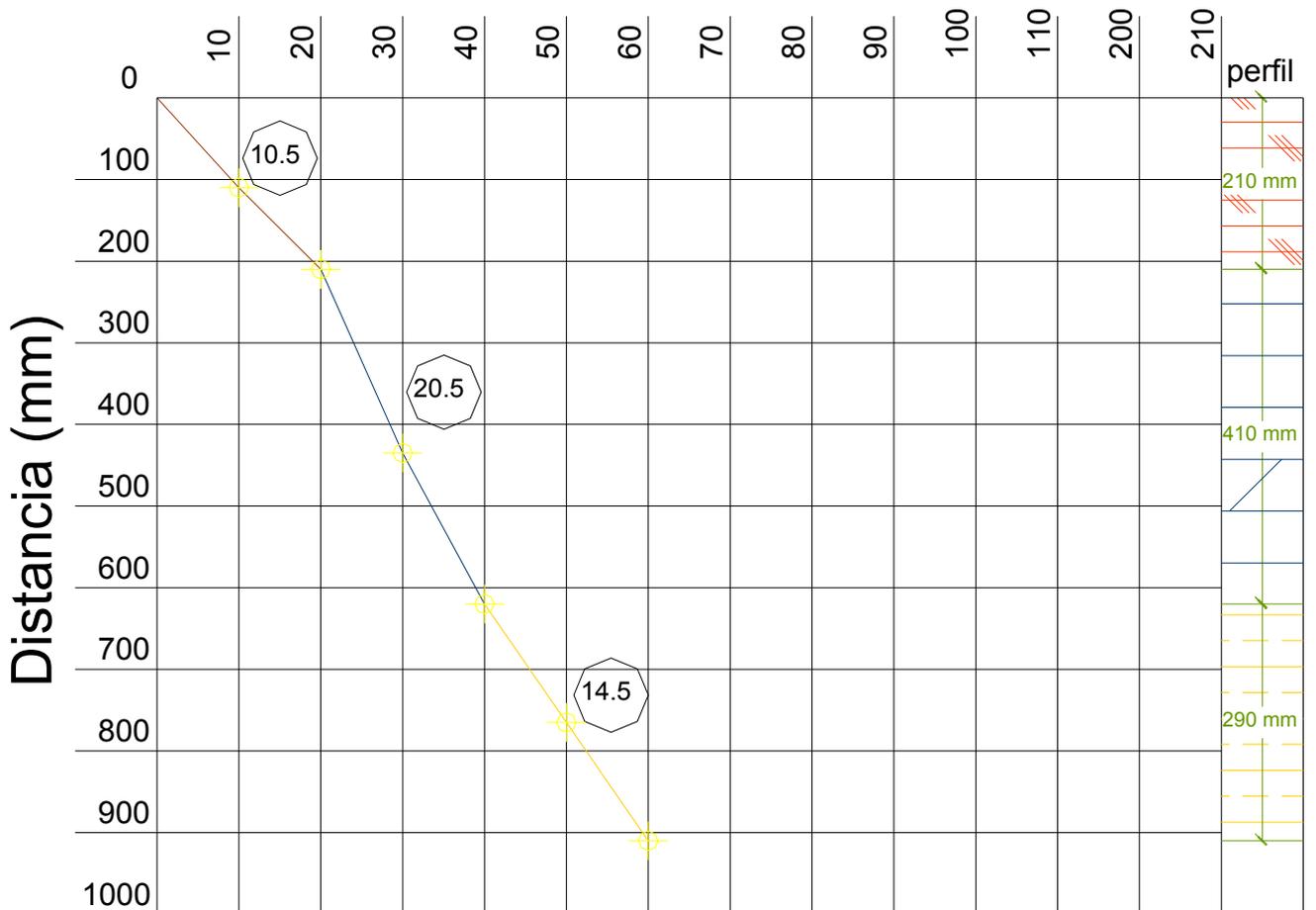
Cuadro de ensayo:

**Intersección de puntos**

N° Golpes	Altura (cm)	Cada golpe acumulados	Prof. alcanzada mm	número (PDF) (N)	CBR:
10	11	10	110	10.5	

# CALICATA N° 3

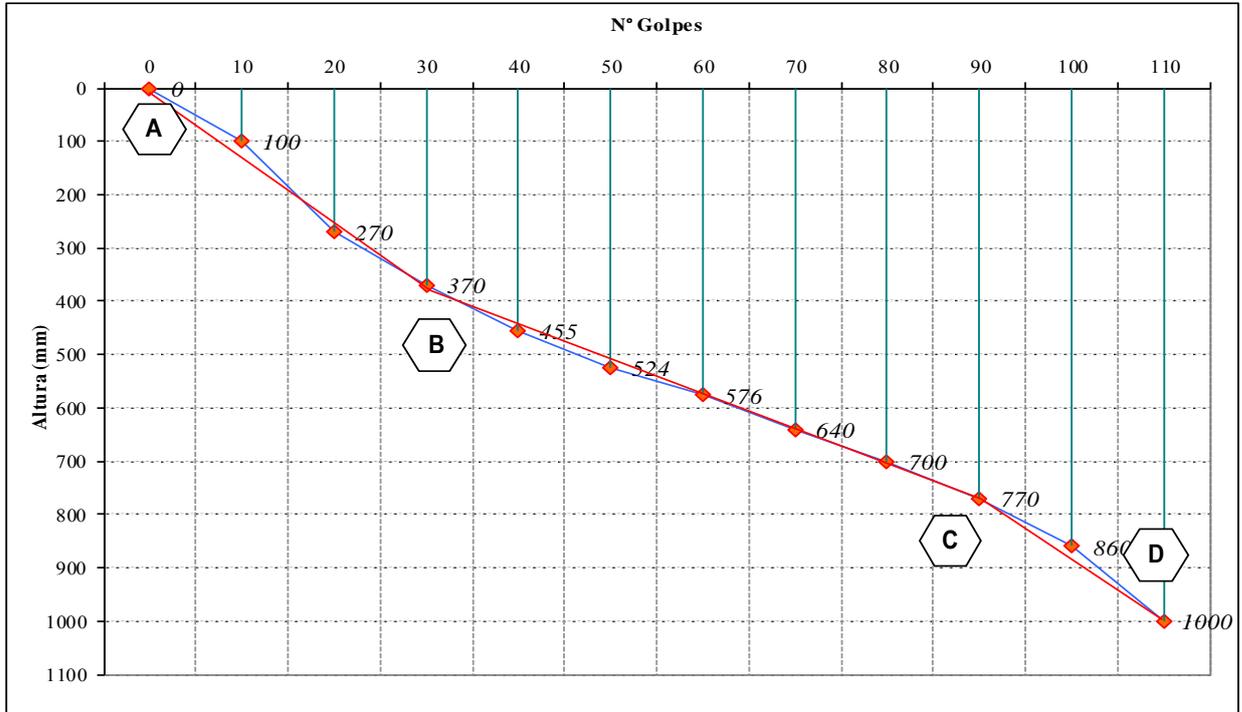
## N° de Golpes



## ENSAYO PDC CAMPO

Ing. Hubert Eduardo Injante Lima

**TESIS: RESISTENCIA IN SITU DE SUBRASANTE UTILIZANDO PENETROMETRO  
DINAMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA**



Nº GOLFES	ALTURA h (mm)
0	0
10	100
20	270
30	370
40	455
50	524
60	576
70	640
80	700
90	770
100	860
110	1000

Línea	$\Delta h$ (a)	$\Delta N^\circ$ golpes (b)	N (a/b)	CBR	Perfil
A-B	370	30	12		
B-C	400	60	6		
C-D	230	20	11		

UBICACIÓN: PP.JJ. CESAR VALLEJO  
SUBTANJALLA  
FECHA: JUNIO 2006

