



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de la resistencia de suelos con Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y  
Relación de Soporte California (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Rodríguez Vásquez Royser (0000-0002-7547-9496)

ASESORES:

Mg. Ing. Horna Araujo Luis Alberto (0000-0002-3674-9617)

Mg. Ing. Farfán Córdova Marlon Gaston (0000-0001-9295-5557)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura Vial

TRUJILLO – PERÚ

2019

## **DEDICATORIA**

A Dios por las bendiciones que me da a cada instante, y por ser tan maravilloso, a los pilares de mi vida, mis padres, Isidro y Luz Nelina por el ejemplo, la valentía, y coraje, el liderazgo y el profundo amor con el que cada día me guían , a mis hermanos en especial a Wilder que más que hermano es como mi segundo por el apoyo que me brindo cuando más lo necesitaba, a mis sobrinos en especial a Edwin, Navier, Coraima a mis docentes, a Victoria Jeraldine por su tiempo dedicado y hacer cada día mi estadía más alegre en la ciudad de Trujillo, a mis amigos Henry, Josué, Jonathan, Carlos, William, Fernando, Aysha, Vanny, Katty, Yuliana, Nattaly, Yenifer y cada persona que me brindo su ayuda de manera desinteresada durante mi educación superior.

## **AGRADECIMIENTO**

El primer agradecimiento infinito es para nuestro DIOS todopoderoso que por su infinita misericordia me dio la vida para cumplir metas y objetivos, el segundo agradecimiento es para mis padres y hermanas; a ti padre querido ISIDRO RODRIGUEZ por todas tus enseñanzas y tu apoyo incondicional quien me enseñó el valor de la vida, a ti madre adorada LUZ NELINA quien lagrima a lagrima me acompañaste, con tus sabios consejos y tu gran amor de madre, tú supiste conocerme hasta por el tono de mi voz, a mis hermanos en especial a Wilder. Agradezco infinitamente a Dios por los mejores padres y hermanos que me dio y a ellos por todo lo que hicieron y hacen por mí.

## **PÁGINA DEL JURADO**

---

Ing. Alan Yordan Valdivieso Velarde

Presidente

---

Ing. Marlon Gastón Farfán Córdova

Secretario

---

Ing. Luis Alberto Horna Araujo

Vocal



## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Royser Rodríguez Vásquez, estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 47577515; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de mi autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 18 de Julio del 2019

---

Royser Rodríguez Vásquez

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN .....	3
II. MÉTODO.....	25
2.1 Tipo y Diseño de Investigación .....	25
2.2 Variables, Operacionalización.....	26
2.3 Población y muestra .....	27
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	27
2.5 Procedimiento.....	27
2.6 Métodos de análisis de datos .....	27
2.7 Aspectos éticos .....	27
III. RESULTADOS.....	28
3.1 Aspectos Generales .....	28
3.1.1 Ubicación Geográfica .....	28
3.2 Estudio de Mecánica de Suelos .....	28
3.2.1 Objetivo del estudio.....	28
3.2.2 Ubicación y descripción de adquisición de muestras de los suelos en estudio .....	28
3.2.3 Ensayos de Laboratorio .....	29
3.2.4 Caracterización de las Calicatas.....	29
3.3 Aplicación de los ensayos el DCP y CBR in situ.....	32
3.3.1 Penetrómetro Dinámico de Cono.....	32
3.3.2 Relación de soporte california CBR in situ.....	51
3.3.3 Correlación de CBR in situ y el DCP. ....	51
IV. DISCUSION .....	54
V. CONCLUSIONES .....	56
VI. RECOMENDACIONES .....	58
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS .....	66
Anexo 1: Figuras De Bases Teoricas.....	66
Anexo 2: Panel Fotográfico.....	73
Anexo 3: Estudio de Mecánica de Suelos.....	74
Anexo 4: Planos .....	119

## RESUMEN

La presente investigación titulada “Evaluación de la resistencia de suelos con Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y Relación de Soporte California (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018”, consiste en la identificación y evaluación de la resistencia de los suelos del distrito de Laredo, y en base a los resultados de los ensayos del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y Relación de Soporte California (CBR) in situ, realizar ecuaciones matemáticas de correlación para los diferentes tipos de suelos. Así mismo se procedió a la recopilación de información de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la localidad de Laredo, mediante trabajos de campo. Obteniendo parámetros de resistencia de los suelos para los ensayos CBR in situ y el DCP, obteniendo Valores de soporte CBR in situ de 30.70 a 43.21 % e índices DCP de 5.94 a 7.97 mm/golpe. Posteriormente se realizaron ensayos estándar en laboratorio para determinar las propiedades físicas de los suelos estudiados, clasificándolos como arena bien graduada con limo y grava (SW-SM), arena mal graduada con limo y grava (SP – SM) y arena limosa (SM). Así mismo realizando las correlaciones del ensayo DCP y CBR in situ, partiendo de las características de los suelos analizados.

Se realizó la ecuación de correlación para arena bien graduada con limo y grava (SW-SM) y arena limosa (SM), obteniendo la siguiente  $CBR (in\ situ) = 1.1351(DN)^2 - 20.622(DN) + 124.12$ , la cual presenta una variación máxima de 0.4%. Finalmente se realizó la ecuación de correlación para arena mal graduada con limo y grava (SP-SM), obteniendo la siguiente relación  $CBR (in\ situ) = 11.176(DN)^2 - 158.93(DN) + 591.24$ , la cual presenta una variación máxima de 0.1%.

**Palabras clave:** Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP), Relación de Soporte California (CBR) in situ, Evaluación, Suelos, Correlación.

## ABSTRACT

The present investigation titled "Evaluation of the resistance of the soils with Dynamic Cone Penetrometer (DCP) and California Bearing Ratio (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018", consists in the identification and evaluation of the resistance of the soils of the district of Laredo, and based on the results of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) and California Bearing Ratio (CBR) in situ tests, mathematical correlation equations are made for the different soil types. Likewise, we proceeded to the collection of information on the physical and mechanical properties of the soils of the town of Laredo, through field work. Obtaining soil strength parameters for CBR in situ tests and DCP, obtaining in situ CBR support values of 30.70 to 43.21% and DCP indexes of 5.94 to 7.97 mm / stroke. Subsequently, standard laboratory tests were carried out to determine the physical properties of the soils studied, classifying them as well graded sand with silt and gravel (SW-SM), badly graded sand with silt and gravel (SP - SM) and silty sand (SM). Likewise, making the correlations of the DCP and CBR test in situ, starting from the characteristics of the analyzed soils.

The correlation equation was made for well graduated sand with silt and gravel (SW-SM) and silty sand (SM), obtaining the following  $CBR (in\ situ) = 1.1351 (DN)^2 - 20.622 (DN) + 124.12$ , which It has a maximum variation of 0.4%. Finally, we obtained the following ratio  $CBR (in\ situ) = 11,176 (DN)^2 - 158.93 (DN) + 591.24$ , which presents a maximum amount of 0.1%.

Key words: Dynamic Cone Penetrometer (DCP), California Bearing Ratio (CBR) in situ, Evaluation, Soils, Correlation.

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene la finalidad de evaluar la capacidad de resistencia in situ de los suelos de la localidad de Laredo utilizando el Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y la Relación de Soporte California (CBR) in situ.

Conocer las propiedades del suelo in situ ha sido desde un principio de la ingeniería civil una de sus actividades más importantes y constituye una de las investigaciones más primordiales para el desarrollo de proyectos de ingeniería, como por ejemplo para una estructura de pavimento el parámetro más importante para evaluar las propiedades de la resistencia del suelo in situ ya sea en la subrasante, la base y subbase es el valor de Relación de Soporte California (CBR) En proyectos de ingeniería vial, la prueba de CBR es uno de los métodos más extendidos en la mayoría de los países para determinar la resistencia del suelo como también para los materiales de pavimentación, la prueba de CBR se puede realizar tanto en el laboratorio ensayando las muestras en las condiciones más desfavorables, pero no se logra representar las condiciones reales que se encuentra el suelo in situ, como también se puede ser CBR in situ prueba que es costosa y engorrosa de realizar por esta razón numerosos ingenieros recurren a otros métodos como por ejemplo al ensayo del Penetrómetro Dinámico de Cono que se viene utilizado con éxito ampliamente en Sudáfrica, Reino Unido, Estados Unidos, Australia y otros países porque es liviano , portátil y sobre todo económico y capaz de determinar el CBR in situ mediante una ecuación de correlación.

En la localidad de Laredo actualmente se realiza los estudios de mecánica de suelos con los métodos tradicionales como por ejemplo el CBR en laboratorio para determinar el valor de soporte del suelo, método que no logra representar las condiciones reales del comportamiento del suelo ya que sus muestras son ensayadas en condiciones desfavorables y como método indirecto no ofrece la confiabilidad que requieren estos ensayos.

Esta situación, ha sido tratada por diferentes investigadores, los cuales dedicaron su tiempo a realizar estudios relacionados con los ensayos anteriormente mencionados, dentro de ellos, tenemos a:

Arshad [et al] (2019), en su artículo denominado “Comparative Evaluation of Soil Subgrade Strength Using Laboratory and In-Situ Tests”, realizaron un estudio detallado del suelo, utilizando tres pruebas distintas de campo en seis secciones de subrasante de pavimento flexible en la región central de Malasia peninsular, el método utilizado fue a través de las pruebas: CBR in situ, el penetrómetro dinámico de cono (DCP) y a caída de peso portátil deflectómetro (P-FWD), donde los datos obtenidos fueron comparados y analizados en laboratorio, asimismo los modelos que desarrollaron de correlación que relaciono los datos de campo y los de laboratorio, obteniendo la siguiente ecuación de la correlación entre el CBR y DCP.  $CBR (\%) = 1.405DN + 4.939$  con un coeficiente de correlación  $R^2=0.551$ . concluyo que los valores obtenidos de CBR in situ son similares con los datos del CBR en laboratorio, además concluyeron que el DCP es el método más rentable para determinar la resistencia del suelo.

OTOKO [et al] (2019), en su artículo denominado “Empirical Cone Factor for Estimation of Undrained Shear Strength”, determinaron la resistencia al corte sin drenaje en base a factor de cono empírico en deltaica Sombreiro-Warri del Delta del Níger, Nigeria. desarrollaron el método a través de muestras cinco lugares llevados a laboratorio, asimismo se realizaron las pruebas de penetración de cono. Obteniendo como resultado la ecuación de correlación de la resistencia de corte no drenada y la resistencia del cono  $Pl = 0.25 NK + 12$ , con un factor del cono (Nk:50) para arcillas saturadas blandas que es el mayor valor de los sitios de estudio, por tanto, que la resistencia calculada es factible para el diseño de cimientos y terraplenes.

Sub Lee, [et al] (2019), en su artículo denominado “Assessing subgrade strength using an instrumented dynamic cone penetrometer”, caracterizaron la intensidad de la subrasante, a través del ensayo penetrómetro dinámico de cono (DCP), el método consistió en realizar varias pruebas DCP con celda de carga y acelerómetro para medir las respuestas dinámicas de fuerza y velocidad en cierto tiempo, obtuvieron como resultados que los datos del DCP instrumentado en campo tiene un alto grado de confiabilidad para obtención de datos de caracterización de la resistencia de la subrasante.

Wu, [et al] (2019), en su artículo denominado “Determination of the Engineering Properties of Submarine Soil Layers in the Bohai Sea Using the Piezocone Penetration Test”, realizaron una investigación de las propiedades de las capas del suelo submarino en el mar de Bohai, China, desarrollaron a través del ensayo de penetrómetro de piezcono (CPTU) para medir la resistencia, estimar la clasificación del suelo, la capacidad de carga de los cimientos de una sola pila, asimismo realizaron ensayos en laboratorio. Obtuvieron como resultados que los datos obtenidos del CPT, presento gran diferencia con respecto a los datos de laboratorio debido a los rellenos compactados de limo y arcilla dura en algunas capas, y la resistencia al corte no drenado, la sensibilidad a la arcilla y el OCR tiene gran similitud con el ensayo CPT cuando los parámetros  $N_{kt}$ ,  $N_s$  y  $k$  son 15, 6 y 0.3.

Zhang [et al] (2019), en su artículo denominado “Development and Application of an in Situ Penetrator for Rapid Strength Testing of Submarine Sediment”, desarrollaron un penetrador de cono de caída libre (IP), con el fin de medir de manera eficiente y rápida la resistencia de los sedimentos, el método consistió en diseñar un equipamiento para la adquisición de datos con un sensor de aceleración, presión de agua y una sonda de prueba de piezcono (CPTu), asimismo para determinar la correlación de la resistencia a la penetración y de la resistencia de sedimento diseñaron un calibrador para obtener un factor de velocidad de penetración, asimismo las pruebas de in situ en laboratorio, llevaron a cabo el IP in situ en Mar Amarillo del Sur, China. Los resultados que obtuvieron de IP fueron confiables de la resistencia del sedimento en comparación con los datos de laboratorio.

Du [et al], (2019), en su artículo denominado “Evaluation Method for the Liquefaction Potential Using the Standard Penetration Test Value Based on the CPTU Soil Behavior Type Index”, realizaron el método de compactación resonante como referencia para un nuevo método de evaluación del potencial de licuación de piezcono (SPTU) y la prueba de penetración estándar (STP). El método fue basado en el índice de tipo de comportamiento del suelo ( $I_c$ ), obtenido de las CPTU y el índice de prueba de penetración. El resultado del análisis reveló una relación lineal entre  $N_{63.5}$  y  $I_c$ , dada por cuanto mayor es el valor de  $I_c$ , mayor es la viscosidad del suelo y menor es el valor de  $N_{63.5}$ .

Ranasinghe [et al], (2019), en su artículo denominado “Genetic programming for predictions of effectiveness of rolling dynamic compaction with dynamic cone penetrometer test results”, realizó una compactación por rodadura (RDC), que emplea un módulo no circular remolcado detrás de un tractor, conocido como un método innovador de compactación del suelo. El método se basa en los datos relacionados con la densidad de in situ, desarrollaron también un modelo de predicción basado en la programación genética lineal (LGP), que es uno de los enfoques comunes en la aplicación de inteligencia artificial. El modelo se basa en datos relacionados con la densidad in situ con los términos de los resultados del penetrómetro dinámico de cono (DCP). Los resultados del estudio comparativo indican que el modelo LGP es óptimo y tiene un mejor rendimiento predictivo para determinar el grado de compactación.

Hernández (2018) en su trabajo la investigación denominada “Correlación entre la relación de soporte California (CBR) y el Penetrómetro Dinámico Cono (DCP) para el suelo de la ciudad de Sincelejo en Colombia”, el cual tuvo como objetivo caracterizar y encontrar una ecuación que correlacione adecuadamente CBR Y DCP para suelos finos. Las muestras de suelo para el estudio se tomaron en la ciudad de Sincelejo, Colombia, en el Divino Niño (sector I y III) y en los vecindarios de La Victoria, se seleccionó 46 puntos aleatorios dentro de la red de carreteras del área, aplicando el procedimiento establecido por la norma American Standard Testing Materials para obtener la curva DCP y el índice de penetración de suelo analizado in situ, de acuerdo con los resultados y teniendo en cuenta el sistema AASHTO, el 93.48% del material de sub rasante estudiado es un suelo tipo arcilla y el 6.52% es suelo limo. No obstante, según USCS, el 65,22% pertenece a suelos arcillosos de alta y baja plasticidad; 30.43% a suelos limosos, de alta y baja plasticidad; y el 4,35% es arena arcillosa. En términos generales, el suelo es de tipo arcilloso en un alto porcentaje de su composición, con la presencia de sedimentos y arenas arcillosas en proporciones más pequeñas. Para este tipo de suelo arcilloso, es necesario realizar trabajos de estabilización, especialmente por su baja capacidad de soporte cuando se somete a condiciones de alta humedad y para el caso de arcillas de alta plasticidad (CH), debido a su susceptibilidad a sufrir cambios volumétricos antes de las variaciones de humedad. La curva que obtuvo mostro un buen ajuste, con el coeficiente de determinación superior al 80%. esto indica que



la ecuación de correlación encontrada tiene una buena representación de los datos que obtuvo en las pruebas, la ecuación de correlación entre DCP y CBR se muestra a continuación.  $CBR = 112.03 / (DCP)^{0.803}$ . Concluyendo que “Las muestras de las pruebas llevadas a cabo in situ y en condición de laboratorio para definir el DCP y CBR de muestras analizadas, mostro un buen ajuste con un coeficiente de determinación mayor que 80%. Esto indico que la ecuación de correlación encontrada tiene una buena representación de los datos obtenidos en el ensayo”.

Zhang, [et al] (2018), en su artículo denominado “Measurement of Degree of Compaction of Fine-Grained Soil Subgrade Using Light Dynamic Penetrometer”, realizaron las pruebas: de compactación y del penetrómetro dinámico de luz (LDP) para determinar el grado de compactación de la subrasante típica de K24 + 600 de suelos finos, desarrollaron el método a través de muestras de arcilla con bajo limite liquido con distintas porciones de agua en el laboratorio, para luego obtener el grado de compactación de la relación de penetración (PR) con LDP de los ensayos de campo. obtenido la siguiente ecuación  $K = 0.1538\omega^2 - 3.9713\omega - 1.1284PR + 121.3193$  con un  $R^2 = 0.897$ , además que los datos desarrollados con el método numérico pueden ser sustituidos por los datos de agua medidos en campo, asimismo, que el grado de compactación del suelo de grano fino calculado en laboratorio es confiable como el valor medido en el campo.

Mousavi, Gabr y Borden (2018), en su artículo denominado “Resilient modulus prediction of soft low-plasticity Piedmont residual soil using dynamic cone penetrometer”, realizo un modelo a través de programa de pruebas de laboratorio tanto del módulo de resistencia como de propiedades de índice, asimismo por el método de DCP para determinar el módulo elástico de los suelos de subrasante residual de baja plasticidad de Piedmont, realizaron en cuatro secciones de prueba, asimismo las pruebas de laboratorio realizadas en muestras de suelo inalteradas. obtuvieron como resultados que hubo una buena concordancia del módulo resiliente entre los datos calculados del modelo con los datos de modulo elástico medido en el laboratorio con un coeficiente de 0.70, asimismo la validez de los modelos propuestos limita la aplicabilidad a una estructura de pavimento particular., finalmente con el modelo se predijo el modulo elástico de los suelos con una baja plasticidad (A-4), con  $PI < 5$  y  $40\% < P_{200} < 55\%$ .

Amadi [et al], (2018), en su artículo denominado “Case study of construction quality control monitoring and strength evaluation of a lateritic pavement using the dynamic cone penetrometer”, estudiaron la calidad y la resistencia de las capas de pavimento laterítico no estabilizadas de una carretera de 14 km de una sola calzada. El método que se utilizó fue los límites de Atterberg que revelaron altos límites de líquido, así como valores de índice de plasticidad en algunas secciones de la capa de la sub-base. Obtuvieron los siguientes resultados: de las muestras de suelo, y los valores de CBR botaron un porcentaje de 27 y 74 % que califican como buenos materiales de subrasante, y mientras que la CBR de sub-base varió de 15 a 50% y se calificó de sub-base de pobre a buena.

Zhang [et al], (2018), en su artículo denominado “Seasonal variations and in situ assessment of concrete pavement foundation mechanistic properties”, realizaron un estudio en base a la variación estacional en las capas de cimentación teniendo en cuenta que el diseño del pavimento se ajusta empíricamente a los valores del módulo de capa de la cimentación. El método que utilizó fue la prueba de DCP se realizó para estimar los valores de Relación de Soporte de California (CBR) de la subbase y la subrasante. Los resultados que obtuvieron fue en base al análisis de la temperatura para determinar los periodos de congelación y descongelación y las penetraciones de las heladas.

Guamán (2016) en su trabajo de investigación denominado “Estudio de la correlación del CBR con respecto al ensayo Penetrómetro Dinámico de Cónico estático en diferentes tipos de suelos”, tuvo como objetivo determinar la relación de los ensayos CBR de laboratorio y Penetrómetro Cónico Estático para establecer la resistencia al corte en varios tipos de suelos. Aplicando reconocimiento visual para de las áreas de estudio ubicados en Mocha, Baños en las Parroquias Huachi Grande – Salasaca – Quisapincha, Pinguilí y Río Verde – Río Negro. Posteriormente realizó una exploración mediante dos calicatas con la toma de muestras. Ejecutó la clasificación de los suelos mediante la metodología del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), también hizo el ensayo de compactación Próctor Modificado y el CBR de laboratorio. Mediante los datos de CBR y Penetrómetro Dinámico Estático obtenidos realizó el análisis estadístico aplicado tres métodos el Método de Karl Pearson, Método Normal y Método en Excel para hallar el coeficiente de correlación.

Los resultados muestran que el coeficiente de correlación es  $r = -0.8429$ , que implica que existe una correlación negativa alta. De esa manera se da la probabilidad del 84.29% de que la resistencia al corte de un suelo puede ser determinado mediante la aplicación de valores de CBR o viceversa. Finalmente concluyó que la determinación de la resistencia al corte utilizando en ensayo Penetrómetro Cónico Estático mediante el valor de CBR es viable debido a que existe una correlación alta y cumplen con la Norma AASHTO T 49-93, recomendó realizar análisis de correlaciones por separado de cada tipo de suelo con Penetrómetro Cónico Estático para determinar la resistencia a corte superficial debido a que cada tipo de suelo tiene diferente estado de compactación natural.

Feleke (2016) Realizo una investigación denominado “Predicción de CBR Usando DCP para materiales de sub-rasante locales”, tuvo como objetivo determinar los valores de CBR en base a las pruebas de DCP. El estudio se realizó en tramo de la ruta Mekelle Dengolat-Samre-Finarwa en Etiopia desde 0+000 al 16 + 700 kilómetros, En los puntos de prueba seleccionados se llevaron a cabo tanto el ensayo Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y la obtención especímenes de suelo a una profundidad de 0.8 a 1.50 m para ser analizadas en laboratorio. Los resultados muestran a partir del análisis de datos de CBR, se ha observado que los rangos de los valores de CBR para suelos de grano fino son de 4% a 11% y para grano grueso de 11% a 66%. En lo cual menciona que los suelos de grano grueso presentan mayor resistencia que los suelos de grano fino debido peso unitario y a la disponibilidad de vacíos de agua, el método estadístico que uso análisis de regresión lineal obteniendo un coeficiente  $r = 0.9302$  mostrando que existe una relación sólida.

Concluyendo que el “CBR puede reemplazarse por el ensayo DCP, además observo las condiciones generales de trabajo del ensayo DCP es más efectiva y eficiente que el ensayo de CBR. El ensayo de DCP es una solución más fácil, de bajo costo y una clase de ahorro de tiempo para la evolución de sub-rasante de caminos durante el estudio de mecánica de suelos”.

Kumar, (2014) en su artículo denominado “A Study of Correlation Between California Bearing Ratio (CBR) Value With Other Properties of Soil”, realizó una correlación del valor de CBR con MDD, OMC, LL, LP y PI de las muestras de suelo del Distrito de Nogaon

de Assam, India. El método realizado fue a través de dieciséis muestras de distintas partes del lugar de estudio, donde el límite líquido (LL) calculó mediante la prueba de penetrómetro dinámico de cono (DCP) y el límite plástico (LP) determinó por método hilo de laminación, asimismo realizó el CBR de acuerdo a IS:2720 parte XVI, con modelo de regresión lineal y en laboratorio. Obtuvo como resultados que el valor de CBR reduce cuando aumenta el índice de plasticidad y el contenido óptimo de humedad y por lo contrario que aumenta el valor CBR cuando aumenta la densidad seca máxima, además que los datos obtenidos del CBR con modelo hay una pequeña variación con respecto a los datos del laboratorio.

Llanos y Reyes (2017) en su trabajo de investigación denominado “análisis comparativo de las pruebas de California bearing ratio (CBR) de laboratorio y Penetración Dinámica de Cono (DCP) en el distrito de Picsi”, tuvo como objetivo demostrar la confiabilidad del ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) en la sub rasante de la localidad de Picsi con respecto California Bearing Ratio (CBR) de laboratorio de diseño, contemplando los estándares de las normas vigentes. Aplico los sistemas SUCS y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo dichas muestras fueron obtenidas en las 9 calicatas realizadas en las calles Real, Santa Rosa y la calle Congreso, en cuales se practicaron los ensayos del Penetrómetro Dinámico de Cono in situ y el ensayo de California Bearing Ratio de laboratorio utilizando la Norma CE.010 PAVIMENTOS URBANOS.

Los resultados obtenidos muestran dos ecuaciones de correlación. La ecuación para el tipo de suelo arena limosa (SM) de la localidad de Picsi es  $CBR_{LAB} = 0.3138(N DCP)^3 - 5.1495(N DCP)^2 + 25.226(N DCP) - 16.98$ , obteniendo una confiabilidad y siendo aceptable en un 97.65 % con un coeficiente de correlación de  $R^2 = 0,9765$  para suelos con las mismas características y la ecuación para los tipos de suelos: Arcilla Arenosa de baja plasticidad (CL) y Arcilla limo arenoso de baja plasticidad (CL-ML). De la localidad de Picsi es  $CBR_{LAB} = -0.7434*(N DCP)^3 + 21.661*(N DCP)^2 - 208.63*(N DCP) + 667.29$ , obteniendo una confiabilidad y siendo aceptable en un 97.65 % y un 99% con un coeficiente de correlación de  $R^2 = 1$  y  $R^2= 0.9765$ , para suelos con las mismas características. Finalmente concluyó que el ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono con respecto al

ensayo california bearing ratio (CBR) de laboratorio, es confiable y aceptable. También respecto a costos llega a costar a 42% del costo del ensayo california bearing ratio (CBR) de laboratorio y es más rápido de realizar y obtener resultados.

Injante (2012) en su trabajo de investigación denominado “Resistencia in situ sub-rasante empleando el Penetrómetro Dinámico de Cono en la ciudad de Ica”, tuvo como objetivo optimizar los costos operacionales de los pavimentos viales de la ciudad de Ica utilizando el Penetrómetro Dinámico de Cono para determinar la confiabilidad de los valores de CBR in situ a nivel de sub rasante. El estudio se realizó en 12 distritos de la provincia de Ica en suelos en estado natural utilizando el Penetrómetro Dinámico de Cono equipo con las mismas características que utilizó Kleyn y normalizado en el 2003 por la ASTM d 6951 – 03, a su vez se obtienen muestras inalteradas que se analizaron en laboratorio de acuerdo a Norma Técnica Peruana (NTP) 339. 145: 1999. Los resultados muestran que los suelos predominantes en dicha área de estudio son del tipo granular gravoso y el tipo agrícola limo arenoso y limo arcilloso, obteniendo una ecuación de correlación por cada distrito entre algunas de las ecuaciones tenemos la ecuación para el distrito de Pachacutec para un suelo arenoso limoso SP- SM,  $CBR = 268.49 / (DN)^{1.144}$ , reflejando la variación de resistencia CBR de acuerdo a sus propiedades del suelo, se observa un coeficiente bastante alto de correlación siendo el valor  $R^2 = 0.9847$  y el mínimo valor  $R^2 = 0.8939$ . Concluyo que los valores de CBR in situ calculados DCP mediante las formulas adquiridas durante su investigación difieren en  $\pm 10$  de los cálculos realizados con equipo apropiado, además agrego que el ensayo DCP sería un complemento primordial para determinar condiciones reales que se encuentran en el suelo de fundación.

Quispe (2012) en su trabajo investigación denominado “Evaluación de la capacidad de soporte del terreno por medio del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) para suelos puzolánicos zona de cerro colorado” lo cual tuvo como objetivo evaluar la capacidad de resistencia del suelo con ayuda del DCP en suelos puzolánicos del sector de cerro colorado Arequipa. El estudio fue realizado en el distrito de Cerro Colorado de Arequipa usando el DCP y para verificar posteriormente se realizó ensayos de CBR in situ, pero sin dejar a lado las demás pruebas tomando 6 muestras representativas ubicadas en el sector del parque industrial Rio Seco, Pachacutec, Variante de Uchumayo, Autopista Arequipa - La Joya,

Los resultados muestran que el mayor valor de índice CBR alcanzado es de un 50% en ensayo de CBR de laboratorio. Concluyendo que dependiendo el tipo de suelo de estudio, se tener en cuenta algunas precauciones con el DCP para su utilización. Siendo el más relevante que no se recomienda utilizar el DCP de 8kg en suelos sueltos porque tendríamos una variación obtención de datos, además agrego que DCP demostró ser un aparato demasiado efectivo y fiable en sus resultados.

Alva y Tupia (2001) En su presente investigación denominado “Evaluación de la capacidad de soporte del terreno por medio de un equipo de penetración dinámica” presentada en el XIII congreso nacional de ingeniería civil en noviembre del 2001, Tuvo como objetivo determinar condiciones reales que se encuentran el suelo y establecerlo en una ecuación estadística,” el estudio fue realizado en los suelos de las carreteras del Perú, siguiendo la metodología de ejecución para los ensayos de CBR de laboratorio normada por la ASTM-D 1883 y para los ensayos de CBR in situ la norma ASTM-D 4429-93, también utilizo modelos matemáticos para determinar valores de CBR en base a los ensayos de DCP. las mediciones se llevaron a cabo en puntos específicos de dichas avenidas: la Av. Canta Callao, Av. Naranjal y la Av. el Sol en los distritos de Los Olivos y San de Lurigancho.

Los resultados obtenidos muestran que los ensayos de campo y laboratorio. El CBR in situ resulto al 95% del CBR de laboratorio cuando el suelo presenta humedad cercana a la saturación y el grado de compacidad existente está en el rango de 60 89%. Presenta un mayor índice de penetración a 15 mm/golpe cuando la humedad es mayor a 9% en suelos plásticos, así mismo obtuvieron la siguiente ecuación de correlación  $CBR = 249(DN)^{-1.128}$  con un coeficiente de correlación  $R^2=0.85$ . concluyo finalmente que se puede sub dimensionar o sobre dimensionar si no se pone la atención requerida para determinar la capacidad de soporte del suelo de fundación además agrego que el DCP es un instrumento para obtener información geotécnica para diseño así mismo para realizar evaluaciones de manera rápida, confiable y más que todo económico.

De la Cruz (2012) en su investigación denominado “Verificación de las correlaciones empíricas entre el ensayo de penetración dinámica de cono y el ensayo de relación de soporte de california de los suelos tipo SP y CL del distrito de Trujillo” el cual tuvo como

objetivo la verificación de las correlaciones empíricas existentes entre el método de Penetrómetro dinámico de cono y método desarrollado por ingenieros viales de California denominado relación de soporte California en suelos del tipo arena mal graduada (SP) y arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) del distrito de Trujillo – Perú. Los métodos que utilizaron fueron la recopilación de datos en campo y ensayo de CBR de laboratorio para así determinar las características físicas y mecánicas de suelo, luego realizaron los ensayos de DCP y el CBR in situ. Las áreas donde realizó sus ensayos es la Urb. Daniel Hoyle y La Urb. La Esmeralda en cada una de las mencionadas urbanizaciones realizó 5 ensayos de DCP y 5 de CBR in situ. Obteniendo como resultados los siguientes datos de los ensayos CBR y DCP. Valores de soporte CBR de 20.7 - 26.4 % e índices DCP de 9.14 – 11.28 mm/golpe para el suelo tipo SP y CBR de 9.5 – 18.4 % no saturados y 6.4 – 8.1% saturados e índices DCP de 14.06 – 19.0 mm/golpe para el suelo tipo CL. Finalmente después de realizado la correlación obtuvo las siguientes ecuaciones para el suelo tipo SP la ecuación  $CBR = 256/(DN)^{1.04}$  y para el suelo tipo CL la ecuación  $CBR = 1/(0.018281*DN)^2$ . Concluyendo que las ecuaciones tienen variación de 2.91% y 3.131% con respecto a las ecuaciones establecidas en la ASTM 6951.

A efectos de desarrollar la presente investigación se ha considerado aspectos teóricos relacionados al tema, como se describen a continuación:

Penetrómetro Dinámico de Cono, el DCP fue inventado diseñado originalmente en Australia en 1956, posteriormente se desarrolló con gran ahínco en Sudáfrica para evaluar la resistencia o rigidez del pavimento in situ en la década de 1960. El Dr. D. J. van Vuuren diseñó el DCP original con un 30° cono (Van Vuuren, 1969). El Departamento de Carreteras de Transval en Sudáfrica comenzó a usar el DCP para investigar el pavimento de la carretera en 1973 (Kleyn, 1975). Kleyn informó los resultados relativos obtenidos utilizando un cono de 30° y un cono de 60°. En 1982, Kleyn describió otro diseño de DCP, que usaba una punta de cono de 60°, un martillo de 8 kg (17.6 lb) y una caída libre de 575 mm (22.6 in) (Kleyn, 1982). Este diseño fue luego adoptado gradualmente por países de todo el mundo.

El Penetrómetro Dinámico de Cono se define como un instrumento diseñado para la medición rápida in situ capaz de determinar los valores de CBR de sub-rasantes o de capas de pavimentos existentes sin necesidad de excavación de pozos a cielo abierto hasta una profundidad de auscultación determinada. Su capacidad para suprimir los pozos a cielo abierto es la gran ventaja de este ensayo de tal manera que es posible reducir los costos y minimizar las perturbaciones en el tránsito. Es un método no destructivo que mide la penetración dinámica por golpe a través de distintas capas de los pavimentos de carreteras existentes construidos con materiales no unidos. El diseño resistente y simple significa que el DCP es rápido y fácil de usar, portátil y adecuado para su uso en lugares donde el acceso puede ser difícil.

El DCP es un instrumento que nos ayuda a medir cuanto se puede penetrar por golpe a través de los diferentes estratos del suelo o capas que componen un pavimento. La penetración se da en función de resistencia de corte que presenta los estratos del suelo o las capas de materiales de diseño estructural de pavimento in situ. El perfil de estratigrafía brinda las propiedades de los diferentes estratos, que componen las condiciones reales del suelo. (Osorio, 2011, p.18).

El DCP es un método no destructivo, mide la penetración dinámica por golpes, capaz de determinar la capacidad estructural del suelo de fundación o terreno natural in situ. (Núñez, 2014, p.76).

El ensayo consiste en la introducción de una barra de acero liso de calibre 15.8 mm, la cual en su parte inferior se une con un cono recambiable o desechable de 60° y de calibre 20 mm. Así mismo cuenta con martillo de 8kg-f en su parte superior que se deja caer de altura de 575 mm, que va introduciendo la barra de acero liso al suelo. Cuenta también con una regla graduada donde realiza las lecturas de medición que esta sostenida por 2 soportes, uno en parte superior que está unido al yunque que es la base para realizar las lecturas y el otro en la parte inferior fijo unido a la barra de acero liso de penetración. Este ensayo realiza la medición dinámica de penetración por golpes ya sea en un suelo natural o en suelo cementado. (K.S. Gill et al., 2010).



El DCP lo describe la ATSM como una metodología estándar para el uso y aplicación del DCP en pavimentos en su publicación, con la designación: D 6951M – 09. brindado los siguientes componentes para el DCP de 8 Kg: cuenta con una barra de acero liso de calibre 15.8 mm (5/8”), la cual tiene en uno de extremos una punta cónica de 60° que puede ser cambiada por otra punta cónica de 30°, 45°, la varilla superior contiene una pesa de 8 kg. (17.6 lb) la cual se deja caer de una altura de 575mm (22,6”), en la unión entre la barra de acero liso inferior y superior, la barra inferior puede ser de 800 mm (31.5”) a 1000 mm (39.37”) de longitud. El yunque que une a dichas barras sostiene una regla graduada cada 1mm (0.04”) para realizar las lecturas de medición, la regla graduada llega hasta la base de la punta cónica que es un disco metálico que es atravesado por la barra de acero liso de calibre 15.8 mm (5/8”), este disco sostiene fijamente a la regla graduada y va apoyado al suelo. Por norma general todo el material de equipo debe ser de acero inoxidable para resistir la corrosión, excepto la punta cónica. Ver la figura1 (Anexo 1).

Se recomienda las siguientes tolerancias:

- ✓ Dimensión del peso de la pesa de 8kg. (17.6 lbs); con un rango permitido de variación de 0.01kg. (0.022 lbs).
- ✓ Dimensión del peso de la pesa de 4.6 kg. (10.1 lbs); con un rango permitido de variación de 0.01kg. (0.022 lbs).
- ✓ Longitud de caída de la pesa de 575 mm (22.6”); con un rango permitido de variación de 1.0 mm (0.039”).
- ✓ Medida de la punta cónica de 60°; con un rango permitido de variación de 1°.
- ✓ Medida de calibre base de la punta cónica de 20mm (0.79”); con un rango permitido de variación de 0.25 mm (0.01”).

Además del DCP, se necesita tener los siguientes equipos:

- ✓ Herramientas manuales para el acoplamiento del DCP.
- ✓ Lubricante para que facilite la fricción entre los elementos que forman el DCP.
- ✓ Herramientas manuales que nos faciliten sacar las roscas.

- ✓ Fichas establecidas por norma para la anotación de datos.

Dependiendo a la condición donde se va a llevar a cabo puede que se requiera contar con el siguiente equipo, es bueno tenerlo en cuenta.

- ✓ Una regla más larga graduada cada 0.1 mm (0.04") en caso que la regla guía no sea graduada.
- ✓ Punta cónica desechables o recambiables.
- ✓ Una pesa dual
- ✓ Un equipo de extracción se recomendado si no se utilizan punta cónica desechables.

Alternativas de uso del DCP.

Mediante este el uso del ensayo puede destacar lo siguiente:

- ✓ Se puede estimar el espesor de las capas y las condiciones que se encuentran los pavimentos.
- ✓ Permite llevar un buen seguimiento de calidad y uniformidad durante el periodo de compactación de las diferentes capas durante la ejecución de la construcción del pavimento.

Modelo Matemático

A través de ecuaciones matemáticas se han ido representando la relación entre la resistencia de penetración que presenta el suelo ante la punta y la profundidad hincada por mencionada punta, una de las ecuaciones es de Hiley que simplificando se obtiene:

$$R = \frac{W_1 h}{D} \frac{W_1 + e^2 + W_2}{W_1 + W_2}$$

Donde:

R: Resistencia a la penetración

$W_1$ : Peso de la masa de impacto.

$W_2$ : Peso muerto del aparato incluida la masa.

D: Profundidad de penetración.

e: Coeficiente de restitución.

Teniendo en cuenta la expresión anterior, la función inversa de la penetración es la resistencia.

$$R = A(D^{-1})$$

Siendo:

$$A = \frac{W_1 h(W_1 + e^2 W_2)}{W_1 + W_2}$$

Si asumimos CBR en función de la resistencia penetración (R), podemos decir que:

$$CBR = A1 (D)^{-1}$$

Siendo A una contante. Se supone que esta última expresión es eficiente al 100% ya que no existe ninguna pérdida de energía, que en la realidad si se produce perdidas ya sea por causas de la barra de acero liso del penetrómetro y del suelo al presentar compresión elástica o por otros factores externos que quedan ocasionar imprecisión en determinación de valores. Por consecuencia la expresión anterior sufre modificaciones.

$$CBR = A(D)^{-B}$$

La Curva Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP). Es un gráfico que representa el proceso penetración del instrumento DCP a través de los estratos existentes del suelo o del pavimento que representan con diversas líneas, relacionando el porcentaje de número de golpes acumulados vs la penetración acumulada todo esto expresado en mm/golpe.

Cada estrato homogéneo de suelo da origen a una línea cuya pendiente se denomina índice de penetración o número DCP (DN), mostrando una medida de su resistencia. (Tupia & Alva, 2001). Ver figura 2 (anexo 1).

El Índice de penetración ó número DCP (DN). Es una medida que determina la resistencia promedio del suelo a través de estratos específicos, muestra la penetración alcanzada por

golpe expresada en mm/golpe. Así mismo cuando pendiente es más vertical, la resistencia del suelo será menor. Se calcula con la siguiente formula:

La penetración por golpe se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Penetracion por golpe(mm)} = \frac{\text{Penetracion entre lecturas (mm)}}{\text{Numero de golpes}}$$

Fuente: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

El índice del DCP (DN) se calcula con la siguiente formula:

índice DCP (DN) = Penetración por golpe (mm)\*Factor del martillo

MARTILLOS	FACTOR DE MARTILLO
Martillo de 8 kg.	1
Martillo de 4.6 kg.	2

Cuadro 1: penetración por golpe  
Fuente: (Pontificia Universidad Católica del Ecuador).

El Diagrama Estructural. Es el que resulta de la curva DCP donde se relaciona el índice de penetración ó número DCP (DN) con la profundidad. Cuando el número DCP permanece constante da entender que el estrato es uniforme así mismo los cambios señalan variaciones en las propiedades del DN por cambios de densidad y humedad o también por cambios de estrato. ver la figura 3 (anexo 1).

El Numero estructural DCP (DSN). Es el total de golpes que se necesita para lograr penetrar a hasta una determinada profundidad. Por ejemplo, DSN800 le concierne el número total de golpes necesarios para penetrar 800mm de profundidad de suelo.

La Curva de balance estructural. Es lo cual define como la relación entre el porcentaje de golpes necesarios para penetrar una profundidad determinada, con respecto a la cantidad total de golpes requeridos para alcanzar el 100% de penetración de la profundidad del suelo o pavimento evaluado. (Angelone, Tosticarelli y Martinez).

Generalmente disminuye la capacidad estructural de un pavimento respecto a profundidad. Así mismo si no presenta discontinuidad, y dichos cambios son uniformes, se puede decir que el pavimento se encuentra en un equilibrio estructural. (Angelone, Tosticarelli y Martinez).

$$BN_Z = DSN_Z / DSN_{800} * 100(\%)$$

Donde:

BN<sub>Z</sub>: Número balance para Z mm de profundidad.

DSN<sub>Z</sub>: Número de golpes requeridos para penetrar Z mm.

DSN<sub>800</sub>: Número de golpes requeridos para penetrar 800 mm.

Fuente: Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras (IMAE) – FAC. De Ingeniería.

El BN<sub>Z</sub> es valor que indica el porcentaje total de la capacidad estructural de los estratos existentes hasta una profundidad de penetración z determinada. Si por ejemplo BN (100) esto da entender que son los primeros 100 mm de estrato que es igual al 0.10 %. Estos 100mm aportan una capacidad estructural de 40% del total.

Si graficamos los valores conseguidos de DSN con él % en función de la profundidad de DSN800. Obteniéndose la curva de balance estructural que se muestra a continuación para un BN (100). Ver figura 4 (anexo 1).

Tras obtener los resultados de los ensayos DCP estos resultados se pueden correlacionar con facilidad, para obtener el CBR in situ mediante ecuaciones desarrolladas por diversos investigadores de varios países las cuales se presentan a continuación.

Cuadro de ecuaciones de correlaciones para obtener el CBR in situ de un material de subrasante a partir de datos obtenidos por el ensayo de DCP.

AUTOR	ECUACIÓN
Ministerio De Obras Públicas y Transporte – Colombia (1992)	$CBR = 567.0(DN)-1.40$
KLEY Y VAN HEERDEN (1983)	$CBR = 428.5(DN)-1.28$
PONCE, GUZMAN Y GUZMAN	$CBR = 777.2(DN)-1.46$
HARRISON (1987)	$CBR = 646.0(DN)-1.32$
ASTM D 6951 - 09	$CBR = 292 (DN)-1.12$

Cuadro 2: Ecuaciones de correlaciones para obtener el CBR in situ.

Fuente: Nociones Sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras – Volumen 1. Copyright 2010 Universidad pedagógica y Tecnológica de Colombia.

#### Normalización ASTM - D6951 (03) y ASTM - D6951 M (09)

En consecuencia a las diferentes pruebas realizadas a lo largo de casi 40 años y experiencias obtenidas con el DCP en distintas partes del mundo. la Asociación Americana de Ensayo de Materiales conocida por sus siglas en inglés como ASTM. Publico en año 2003 la primera estandarización del uso de DCP denominado “Estándar Test Method for Use Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications” con el número de publicación D-6951 (03), que seis años más tarde publicado una nueva versión que corregía y modificaba a la primera versión publicada anteriormente. Con esta guía estandarizada por la ASTM se uniformizado los instrumentos de DCP a nivel mundial como también los procedimientos de trabajo con el fin obtener resultados más confiables, aun así, todavía se realiza investigaciones en distintas partes del mundo con el fin denominador de reforzar y emendar los posibles errores que pueden haber.

Actualmente en el Perú el uso del ensayo de DCP se encuentra en proceso de ser normalizado, el cual se debe que, en algunos departamentos del Perú como Arequipa, Ica, Lambayeque, Lima y Trujillo, se han realizado investigaciones con este ensayo demostrando que es confiable, económico y fácil de utilización para obtener valores in situ de la resistencia del suelo. Si bien se sabe que para un ensayo se normalizado tiene que pasar por evaluación del Comité de Geotecnia. Existen diferentes documentos técnicos por ejemplo el Instituto de Desarrollo de Pavimentos del Perú (IDPP) que recomienda el uso del ensayo de DCP únicamente en algunos trabajos in situ, también Reglamento

Nacional de Edificaciones (RNE) menciona y recomienda en Componentes Estructurales CE 010 capítulo 3.00, ítem 3.2.1: tabla 1, nos dice que si puede ser utilizado pero que es observable o desestimado por no estar validado en la Norma Técnica Peruana (NTP).

Relación de soporte California (CBR), este ensayo fue presentado y sustentado por los ingenieros del departamento de carreteras de California T. E. Stamtom y O.J. Peter por el año de 1929 en los Estados Unidos de Norte América. En lo cual se utilizó un espécimen de roca chancada California para realizar el ensayo. Desde entonces dicho ensayo se generalizó por Europa y en toda América, se llegó a utilizar incluso en la segunda guerra mundial para la construcción de carreteras y pistas de aterrizaje por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos de Norte América. La ASTM le denominó a este ensayo con el nombre "California Bearing Ratio" el cual está estandarizado con el número ASTM D1883-73, que es una manera de obtener las propiedades de los materiales a usar en la base de una carretera. (Osorio & Casas, 2011, p.23).

El CBR es un ensayo que estima las condiciones que se encuentran en el suelo por medio de la densidad y humedad, para expresar la resistencia del suelo al esfuerzo cortante. Para luego ser presentado en un porcentaje con relación a la carga unitaria que se requiere para penetrar un pistón dentro de una muestra con piedra triturada, que se puede apreciar en la siguiente tabla de resistencias y penetraciones estándar. Ver figuras 5 y 6 (anexo 1).

El CBR in situ se define como el ensayo que se realiza en condiciones naturales del suelo y como también cuando a este se haya realizado un mejoramiento, estimando así su capacidad de carga y la resistencia mecánica de la subrasante también se utiliza para las capas que componen la estructura del pavimento. Ver figura 7 (anexo 1).

Este ensayo puede ser utilizado en cualquiera de las siguientes condiciones para evaluar y diseñar.

- ✓ Cuando el suelo está un porcentaje de vacíos mayor del 80% de saturación (llenos de agua).
- ✓ Cuando los estratos del suelo son de grano grueso y no cohesivo no se ven afectados de modo significativo por las variaciones de humedad.

- ✓ Cuando el suelo no ha sufrido ninguna modificación actividades antropogénicas.

Por ultimo este ensayo tiene la finalidad obtener el valor de CBR de los materiales colocados en las capas del pavimento, para luego compararlos con los valores obtenidos en CBR de laboratorio. Ver figura 8 (anexo 1).

Para efectos de conocer el equipo del CBR in situ se describe a continuación, que cuenta con una gata mecánico de tornillo, normalmente se utiliza para levantar cargas pesadas, se manipula manualmente, cuenta con mecanismo giratorio en particular de manivela cuya función es colocar la carga a un pistón lo cual va penetrar al suelo elaborado con las especificaciones que se darán a conocer continuación:

- ✓ Tendrá una mínima capacidad de 2700 Kg (5950 lbs).
- ✓ La mínima altura será de 50 mm (2")
- ✓ Contará con manivela desarmable 150 mm (6") de diámetro.
- ✓ Su rotación será alrededor de 2.40 giros por 1.00 mm (0.04") para una relación alta de velocidad.
- ✓ Su rotación será alrededor de 5 giros por 1.00 mm (0.04") para una relación media de velocidad.
- ✓ Su rotación será alrededor de 14 giros por 1.00 mm (0.04") para una relación baja de velocidad.
- ✓ Se recomienda utilizar otras velocidades cuando el esto lo requiera.
- ✓ Incluso es recomendado el utilizar otros gatos mecánicos, siempre que se consiga uniformidad de 1.30 mm (0.05") por minuto de penetración – carga.

Para efectos de los cálculos del CBR in situ, con los datos recopilados en campo, se realiza lo siguientes cálculos.

La curva de esfuerzos vs penetración, se realiza el cálculo para cada aumento de esfuerzo de penetración, luego se divide el área del pistón por la fuerza suministrada, a veces se



puede suscitar que la curva de Esfuerzo vs Penetración resulta al principio cóncava esto se ocasiona por la irregularidad en la superficie o por otros factores, de tal modo que se tiene reajustar el punto cero, como muestra el grafico a continuación. Ver figura 9 (Anexo 1).

La Relación de Soporte CBR in situ, una vez subsanada la curva de esfuerzo vs penetración, debemos tomar valores de esfuerzo para profundidades de penetración 2.54 mm (0.100") y 5.08 mm (0.200"), calculando para cada uno la relación de soporte y los esfuerzos subsanados le dividimos entre 6.9 MPa (1000 lb/pulg<sup>2</sup>) y 10.3 MPa (1000 lb/pulg<sup>2</sup>) y por último multiplicamos por 100. Para el máximo esfuerzo se realizará un cálculo complementario cuando la profundidad de penetración está por debajo de 5.08 mm (0.200") y si esta relación se encuentra por encima de 5.08 mm (0.200") se recomienda volver hacer el ensayo, sí se mantuviese igual o similar, se utiliza para 5.08 mm (0.200") de profundidad de penetración dicha relación de soporte.

La realidad problemática, los antecedentes y la teoría nos lleva a formular la siguiente pregunta de investigación. ¿Cuál es la relación existente entre la resistencia del suelo evaluada mediante el uso de un Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y la Relación de Soporte California (CBR) in situ, en la localidad de Laredo?

La investigación se justifica de manera técnica porque permitirá contrastar las teorías sobre la variable en los aspectos de la realidad en que se aplica la determinación in situ de las propiedades y resistencia del suelo de fundación. Las cuáles serán verificadas a través de los ensayos de DCP que permite optimizar tiempo, recursos y minimizar costos gracias a su fácil transporte y operatividad, siendo un ensayo no destructivo, aunque carece de una normativa vigente en el país, pero es mencionado en la norma CE 010. Por otro lado, el CBR in situ es una técnica que implica un incremento en costos y logística, pero la cual se encuentra normada en la normativa MTC E 133. Desde el criterio académico, se justifica por cuanto es un requisito prescrito por la universidad y la facultad, que través de la presente investigación se dará a conocer in situ las propiedades de resistencia del suelo de fundación utilizando ensayos, conocer las propiedades del suelo ha sido desde un principio de la ingeniería civil una de sus actividades más importantes. a partir de estos ensayos se genera un antecedente que puede ser utilizado para futuras investigaciones. Por otro lado,

desde el punto de vista metodológica, tiene el propósito de fortalecer el interés en ramo de la ingeniería vial, para la evaluación del suelo de fundación mediante la utilización in situ de ensayos confiables como el DCP y CBR in situ. Además, será fuente de consulta en la formación de profesionales del campo de la ingeniería civil y demás interesados en la materia y desde el punto de vista social y económico la investigación permitió que el DCP establezca beneficios y utilidades al emplear el equipo, debido a su bajo costo de uso operacional. Constituyendo base esencial y punto de partida en la localidad de Laredo para la evaluación de la resistencia de los suelos para realizar futuros proyectos de mejoramiento vial y económico.

Esta investigación se trabajó bajo la siguiente hipótesis: “la evaluación de la resistencia del suelo en la localidad de Laredo, utilizando los ensayos DCP y CBR in situ, permite establecer una relación mediante una expresión matemática”.

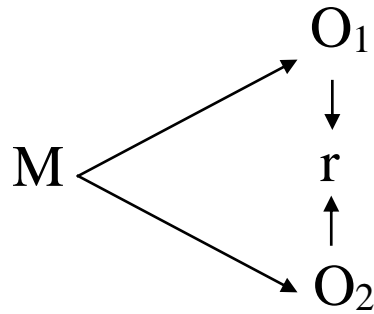
Así mismo esta investigación respondió al siguiente objetivo general: Evaluar la resistencia de los diferentes tipos de suelo en la localidad de Laredo utilizando el penetrómetro dinámico (DCP) y CBR in situ.

De igual forma responde específicamente a los siguientes objetivos específicos: 1). Determinar las propiedades físicas de los suelos en estudio y clasificarlos. 2). Determinar la curva de Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP), diagrama estructural y el balance estructural de los suelos en estudio 3). Obtener el CBR in situ del suelo a través de ensayo de campo. 4). Realizar un análisis, correlacional entre los resultados de los ensayos Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y Relación de Soporte California (CBR) in situ.

## II. MÉTODO

### 2.1 Tipo y Diseño de Investigación

De acuerdo al fin que se desea alcanzar, el presente proyecto se clasifica en una investigación descriptivo – correlacional



Donde:

M: Suelos de distrito de Laredo

O1: Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP).

O2: Relación de Soporte California (CBR) in situ.

r : Relación entre DCP y CBR

## 2.2 Variables, Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Evaluación de la resistencia del suelo.	La evaluación de la resistencia del suelo es la determinación de la capacidad que posee para soportar presiones y cargas externas aplicadas, sin que sufra ninguna deformación o daños irreparables. (Osorio y Casas).	La evaluación de la resistencia del suelo se mide mediante los siguientes ensayos “in situ”, el DCP que evalúa la resistencia a través de la penetración dinámica por golpes (ASTM-D-6951) y el CBR in situ que mide la resistencia del suelo mediante la comparación entre la carga penetración vs el material estándar de referencia (ASTM-D 4429-93)	Propiedades físicas del suelo	Granulometría (%)	Razón
				Límites de consistencia (%)	Razón
			Propiedades mecánicas del suelo	CBR in situ (%)	Razón
				DCP	Razón

### 2.3 Población y muestra

Población está conformada por los suelos del distrito de Laredo. La muestra está conformada por 6 puntos específicamente ubicados cada 100 m en la avenida Luis Condemarin. En la cuales se realizaron los ensayos de Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y en CBR in situ.

### 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La técnica de acuerdo a la metodología de los ensayos se usó la observación directa de los sucesos para la replicación de datos, utilizado fichas técnicas, lo cual está estandarizado por la ASTM. Los instrumentos para la recolección de datos en el desarrollo de investigación fueron las fichas estandarizadas por la ASTM de acuerdo a los ensayos que se llevaran a cabo. Ver fichas 1y 2 (anexo 1).

### 2.5 Procedimiento

Se procedió a realizar el reconocimiento del área de estudio y la ubicación de los puntos de calicatas, luego se visitó con el equipo especializado para extraer las muestras de suelos, posteriormente se realizó las pruebas de DCP y CBR in situ, después las muestras fueron llevadas al laboratorio de mecánica de suelos de Universidad Cesar Vallejo, donde se llevó a cabo la clasificación de los suelos y así mismo en gabinete se procedía procesamiento de los datos obtenidos del DCP y CBR in situ.

### 2.6 Métodos de análisis de datos

Se utilizó el programa MICROSOFT EXCEL 2016 donde se procesó la información obtenida en cada uno de los ensayos realizados.

### 2.7 Aspectos éticos

Uno de los fundamentos básicos de este proyecto de investigación es la ética, por lo que se empleara una utilización fidedigno y responsable de la información, respetando la de propiedad intelectual, la cual figurara en las referencias bibliográficas, los datos recopilados en campo y analizados respectivamente se anexaran al final.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Aspectos Generales

##### 3.1.1 Ubicación Geográfica

La presente investigación se realizó en el distrito de Laredo ubicado a 9 kilómetros aproximadamente de la ciudad de Trujillo de la región La Libertad Perú. con una superficie de 335.44 km<sup>2</sup> a una altitud de 89 m.s.n.m. las coordenadas geográficas de su ubicación son las siguientes: 8° 00' 30" a 8° 08' 30" de la latitud Sur y entre 80° 50' 00" a 79° 15' 00" de longitud Oeste. como se puede observar en el anexo 4 (Plano de Ubicación y Localización (UL-01)).

El distrito de Laredo tiene los siguientes límites: por el Este con el distrito de Poroto, por el Sur con el distrito de Salaverry, por el Norte con el distrito de Huanchaco, por el Oeste con los distritos de Moche, Trujillo y por último con el Porvenir.

Se caracteriza por tener un clima semi cálido y con las estaciones anuales bien definidas su temperatura media anual es aproximadamente de 20° C, teniendo un descenso de su temperatura en la temporada de invierno de 11° C y en la temporada de verano presenta un ascenso de temperaturas que oscilan entre de 31° 30° C. Contando con varias vías de acceso como por ejemplo la carretera industrial, la avenida Pumacahua y otras.

#### 3.2 Estudio de Mecánica de Suelos

##### 3.2.1 Objetivo del estudio

Es describir los trabajos realizados en campo, laboratorio y por último el de gabinete, llevadas a cabo en la Avenida Luis Condemarin del distrito de Laredo, Trujillo – La Libertad, con también en los laboratorios de Universidad Privada Cesar Vallejo, donde se determinó las características físicas y mecánicas del suelo.

##### 3.2.2 Ubicación y descripción de adquisición de muestras de los suelos en estudio

En la Avenida Luis Condemarin del distrito de Laredo, Trujillo – La Libertad, se realizaron 6 calicatas de 1.00x1.00x1.50 m en la avenida Luis Condemarin, dichas calicatas se realizaron para obtener especímenes de 4.00 kg por cada estrato de suelo. de lo cual las muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Privada Cesar Vallejo (laboratorios de Moche). Los demás ensayos como el CBR in situ y DCP se realizaron en

el mismo lugar donde obtuvimos las muestras de suelos. A continuación, se presenta lista las coordenadas UTM de los puntos donde se llevaron las calicatas y los ensayos de DCP y el CBR in situ.

Cuadro 4: Ubicación de las calicatas

DESCRIPCION	COORDENADAS UTM	
	NORTE	ESTE
Calicata N° 1	9106163.58	725025.90
Calicata N° 2	9106239.83	725073.76
Calicata N° 3	9106317.30	725121.41
Calicata N° 4	9106411.31	725180.41
Calicata N° 5	9106501.02	725237.59
Calicata N° 6	9106598.39	725296.15

Fuente: Elaboración propia

Las coordenadas UTM se obtuvo con ayuda de un GPS, las calicatas se realizaron según la norma NTP 339.162.2001 a una distancia de 100 m cada calicata.

### 3.2.3 Ensayos de Laboratorio

Después de haber tenido las muestras se procedió a realizar las correspondientes pruebas con la finalidad de identificar y clasificar los suelos: análisis granulométrico por tamizado, límite líquido, límite plástico, contenido de humedad y por último se hizo clasificación del suelo por SUCS y AASTHO para sí saber el tipo de suelo donde realizamos nuestros ensayos.

- Análisis Granulométricos - NTP 339.128, ASTM D 422.
- Límite Líquido - NTP 339.129, ASTM 4318.
- Límite Plástico - NTP 339.129, ASTM 4318.
- Contenido de Humedad. - NTP 339.127, ASTM D 2216.

### 3.2.4 Caracterización de las Calicatas

#### CALICATA N°1

Clasificación del tipo de suelo: se clasifico por SUCS en SW – SM (Arena bien graduada con limo y grava), por AASTHO en A – 1-b (0) (Fragmentos de roca, grava y arena / excelente a bueno).

Contenido de Humedad Natural: 3.44%

#### CALICATA N°2

Clasificación del tipo de suelo: se clasifico por SUCS en SP – SM (Arena mal graduada con limo y grava), por AASHTO en A – 1-b (0) (Fragmentos de roca, grava y arena / excelente a bueno).

Contenido de Humedad Natural: 4.05%

#### CALICATA N°3

Clasificación del tipo de suelo: se clasifico por SUCS en SM (Arena Limosa), por AASHTO en A – 2– 4 (0) (Grava y arena limo o arcillosa/ excelente a bueno).

Contenido de Humedad Natural: 6.90%

#### CALICATA N°4

Clasificación del tipo de suelo: se clasifico por SUCS en SW-SM (Arena bien graduada con limo y grava), por AASHTO en A – 1– a (0) (Fragmentos de roca, grava y arena/ excelente a bueno).

Contenido de Humedad natural: 3.75%

#### CALICATA N°5

Clasificación del tipo de suelo: se clasifico por SUCS en SP-SM (Arena mal graduada con limo y grava), por AASHTO en A – 1– b (0) (Fragmentos de roca, grava y arena/ excelente a bueno).

Contenido de Humedad Natural: 4.07%

#### CALICATA N°6

Clasificación del tipo de suelo: se clasifico por SUCS en SP-SM (Arena mal graduada con limo y grava), por AASHTO en A – 1– b (0) (Fragmentos de roca, grava y arena/ excelente a bueno).

Contenido de Humedad Natural: 4.07%



En el siguiente cuadro se muestra el resumen de las propiedades físicas y su clasificación de las 6 calicatas del distrito de Laredo.

CUADRO 5: RESUMEN DE CALICATAS

UBICACIÓN				AV. LUIS CONDEMARIN LAREDO – TRUJILLO – LA LIBERTAD - PERÚ								
CALICATA				PROPIEDADES FISICAS						CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
Nº	Coordenadas	Estrato	Prof. Estrato	% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	SUCS	AASTHO	
C-1	E=725025.90 N=9106163.58	E-1	1.50 m	3.44	6.85	69.90	23.25	NP	NP	SW-SM	A-1-b (0)	Arena bien graduada con limo y grava.
C-2	E=725073.76 N=9106239.83	E-1	1.50 m	4.05	7.92	76.28	15.80	NP	NP	SP-SM	A-1-b (0)	Arena mal graduada con limo y grava.
C-3	E=725121.41 N=9106317.30	E-1	1.50 m	6.90	29.15	67.96	2.89	15	14	SM	A-2-4 (0)	Arena Limosa.
C-4	E=725180.41 N=9106411.31	E-1	1.50 m	3.75	5.85	60.00	34.15	NP	NP	SW-SM	A-1-a (0)	Arena bien graduada con limo y grava.
C-5	E=725237.59 N=9106501.02	E-1	1.50 m	4.07	10.11	72.66	17.23	NP	NP	SP-SM	A-1-b (0)	Arena mal graduada con limo y grava.
C-6	E=725296.15 N=9106598.39	E-1	1.50 m	3.75	9.06	74.32	16.62	NP	NP	SW-SM.	A-1-b (0)	Arena bien graduada con limo y grava.

### 3.3 Aplicación de los ensayos el DCP y CBR in situ

#### 3.3.1 Penetrómetro Dinámico de Cono

su aplicación se realizó en cada uno de los puntos de donde se extraeron las muestras para el laboratorio este ensayo comprendió de los siguientes pasos:

Se ubicaron los puntos donde realizamos los ensayos a una distancia de 100 metros cada uno, antes de empezar con el ensayo se realizó la limpieza del área en donde con la ayuda de herramientas manuales como un pico y una pala se excavo una capa de 10 cm como indica la norma ASTM 6951-09, luego se prosiguió a ensamblar el DCP, una vez terminado de ensamblar se colocó la punta del DCP en el área de estudio, para este ensayo fue necesario contar con tres operarios de cual el primer operario se encargó de sostener y mantener el DCP perpendicular a superficie del terreno mientras tanto el segundo se encargó de levantar el martillo de 8 kg hasta la parte superior y dejarlo caer libremente desde una altura de 575mm sin impulsar hacia abajo y por último el tercer operario se encargó de registrar las medidas de la profundidad de penetración con sus respectivo número de golpes en el formato de campo obteniendo los siguientes resultados.

## CALICATA 1

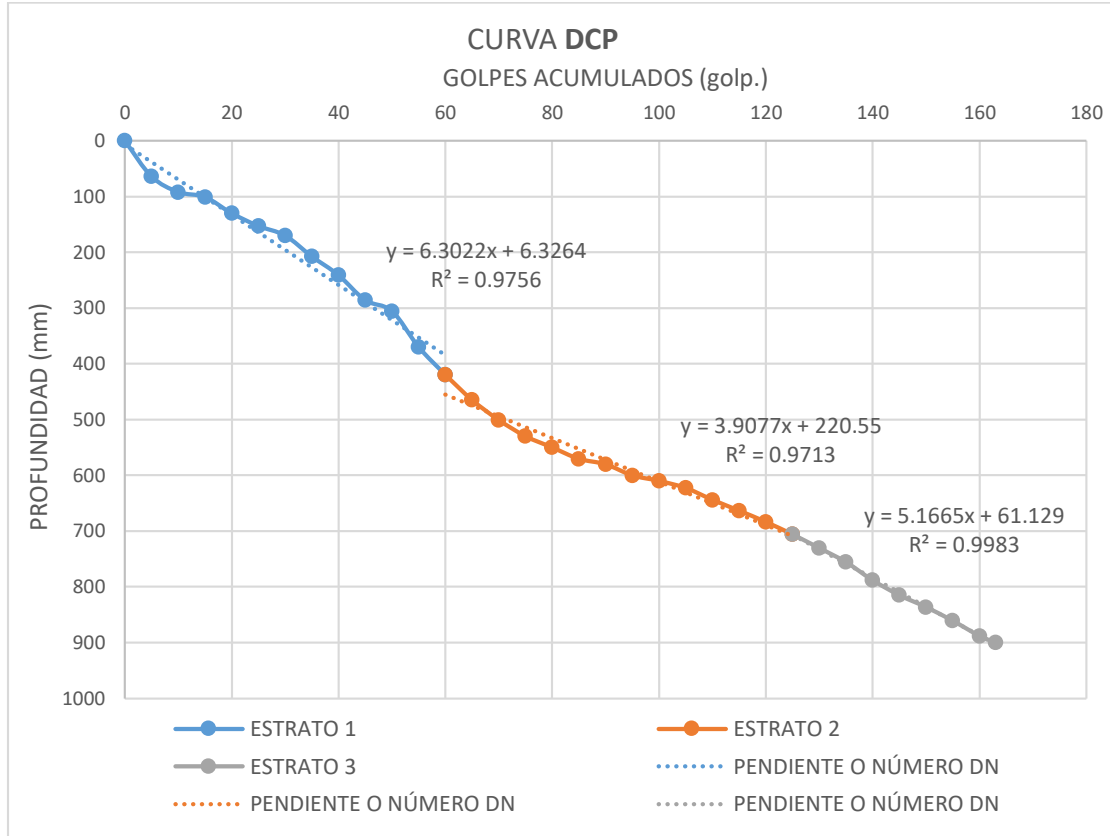


Figura 10: Curva de Penetrómetro Dinámico de Cono.

En la Figura 10 correspondiente la curva de DCP la cual gráfica la profundidad de penetración vs número de golpes acumulados del DCP-C01. en la cual podemos visibilizar el número de estratos o capas existentes, en nuestro caso se registraron tres estratos de suelo como se puede visibilizar en la gráfica dando origen a tres rectas distintas con pendientes diferentes. la pendiente es el DN o índice de penetración del DCP y representa la resistencia del estrato de suelo medida en mm/golp.

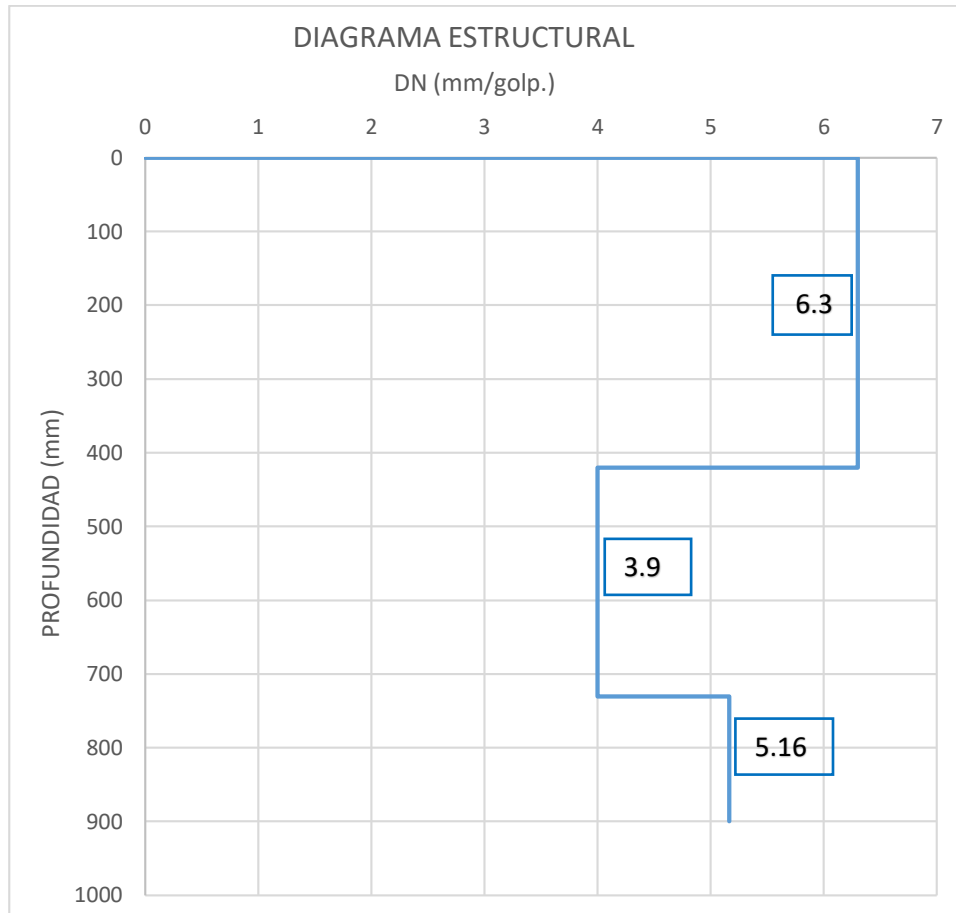


Figura11: Diagrama Estructural del DCP.

En la figura 11 se refiere al diagrama estructural lo cual gráfica la profundidad de penetración vs número DCP (DN) del PDC-01. 6.3 - 3.9 y 5.16 son el número DN obtenidos en cada estrato estos fueron utilizados para realizar la gráfica del diagrama estructural, nota cuando la pendiente es mayor la resistencia del suelo es menor.

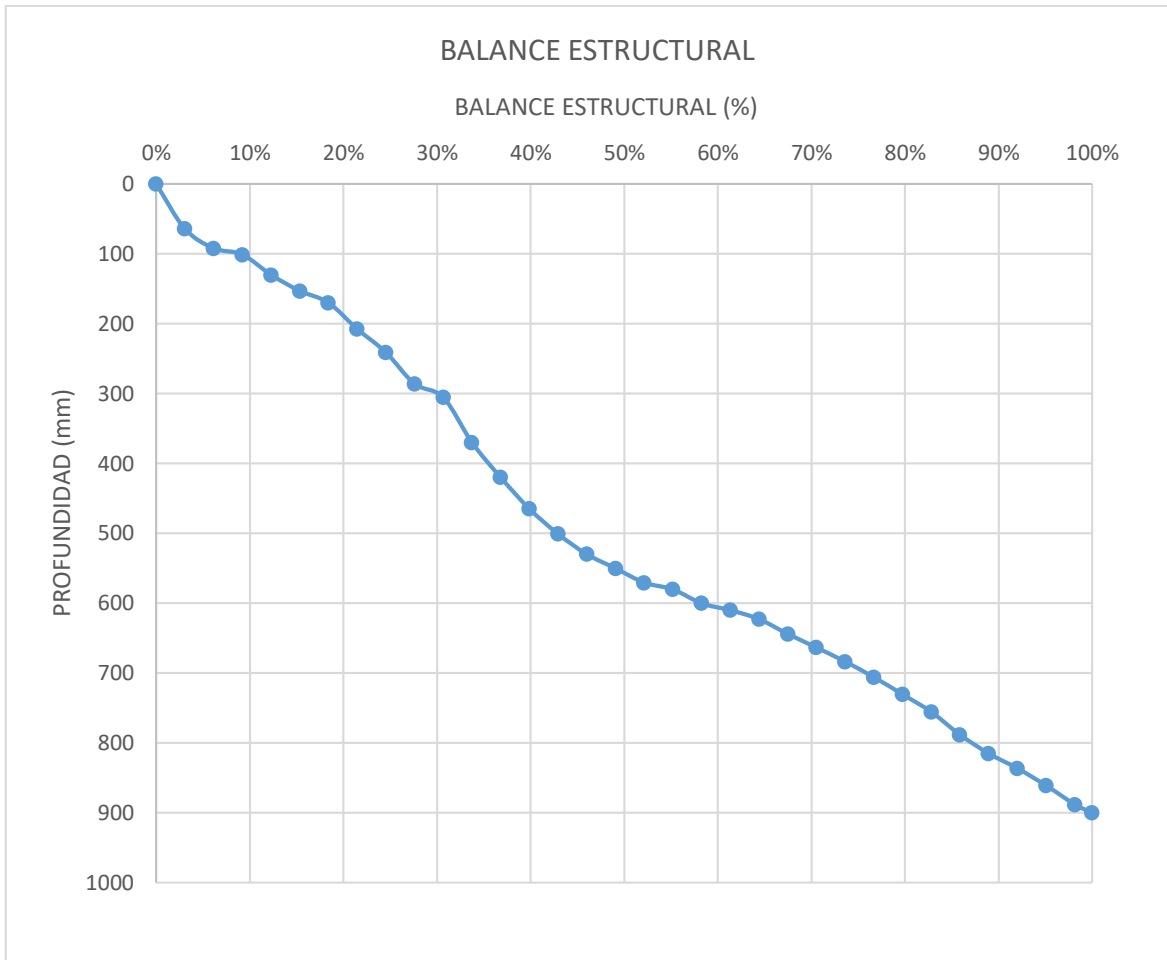


Figura 12: Balance Estructural del DCP.

Figura 12 correspondiente al balance estructural lo cual gráfica la profundidad de penetración vs número de golpes total requeridos (%) para penetrar una determinada profundidad a evaluar, se visibiliza que nuestro suelo de ensayo se encuentra estructuralmente en equilibrio. nota normalmente en pavimento su capacidad de soporte disminuye con la profundidad.

## CALICATA 2

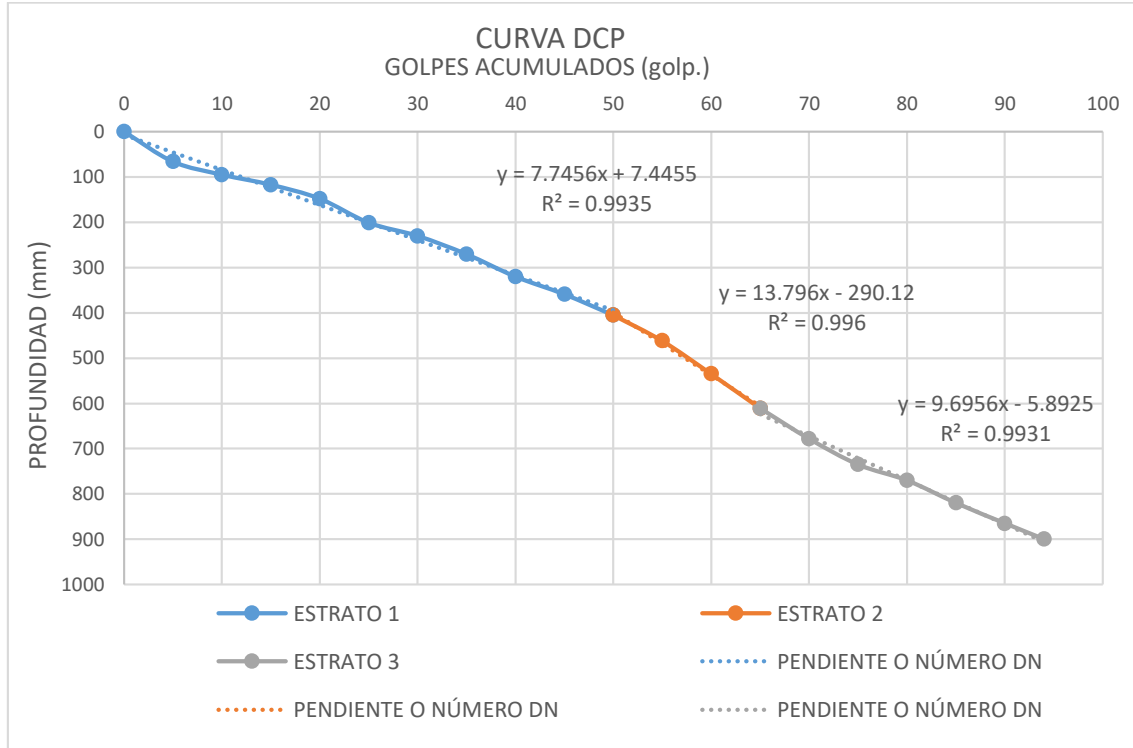


Figura 13: Curva de Penetrómetro Dinámico de Cono.

En la Figura 13 correspondiente la curva de DCP la cual gráfica la profundidad de penetración vs número de golpes acumulados del DCP-C01. en la cual podemos visibilizar el número de estratos o capas existentes, en nuestro caso se registraron tres estratos de suelo como se puede visibilizar en la gráfica dando origen a tres rectas distintas con pendientes diferentes. la pendiente es el DN o índice de penetración del DCP y representa la resistencia del estrato de suelo medida en mm/golp.

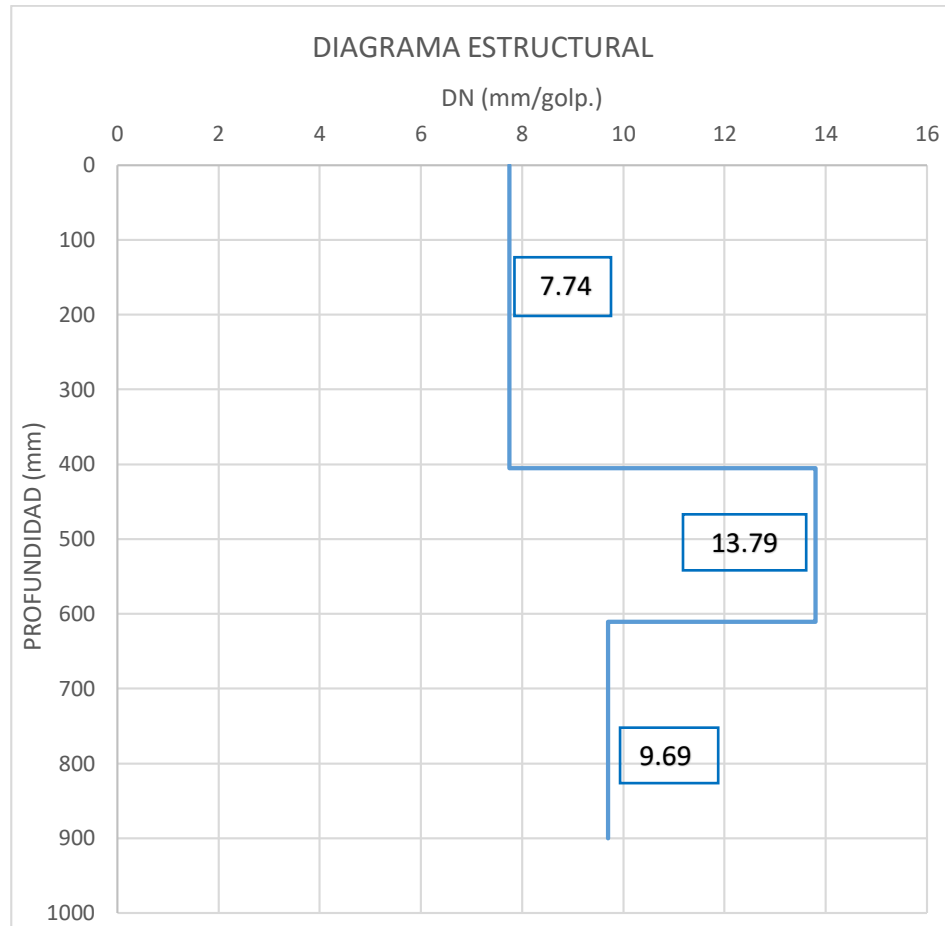


Figura14: Diagrama Estructural del DCP.

En la figura 14 se refiere al diagrama estructural lo cual gráfica la profundidad de penetración vs número DCP (DN) del DCP-01. 7.74 - 13.79 y 9.69 son el número DN obtenidos en cada estrato estos fueron utilizados para realizar la gráfica del diagrama estructural, nota cuando la pendiente es mayor la resistencia del suelo es menor.

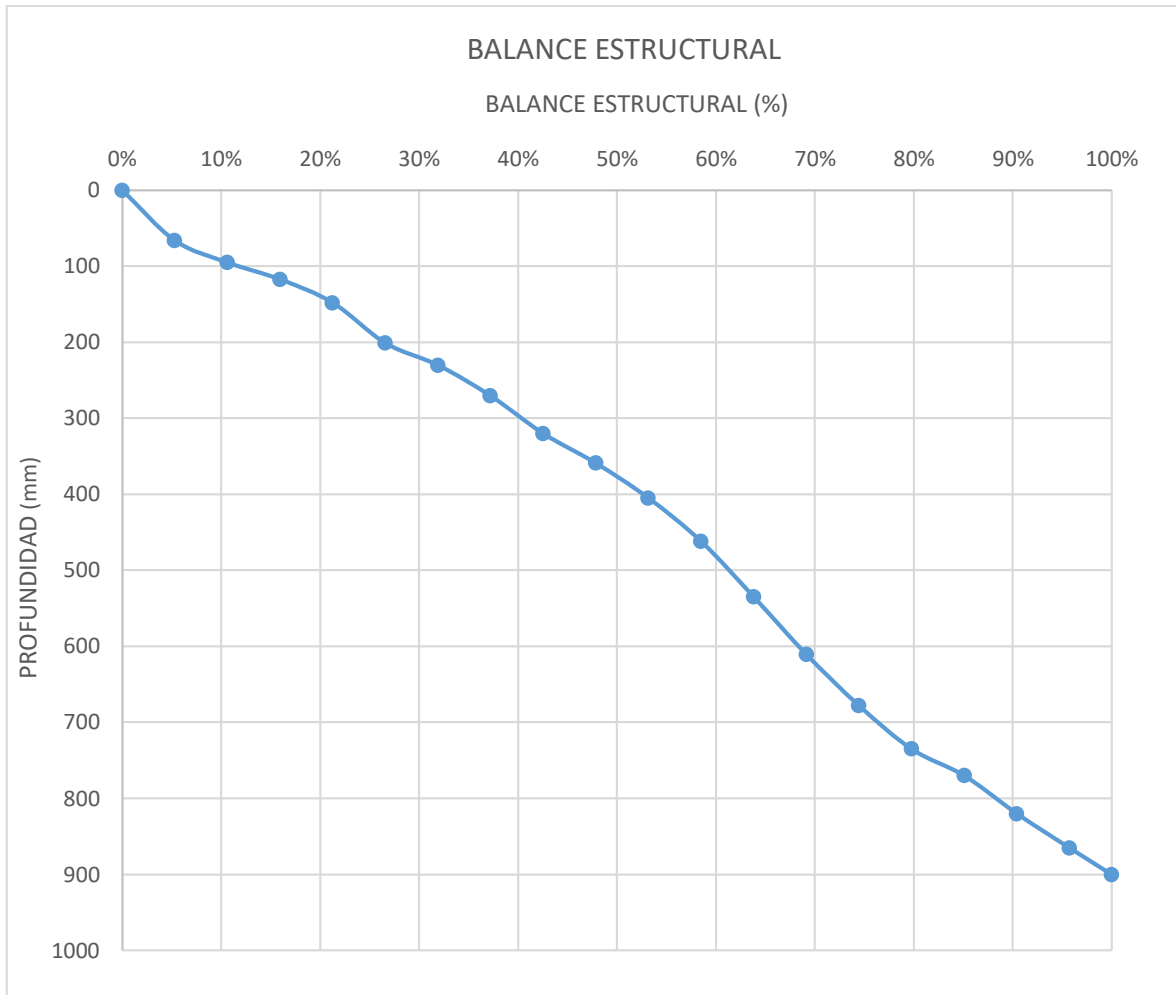


Figura 15: Balance Estructural del DCP.

Figura 15: Correspondiente al balance estructural lo cual gráfica la profundidad de penetración vs número de golpes total requeridos (%) para penetrar una determinada profundidad a evaluar, se visualiza que nuestro suelo de ensayo se encuentra estructuralmente en equilibrio. nota normalmente en pavimento su capacidad de soporte disminuye con la profundidad.



### CALICATA 3

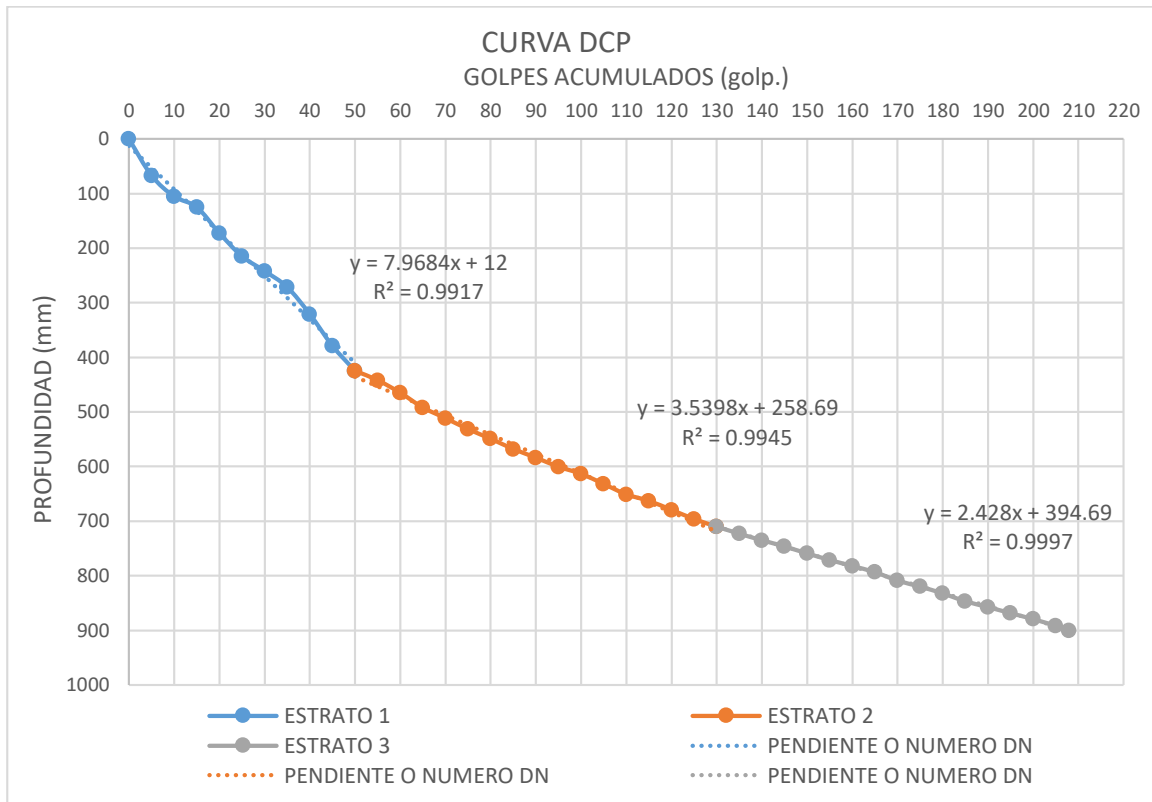


Figura 16: Curva de Penetrómetro Dinámico de Cono.

En la Figura 16: Correspondiente la curva de DCP la cual gráfica la profundidad de penetración vs número de golpes acumulados del DCP-C01. en la cual podemos visibilizar el número de estratos o capas existentes, en nuestro caso se registraron tres estratos de suelo como se puede visibilizar en la gráfica dando origen a tres rectas distintas con pendientes diferentes. la pendiente es el DN o índice de penetración del DCP y representa la resistencia del estrato de suelo medida en mm/golp.

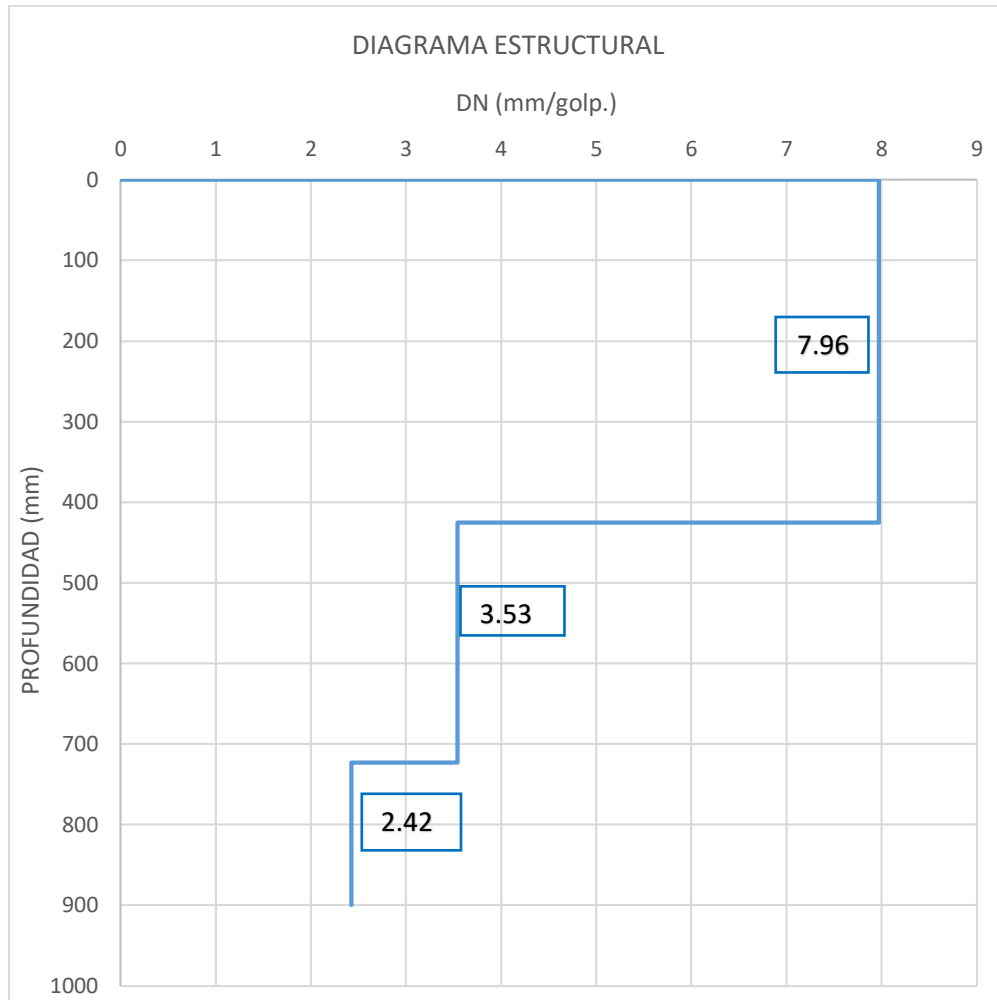


Figura17: Diagrama Estructural del DCP.

En la figura 17 se refiere al diagrama estructural lo cual gráfica la profundidad de penetración vs número DCP (DN) del DCP-03. 7.96 - 3.53 y 2.42 son el número DN obtenidos en cada estrato estos fueron utilizados para realizar la gráfica del diagrama estructural, nota cuando la pendiente es mayor la resistencia del suelo es menor.

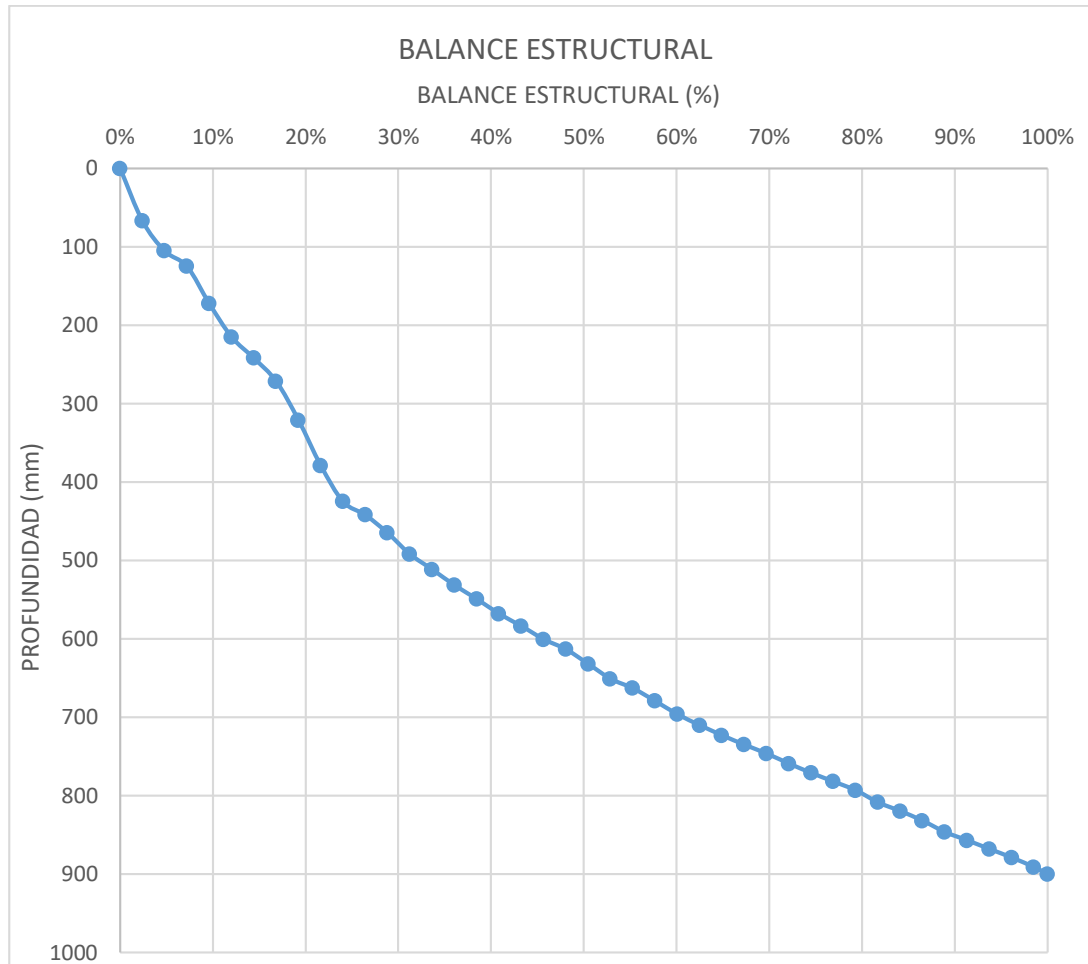


Figura 18: Balance Estructural del DCP.

Figura 18 correspondiente al balance estructural lo cual gráfica la profundidad de penetración vs número de golpes total requeridos (%) para penetrar una determinada profundidad a evaluar, se visualiza que nuestro suelo de ensayo se encuentra estructuralmente en equilibrio. nota normalmente en pavimento su capacidad de soporte disminuye con la profundidad.

## CALICATA 4

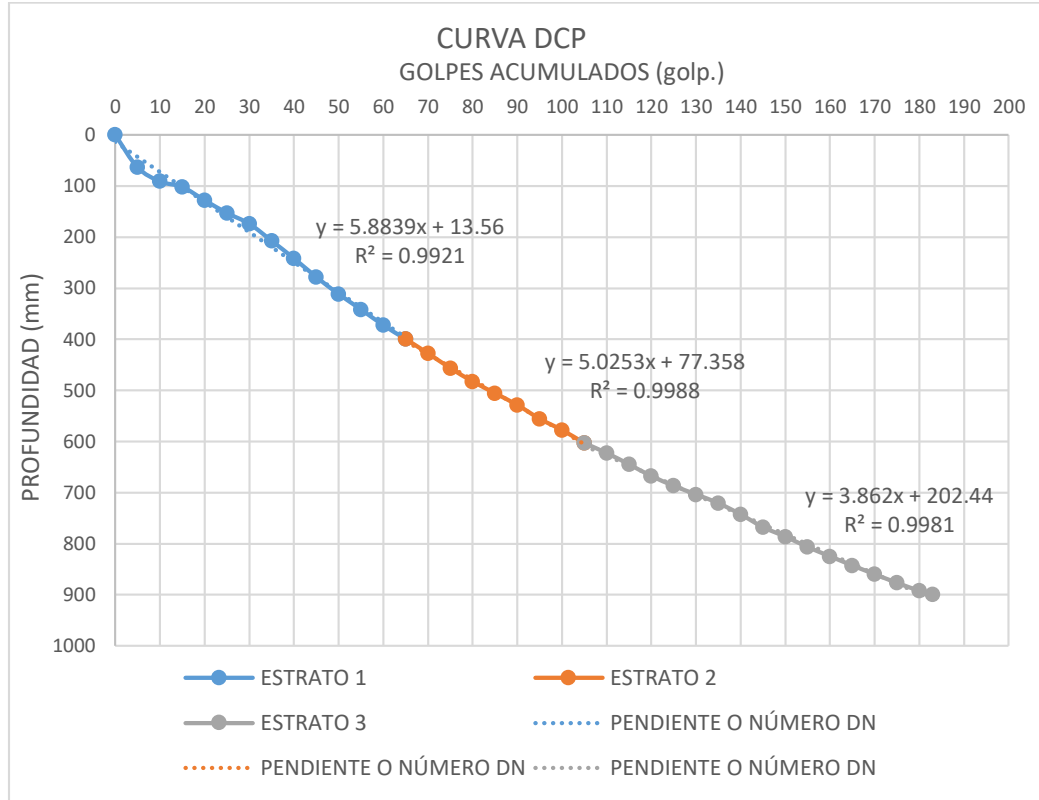


Figura 19: Curva de Penetrómetro Dinámico de Cono.

En la Figura 19 correspondiente la curva de DCP la cual gráfica la profundidad de penetración vs número de golpes acumulados del DCP-C04. en la cual podemos visibilizar el número de estratos o capas existentes, en nuestro caso se registraron tres estratos de suelo como se puede visibilizar en la gráfica dando origen a tres rectas distintas con pendientes diferentes. la pendiente es el DN o índice de penetración del DCP y representa la resistencia del estrato de suelo medida en mm/golp.

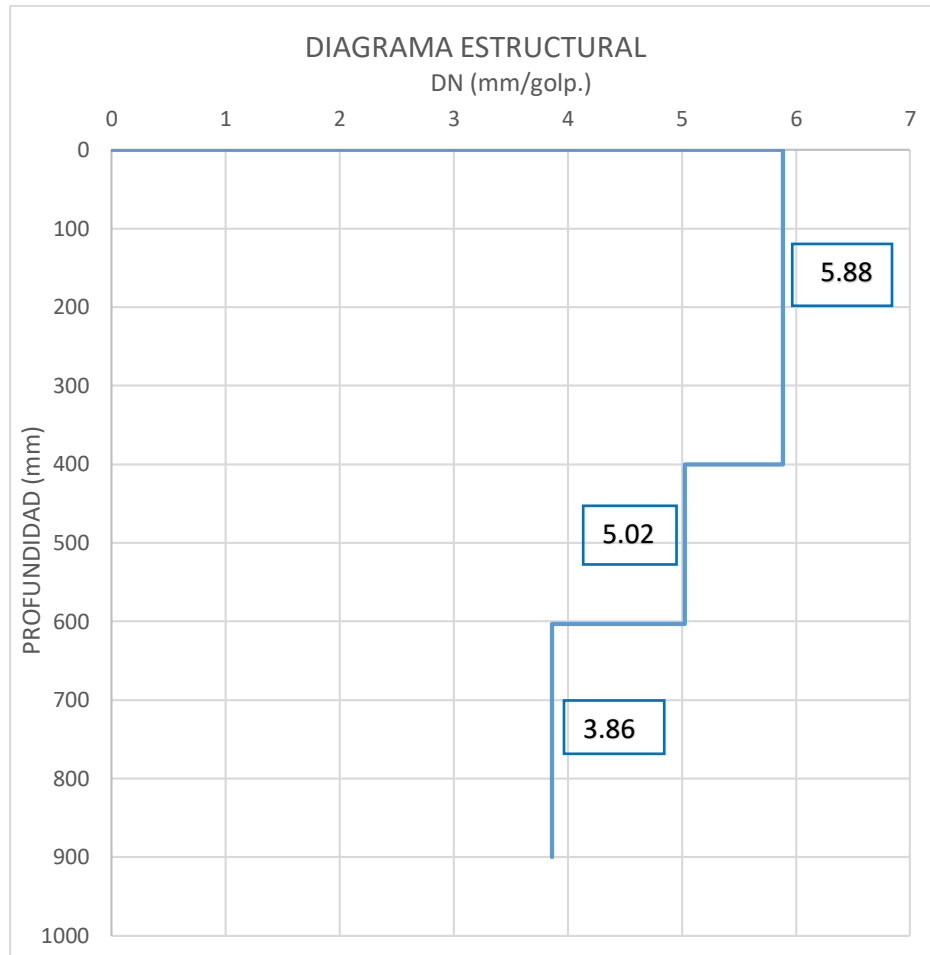


Figura 20: Diagrama Estructural del DCP.

En la figura 20 se refiere al diagrama estructural lo cual gráfica la profundidad de penetración vs número DCP (DN) del PDC-04. 5.88 – 5.02 y 3.86 son el número DN obtenidos en cada estrato estos fueron utilizados para realizar la gráfica del diagrama estructural, nota cuando la pendiente es mayor la resistencia del suelo es menor.

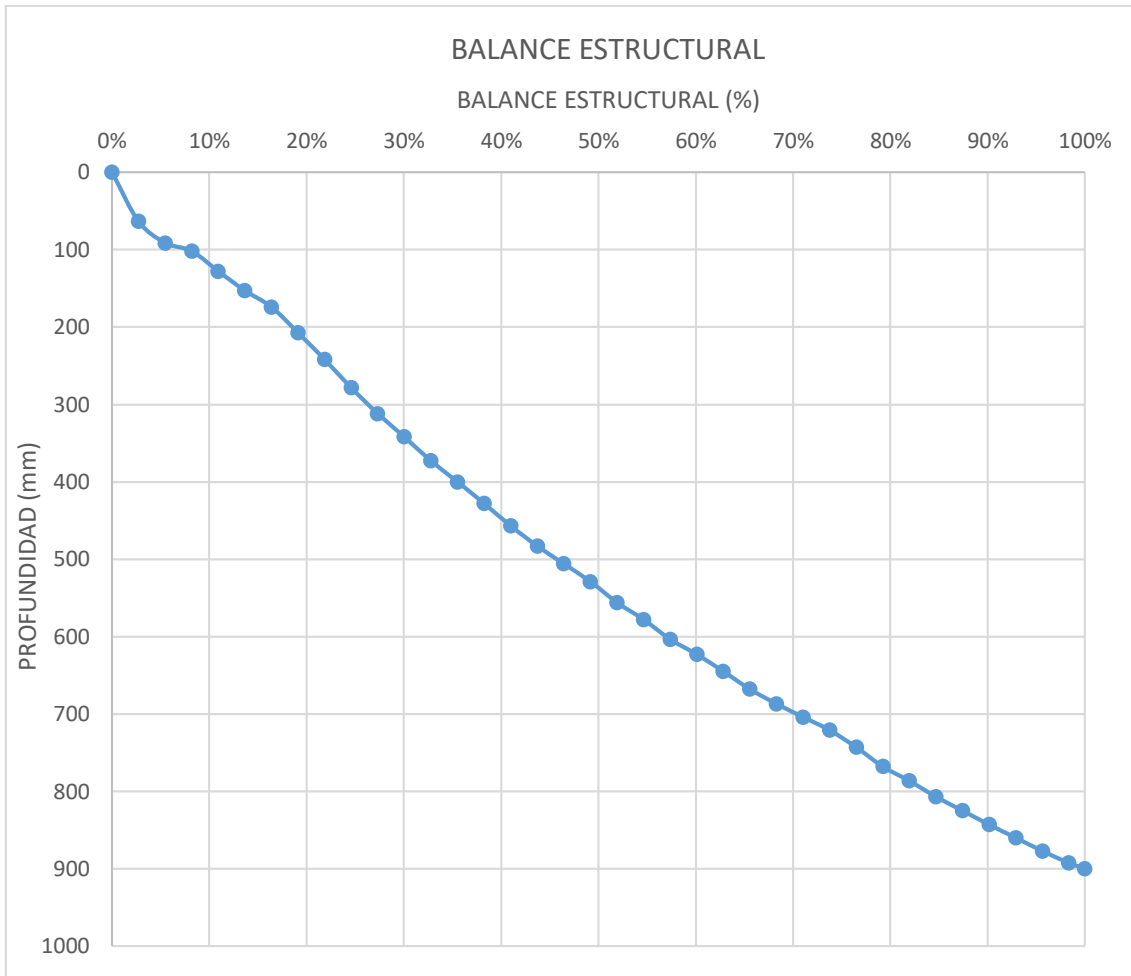


Figura 21: Balance Estructural del DCP

Figura 21 correspondiente al balance estructural lo cual gráfica la profundidad de penetración vs número de golpes total requeridos (%) para penetrar una determinada profundidad a evaluar, se visualiza que nuestro suelo de ensayo se encuentra estructuralmente en equilibrio. nota normalmente en pavimento su capacidad de soporte disminuye con la profundidad.

## CALICATA 5

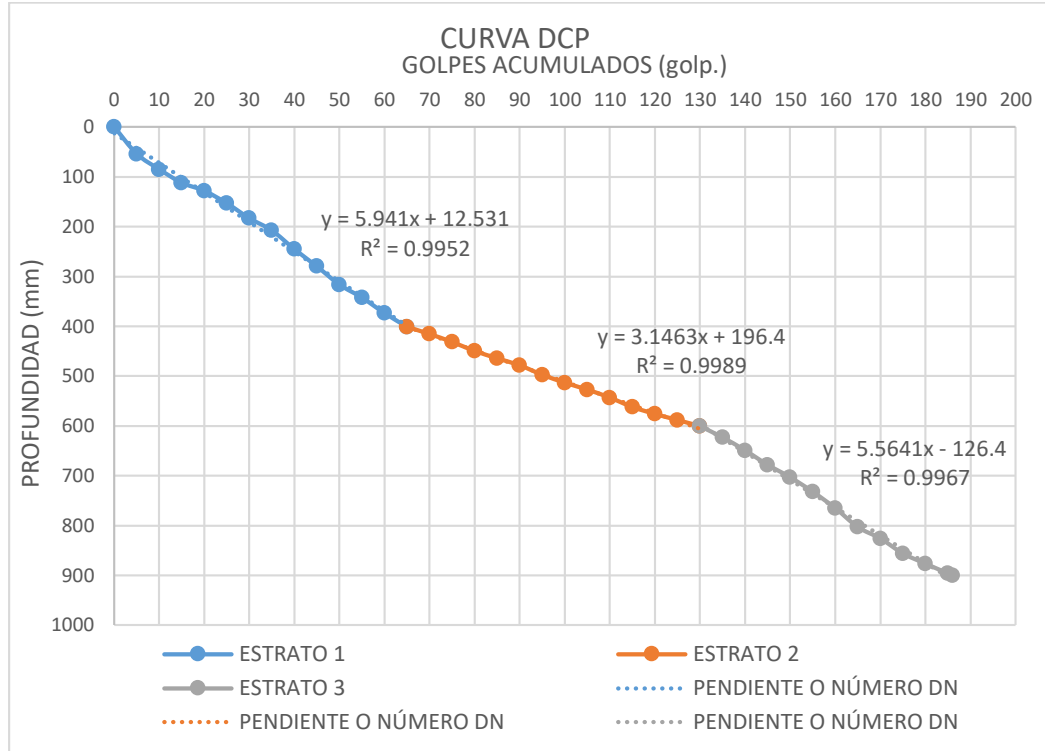


Figura 22: Curva de Penetrómetro Dinámico de Cono.

En la Figura 22 correspondiente la curva de DCP la cual gráfica la profundidad de penetración vs número de golpes acumulados del DCP-C04. en la cual podemos visibilizar el número de estratos o capas existentes, en nuestro caso se registraron tres estratos de suelo como se puede visibilizar en la gráfica dando origen a tres rectas distintas con pendientes diferentes. la pendiente es el DN o índice de penetración del DCP y representa la resistencia del estrato de suelo medida en mm/golp.

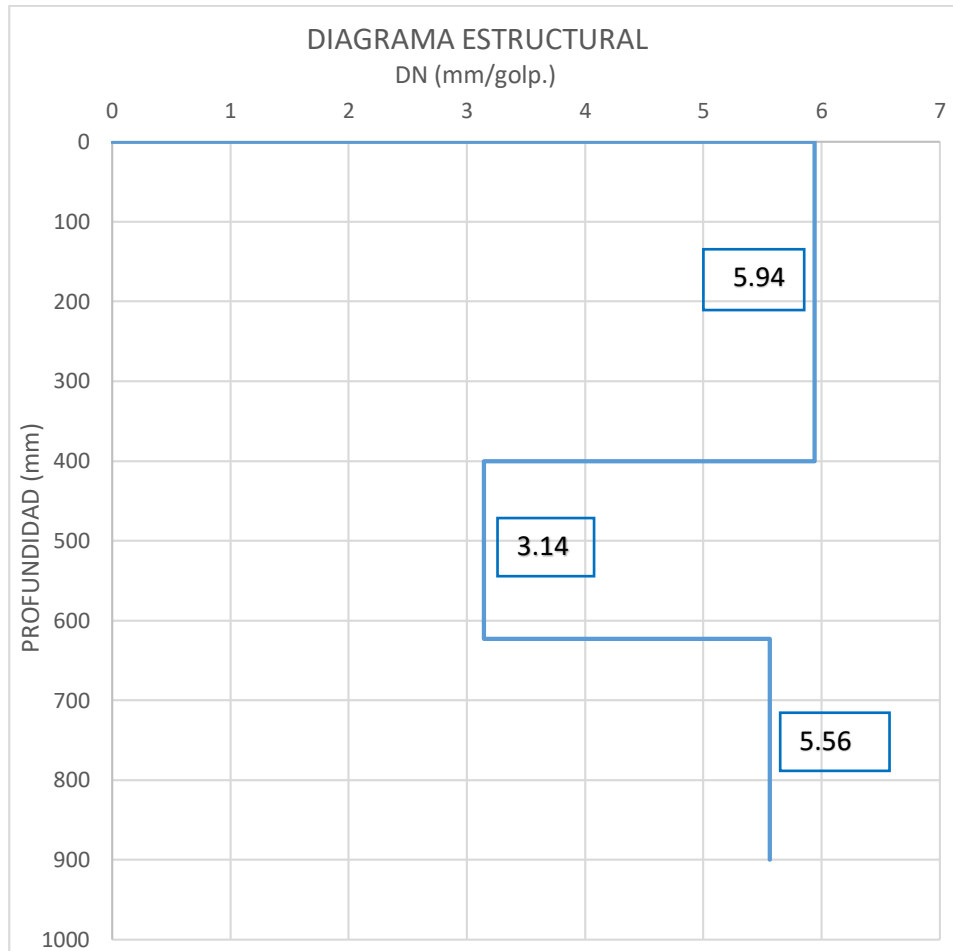


Figura 23: Diagrama Estructural del DCP.

En la figura 23 se refiere al diagrama estructural lo cual gráfica la profundidad de penetración vs número DCP (DN) del DCP-04. 5.88 – 5.02 y 3.86 son el número DN obtenidos en cada estrato estos fueron utilizados para realizar la gráfica del diagrama estructural, nota cuando la pendiente es mayor la resistencia del suelo es menor.



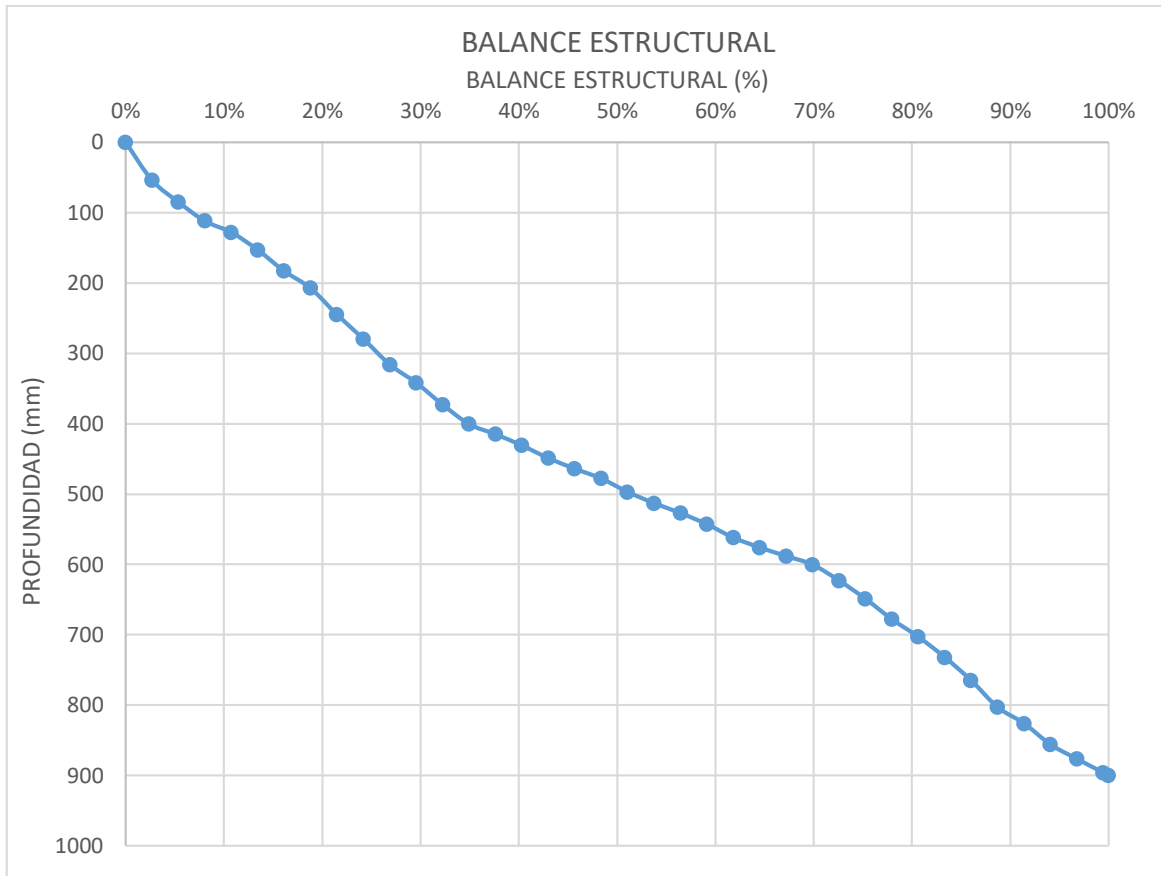


Figura 24: Balance Estructural del DCP.

Figura 24 correspondiente al balance estructural lo cual gráfica la profundidad de penetración vs número de golpes total requeridos (%) para penetrar una determinada profundidad a evaluar, se visualiza que nuestro suelo de ensayo se encuentra estructuralmente en equilibrio. nota normalmente en pavimento su capacidad de soporte disminuye con la profundidad.

## CALICATA 6

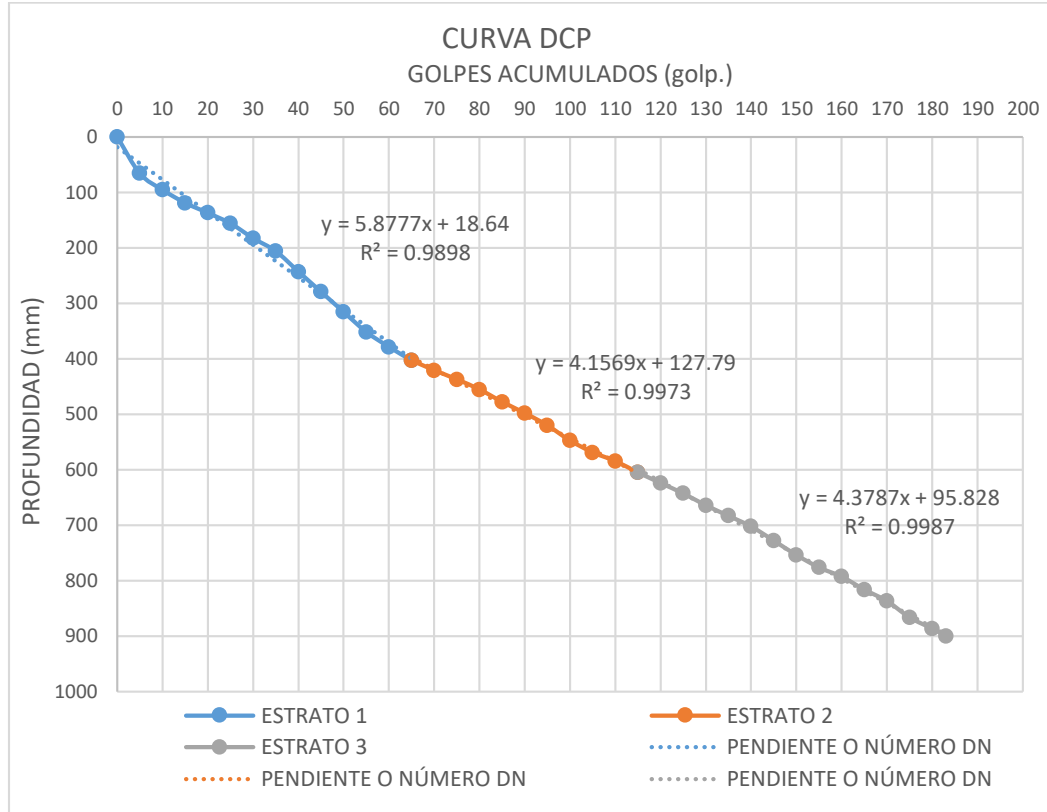


Figura 25: Curva de Penetrómetro Dinámico de Cono.

En la Figura 25 correspondiente la curva de DCP la cual gráfica la profundidad de penetración vs número de golpes acumulados del DCP-C04. en la cual podemos visibilizar el número de estratos o capas existentes, en nuestro caso se registraron tres estratos de suelo como se puede visibilizar en la gráfica dando origen a tres rectas distintas con pendientes diferentes. la pendiente es el DN o índice de penetración del DCP y representa la resistencia del estrato de suelo medida en mm/golp.

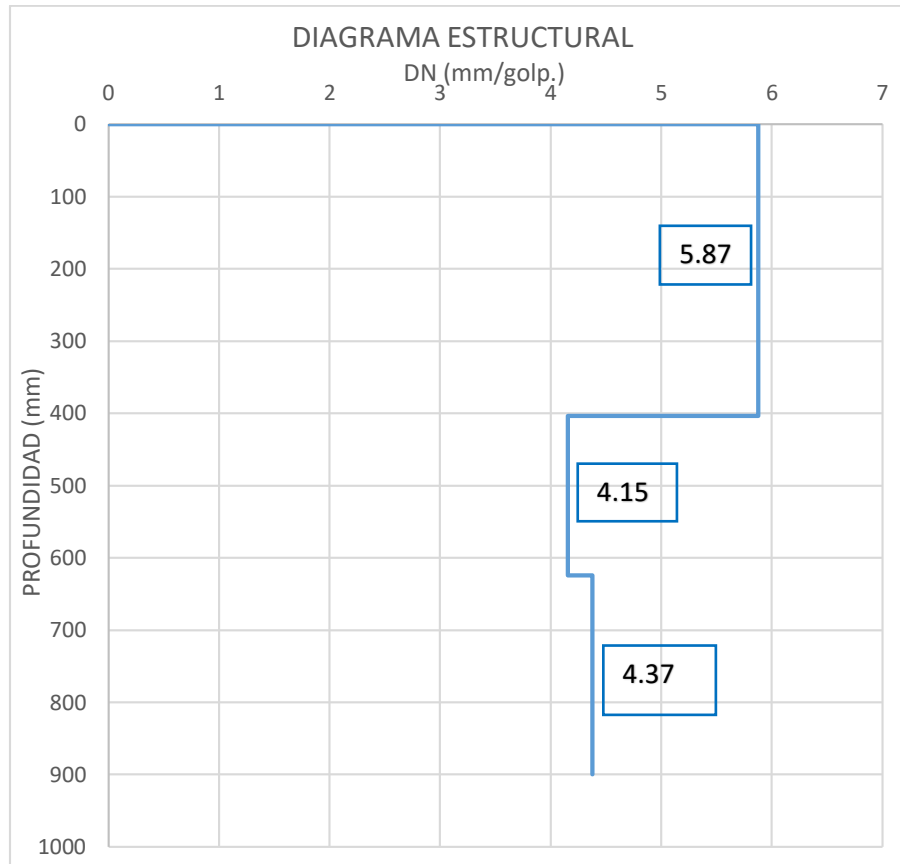


Figura 26: Diagrama Estructural del DCP.

En la figura 26 se refiere al diagrama estructural lo cual gráfica la profundidad de penetración vs número DCP (DN) del DCP-04. 5.87 – 4.15 y 4.37 son el número DN obtenidos en cada estrato estos fueron utilizados para realizar la gráfica del diagrama estructural, nota cuando la pendiente es mayor la resistencia del suelo es menor.

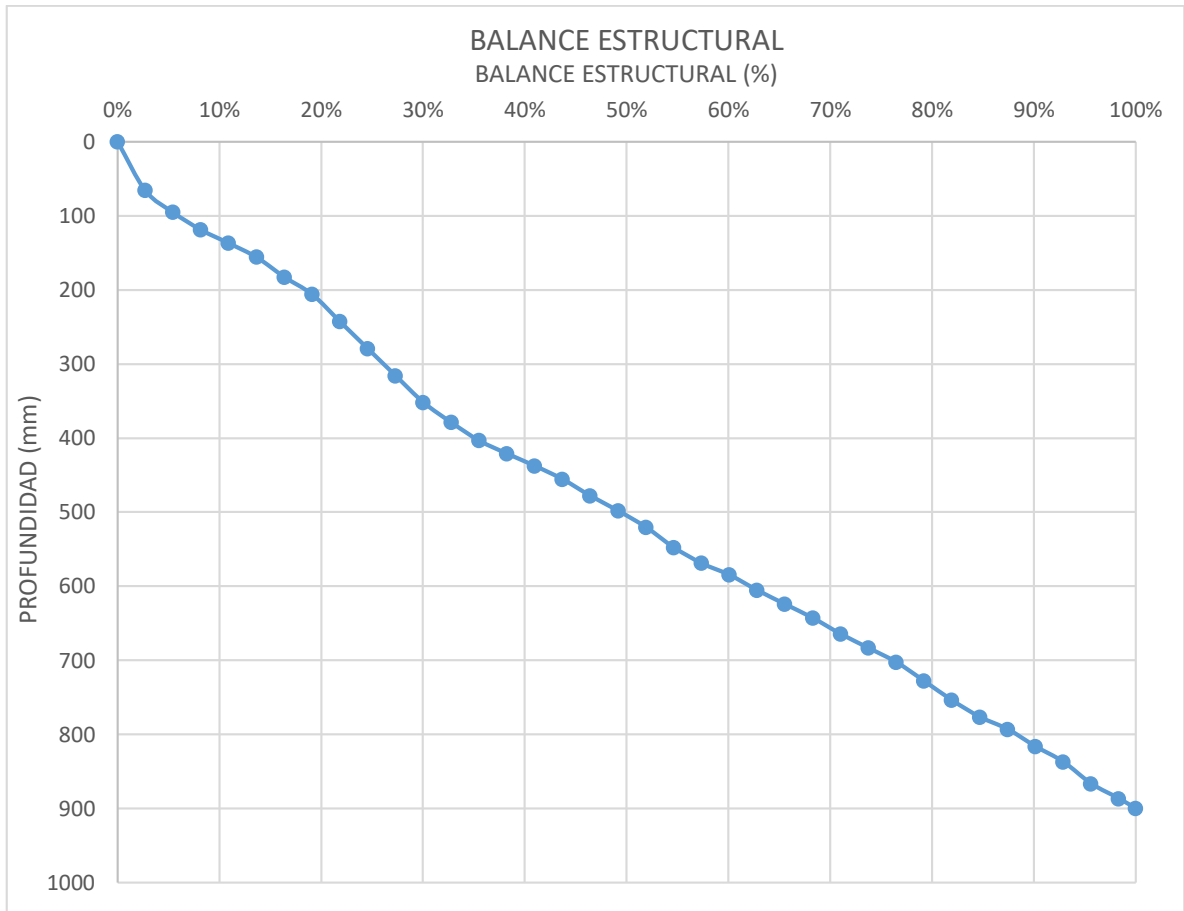


Figura 27: Balance Estructural del DCP.

Figura 27 correspondiente al balance estructural lo cual gráfica la profundidad de penetración vs número de golpes total requeridos (%) para penetrar una determinada profundidad a evaluar, se visualiza que nuestro suelo de ensayo se encuentra estructuralmente en equilibrio. nota normalmente en pavimento su capacidad de soporte disminuye con la profundidad.

Cuadro 5: Resumen del DN del DCP.

CALICATA	Prof. Estrato	N DCP (mm/golpe) (DN)	CLASIFICACIÓN	
Nº			SUCS	AASTHO
C-1	1.00 m	6.30	SW-SM	A-1-b (0)
C-2	1.00 m	7.75	SP-SM	A-1-b (0)
C-3	1.00 m	7.97	SM	A-2-4 (0)
C-4	1.00 m	5.88	SW-SM	A-1-a (0)
C-5	1.00 m	5.94	SP-SM	A-1-b (0)
C-6	1.00 m	5.88	SW-SM.	A-1-b (0)

### 3.3.2 Relación de soporte california CBR in situ.

La aplicación del ensayo CBR in situ se realizó conjuntamente con el ensayo del DCP en los mismos puntos anteriormente mencionados obteniendo los siguientes resultados de CBR in situ a un 95%.

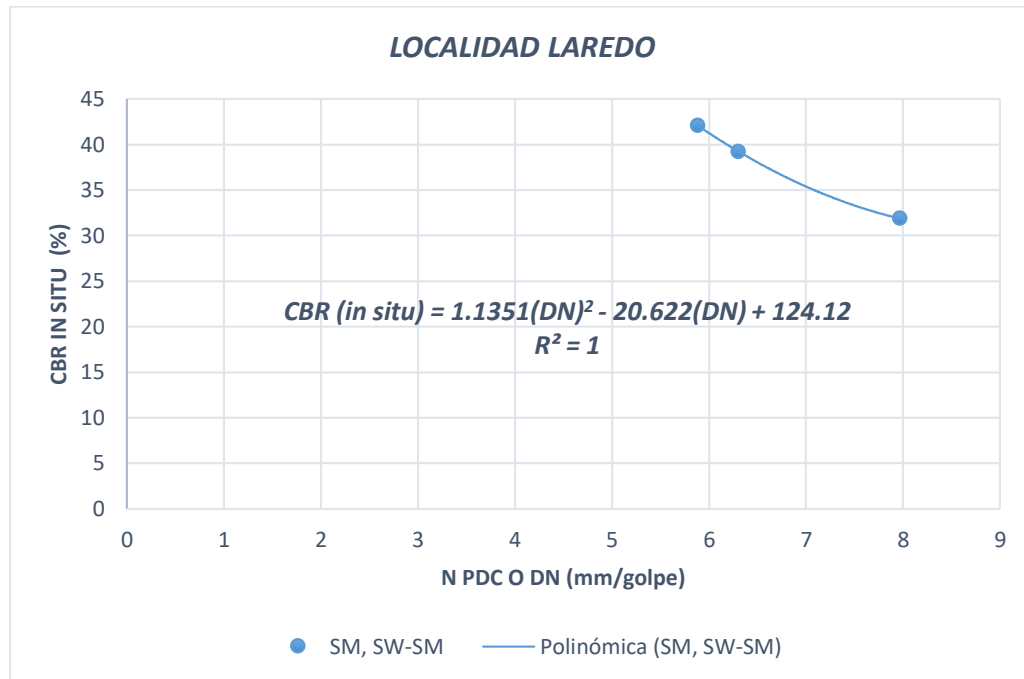
Cuadro 6: Resumen del CBR in situ.

CALICATA	Prof. Estrato	CBR in situ (95 %)	CLASIFICACIÓN	
Nº			SUCS	AASTHO
C-1	0.10 m	39.24	SW-SM	A-1-b (0)
C-2	0.10 m	30.74	SP-SM	A-1-b (0)
C-3	0.10 m	31.87	SM	A-2-4 (0)
C-4	0.10 m	42.08	SW-SM	A-1-a (0)
C-5	0.10 m	41.51	SP-SM	A-1-b (0)
C-6	0.10 m	43.21	SW-SM.	A-1-b (0)

### 3.3.3 Correlación de CBR in situ y el DCP.

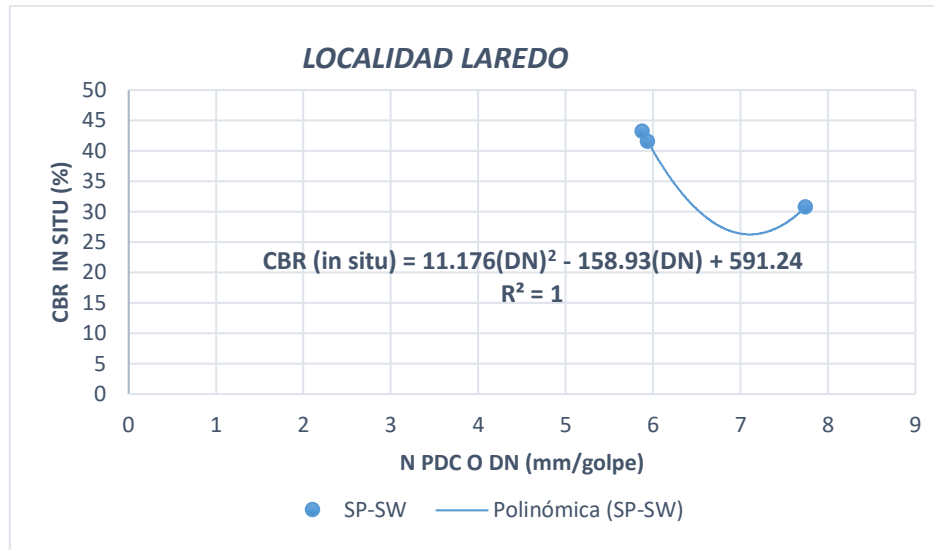
Se realizó la correlación del DCP y el CBR in situ para los suelos SW-SM, SP-SM y SM del distrito de Laredo, se agrupó según sus propiedades físicas de los suelos para obtener ecuación para cada tipo de suelo de manera independiente. la ecuación que se obtuvo de la correlación es la que mejor se ajustó a los resultados del DCP y el CBR in situ teniendo un coeficiente de correlación de 1.

Ecuación para tipo de suelo SM, SW-SM para la localidad de Laredo



La ecuación N°1 obtenida para los tipos de suelos arena bien graduada con limo y grava (SW-SM) y arena limosa (SM) para la localidad de Laredo es la siguiente  $CBR (in situ) = 1.1351(DN)^2 - 20.622(DN) + 124.12$ , con un coeficiente de correlación  $R = 0.996$  y un coeficiente de determinación de  $R^2 = 1$  por estar entre 0.70 a 1.00 es una correlación fuerte, la ecuación polinómica es aplicable para los suelos con las mismas propiedades físicas mencionadas en esta investigación.

Ecuación para tipo de suelo arena mal graduada con limo y grava (SP-SM) para la localidad de Laredo.



La ecuación N°2 obtenida para los tipos de suelos arena mal graduada con limo y grava (SP-SM) para la localidad de Laredo es la siguiente  $CBR (in situ) = 11.176(DN)^2 - 158.93(DN) + 591.24$ , con un coeficiente de correlación  $R = 0.995$  y un coeficiente de determinación de  $R^2 = 1$  por estar entre 0.70 a 1.00 es una correlación fuerte, la ecuación polinómica es aplicable para los suelos con las mismas propiedades físicas mencionadas en esta investigación. a continuación, se muestra el resumen de las propiedades físicas, mecánicas, clasificación y los resultados obtenidos en las ecuaciones correlación de los tipos de suelos SW-SM, SP-SM y SM, de las 6 calicatas del distrito de Laredo.

Cuadro 7: Resultados del DCP y CBR in situ.

N° CALICATA	CLASIFICACIÓN		CBR IN SITU	DCP (mm/golpe)	CBR (Tesis)	Ecuación
	SUCS	AASTHO				
C-01	SW-SM	A-1-b (0)	39.24	6.30	39.2396	1
C-02	SP-SW	A-1-b (0)	30.74	7.75	30.728	2
C-03	SM	A-2-4 (0)	31.87	7.97	31.8693	1
C-04	SW-SM	A-1-a (0)	42.08	5.88	42.0797	1
C-05	SP-SW	A-1-b (0)	41.51	5.94	41.499	2
C-06	SP-SW	A-1-b (0)	43.21	5.88	43.199	2

Los resultados obtenidos de la ecuación N°1 tienen un porcentaje de error inferior al (0.1) % mientras que los resultados de la ecuación N°2 tienen un porcentaje de error de (0.3% - 0.4%), es aplicable para los suelos con características SW-SM, SP-SM y SM.

#### IV. DISCUSION

Se obtuvieron las siguientes ecuaciones polinómicas para el distrito de Laredo:

Para los suelos con las características arena bien graduada con limo y grava (SW-SM) y arena limosa (SM) se obtuvo la siguiente ecuación CBR (in situ) =  $1.1351(DN)^2 - 20.622(DN) + 124.12$ , con un coeficiente de correlación  $R = 0.996$  y un coeficiente de determinación de  $R^2 = 1$  por estar entre 0.70 a 1.00 es una correlación fuerte, la ecuación polinómica es aplicable para los suelos con las mismas propiedades físicas mencionadas anteriormente. La ecuación N°2 obtenida para los tipos de suelos arena mal graduada con limo y grava (SP-SM) para la localidad de Laredo es la siguiente CBR (in situ) =  $11.176(DN)^2 - 158.93(DN) + 591.24$ , con un coeficiente de correlación  $R = 0.995$  y un coeficiente de determinación de  $R^2 = 1$  por estar entre 0.70 a 1.00 es una correlación fuerte, la ecuación polinómica es aplicable para los suelos con las mismas propiedades físicas mencionadas anteriormente.

una vez obtenida las ecuaciones de correlación para cada tipo de suelo se realizó la comparación con algunas ecuaciones halladas anteriormente por otros investigadores en sus estudios, se obtuvo los siguientes resultados:

Cuadro 8: Comparación de resultados con otros autores.

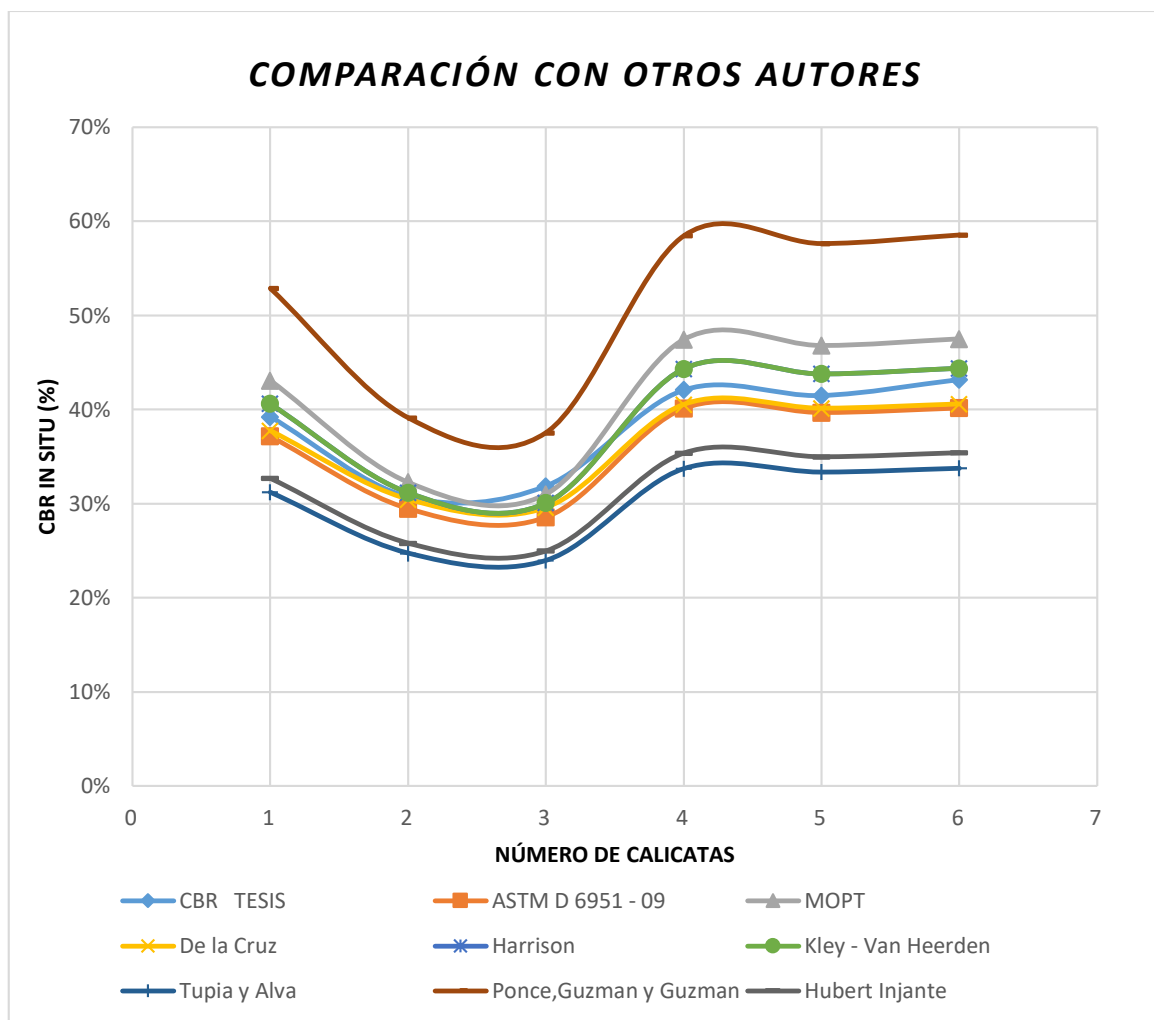
N° CALICATAS	DCP (DN)	CBR Ecu. 1-2 (Tesis)	ASTM D 6951 - 09	MOPT	De la Cruz	Harrison	Kley - Van Heerden	Tupia y Alva	Ponce, Guzman y Guzman
1	6.30	39.24	37.1494	43.08	37.74	40.61	40.61	31.22	52.88
2	7.75	30.73	29.4877	32.28	30.45	31.19	31.19	24.74	39.13
3	7.97	31.87	28.5659	31.02	29.57	30.07	30.07	23.96	37.54
4	5.88	42.08	40.1197	47.43	40.53	44.34	44.34	33.73	58.45
5	5.94	41.50	39.6881	46.79	40.13	43.79	43.79	33.36	57.64
6	5.88	43.20	40.1673	47.50	40.58	44.40	44.40	33.77	58.55

Donde el DN es el índice de penetración ó número DCP corresponde a los resultados obtenidos del ensayo del DCP (mm/golpe) siendo nuestros resultados confiables.



En la investigación que realizo De la Cruz denominado “Verificación de las correlaciones empíricas entre el ensayo de penetración dinámica de cono y el ensayo de relación de soporte de california de los suelos tipo SP y CL del distrito de Trujillo” obteniendo una ecuación para cada tipo de suelo. SP la ecuación  $CBR = 256/(DN)^{1.04}$  y para el suelo tipo CL la ecuación  $CBR = 1/(0.018281*DN)^2$ , con coeficientes de correlación de  $R^2= 0.81$  y  $R^2= 0.78$ . Así mismo Injante en el año 2012 en su investigación denominada “Resistencia in situ sub-rasante empleando el Penetrómetro Dinámico de Cono en la ciudad de Ica” obtuvo una ecuación para un suelo tipo arenoso limoso SP- SM,  $CBR = 268.49 / (DN)^{1.144}$ , reflejando un coeficiente bastante alto de correlación siendo el valor  $R^2 = 0.9763$ .

Gráfico de comparación de resultados con otros autores.



## V. CONCLUSIONES

Se determinó las propiedades físicas de los suelos estudiados que conforman la Avenida Luis Condemarín de la localidad de Laredo, clasificándose según el tipo de suelo y mediante los sistemas: por SUCS SW-SM (Arena bien graduada con limo y grava), SP – SM (Arena mal graduada con limo y grava) y SM (Arena Limosa) y por AASHTO en A – 1– b (0) (Fragmentos de roca, grava y arena/ excelente a bueno), A – 1-b (0) (Fragmentos de roca, grava y arena / excelente a bueno) y A – 2– 4 (0) (Grava y arena limo o arcillosa/ excelente a bueno).

Los parámetros resistencia determinados por el ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono, denominados Números o Índices DCP (DN) varían desde 5.88 a 6.30 mm/golpe para SW-SM (Arena bien graduada con limo y grava), 5.94 a 7.75 mm/golpe para SP – SM (Arena mal graduada con limo y grava) y 7.97 mm/golpe para SM (Arena Limosa).

Se determinó la curva del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP), diagrama estructural, y el balance estructural de la sub rasante de los suelos estudiados.

Se determinaron los parámetros de resistencia del Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) in situ, denominados Valor de soporte CBR, presentando para SW-SM (Arena bien graduada con limo y grava) valores de 39.24 a 42.08 %, para SP – SM (Arena mal graduada con limo y grava), varían de 30.7 a 43.21% y SM (Arena Limosa) valor de 31.87%.

Se correlacionó los resultados del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) con respecto a la Relación de Soporte de California (CBR) in situ, obteniendo 2 ecuaciones:

La ecuación N°1 obtenida para los tipos de suelos arena bien graduada con limo y grava (SW-SM) y arena limosa (SM) para la localidad de Laredo es la siguiente  $CBR (in situ) = 1.1351(DN)^2 - 20.622(DN) + 124.12$ , con un coeficiente de correlación  $R = 0.996$  y un coeficiente de determinación de  $R^2 = 1$ , la ecuación polinómica es aplicable para suelos con las características mencionadas en esta investigación obteniéndose resultados confiables y aceptables en un 99%.

La ecuación N°2 obtenida para los tipos de suelos arena mal graduada con limo y grava (SP-SM) para la localidad de Laredo es la siguiente  $CBR (in situ) = 11.176(DN)^2 - 158.93(DN) + 591.24$ , con un coeficiente de correlación  $R = 0.995$  y un coeficiente de determinación de  $R^2 = 1$ , la ecuación polinómica es aplicable para suelos con las características mencionadas en esta investigación obteniéndose resultados confiables y aceptables en un 99%.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar estas ecuaciones de correlación a modo de estimación del CBR in situ, para los suelos: SW-SM (Arena bien graduada con limo y grava), SP – SM (Arena mal graduada con limo y grava) y SM (Arena Limosa), con una humedad natural comprendida entre (3.44 – 6.90) % y con un rango de DN (NDCP) del (5.94 – 7.97) mm/golpe.

Se recomienda extender los estudios expuestos en esta investigación a futuros tesis con el fin de ampliar la cantidad de muestras analizadas para lograr un mejor ajuste de la correlación.

Se recomienda al Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) normar el ensayo DCP en nuestro País, para la auscultación, estimación y evaluación de los suelos.

Se recomienda utilizar las ecuaciones de correlación de la presente investigación, como alternativa al uso del ensayo CBR in situ para determinar la resistencia de los suelos para obras o proyectos de infraestructura que se programen ejecutar en la localidad de Laredo

Se recomienda el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP), por ser un instrumento liviano y de fácil transporte para ser utilizado en lugares inaccesibles, en forma rápida y económica para la auscultación, estimación y evaluación de los suelos.

## REFERENCIAS

ÁLVAREZ, Elver y PAEZ, Johan. Diagnóstico de la red vial de los barrios Santa Clara, Dos de octubre y Villa Paraíso del Municipio de Ocaña Norte de Santander. 2014. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Facultad de Ingenierías. 2014.

Disponible en <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/372>

ASTM D 4429-09, Método de prueba estándar para CBR (California Bearing Ratio) de suelos en sitio, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2009, [www.astm.org](http://www.astm.org).

ASTM D 6951 / D6951M-18, Método de prueba estándar para el uso del penetrómetro de cono dinámico en aplicaciones de pavimento poco profundo, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018, [www.astm.org](http://www.astm.org).

AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials; Estados Unidos, 1993.

ASSESSING subgrade strength using an instrumented dynamic cone penetrometer por Sub Lee, Jong [et al]. Soils and Foundations, journal ELSEVIER [en línea]. Mayo 2019, n.o 5. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2019.03.005>

COMPARATIVE Evaluation of Soil Subgrade Strength Using Laboratory and In-Situ Tests por Arshad, Ahmad [et al]. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET) [en línea]. Julio 2018, vol.9, N° 7. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019]. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/profile/Ahmad\\_Kamil\\_Arshad/publication/326817217](https://www.researchgate.net/profile/Ahmad_Kamil_Arshad/publication/326817217)

ISSN: 0976-6308 y ISSN en línea: 0976-6316

CASE study of construction quality control monitoring and strength evaluation of a lateritic pavement using the dynamic cone penetrometer, por Amadi, Agapitus [et al] International Journal of Pavement Research and Technology [en línea]. Setiembre 2018, vol. 11, n.o 5 [Fecha de consulta: 18 de abril de 2019]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1996681417300172>

ISSN: 1996-6814

DETERMINATION of the Engineering Properties of Submarine Soil Layers in the Bohai Sea Using the Piezocone Penetration Test, por Wu, Bohong [et al]. Advances in Civil Engineering [en línea]. Diciembre 2018, vol. 2018 [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019].

Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2018/9651045>

ID 9651045

DEVELOPMENT and Application of an in Situ Penetrator for Rapid Strength Testing of Submarine Sediment, por Zhang, Minsheng [et al]. Journal of Ocean University of China [en línea]. Abril 2019, vol. 18, n°2 [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019].

Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/332924661>

<https://doi.org/10.1007/s11802-019-3810-0>

ISSN1672-5182 ISSN en línea1993-5021

EMPIRICAL Cone Factor for Estimation of Undrained Shear Strength por Otake, George [et al]. Electronic Journal of Geotechnical Engineering (EJGE) [en línea]. Agosto 2016, vol.21. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019]. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/308625084>

ISSN: 6069-60

EVALUATION Method for the Liquefaction Potential Using the Standard Penetration Test Value Based on the CPTU Soil Behavior Type Index, por Du, Guangyin [et al] Advances in Civil Engineering [en línea]. Marzo 2019, vol. 2019 [Fecha de consulta: 18 de abril de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2019/5612857>

ID 5612857

FUENTES, Luis y YANA, Reynaldo. Diseño geométrico y diseño estructural del intercambio vial en la intersección de la av. Alfonso Ugarte y la av. Miguel de forja en el cercado de Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Arequipa: Universidad Católica De Santa María, Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil Y Del Ambiente. 2013.

Disponible en <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/4206>

FELEKE. Prediction of CBR Using DCP for Local Subgrade Materials.internacional conference on transport and road research [en línea]. March 2016, vol. 9 n° 2. [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018363918306767>

GENETIC programming for predictions of effectiveness of rolling dynamic compaction with dynamic cone penetrometer test results, por Ranasinghe, Tharanga [et al], Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering [en línea]. Marzo 2019, n° 3 [Fecha de consulta: 17 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775518302671>

ISSN: 1674-7755

GUAMÁN, Omar. Estudio de la correlación del CBR con respecto al ensayo penetrómetro cónico estático en diferentes tipos de suelos. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. 2016.

Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23639>

HARISON, J. A. Correlation of CBR and Dynamic Cone Penetrometer strength measurement of soils. Australian Road Research, June 1986. 130-136 pp.

INSTITUTO Nacional de Vías (Colombia). INVE 172, of. 07: Método de Ensayo Normal para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en Aplicaciones de Pavimentos a poca Profundidad. Bogotá: INVIAS, 2007, E170-1 pp.

INSTITUTO Nacional de Vías (Colombia). INVE 169, of. 07: Relación de Soporte del Suelo en el Terreno (CBR in situ). Bogotá: INVIAS, 2007, E 169-1pp.

INJANTE, Hubert. Resistencia in situ de subrasante utilizando Penetrómetro Dinámico de Cono en la ciudad de Ica. Tesis (Magister en Ciencias con mención en Ingeniería de Transporte). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 2012.

Disponible en [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1135/1/injante\\_lh.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1135/1/injante_lh.pdf)

KUMAR, Dilip. A Study of Correlation Between California Bearing Ratio (CBR) Value with Other Properties of Soil. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering [en línea]. Enero 2014, vol.4, n° 1. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019].

Disponible en:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.643.688&rep=rep1&type=pdf>

ISSN 2250-2459

KLEYN, E. G. The Use of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP). Sudáfrica: Transval Provincial Administration, 1975. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019]. Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books/about/The\\_Use\\_of\\_the\\_Dynamic\\_Cone\\_Penetrometer.html?id=M8fUXwAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/The_Use_of_the_Dynamic_Cone_Penetrometer.html?id=M8fUXwAACAAJ&redir_esc=y)

ISSN 1254-1945

KLEYN E.G. MAREE J.H. y SAVAGE P.F. 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, Ámsterdam. 1982.

MACEDO, Jorge. Evaluación de la respuesta sísmica de presas de tierra en términos de la variabilidad de los espectros de diseño. Tesis (Maestro en ciencias con mención en Ingeniería Geotécnica). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil. 2013.

Disponible en [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1133/1/macedo\\_ej.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1133/1/macedo_ej.pdf)



MEASUREMENT of Degree of Compaction of Fine-Grained Soil Subgrade Using Light Dynamic Penetrometer por Zhang, Junhui [et al]. *Advances in Civil Engineering* [en línea]. Julio 2018, vol. 2018 [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2018/1364868>  
ID 1364868

MISTERIO Transporte y Comunicaciones (Perú). MTC E 107, of. 16: Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado. Lima; MTC, 2016. 44 pp.

MISTERIO Transporte y Comunicaciones (Perú). MTC E 133, of. 16: CBR en el terreno (CBR in situ). Lima; MTC, 2016. 25 pp.

MISTERIO Transporte y Comunicaciones (Perú). MTC E 111, of. 16: Determinación del Limite Plástico (L.P.) de los Suelos e Índice de Plasticidad (I.P.). Lima; MTC, 2016. 75 pp.

MOUSAVI, Hamed, GABR, Mohammed y BORDEN, Roy. Resilient modulus prediction of soft low-plasticity Piedmont residual soil using dynamic cone penetrometer. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* [en línea]. Marzo 2018, vol.10. [Fecha de consulta: 16 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775517303062>  
ISSN: 1674-7755

NÚÑEZ, Jaime. Fallas presentadas en la construcción de carreteras asfaltadas. Tesis (Máster en Ingeniería Civil con mención en Ingeniería Vial). Lima: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. 2014.  
Disponible en <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2143>

LACERA, G. F. Correlación entre los valores de resistencia a la penetración cónica DCP y el valor de relación de soporte CBR de suelos para la región geológica del área local de Valledupar. 2006. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander,

Facultad de Ciencias Físico Mecánicas. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/282387791/correlacion-cbr-pdc>

LIVNEH, M. y ISHAI, I. Pavement and Material Evaluation by a Dynamic Cone Penetrometer. Sixth International Conference, Structural Design of Asphalt Pavements, Michigan. University of Michigan, 1987. 675-686 pp.

OSORIO, José y CASAS, Ana. Correlación P.D.C. con C.B.R. para suelos en la localidad de Suba. Tesis (Especialista en Ingeniería de Pavimento). Bogotá D.C: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería. 2011.

Disponible en <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/3653>

QUISPE, Elvio. Evaluación de la capacidad de soporte del terreno por medio del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) para suelos puzolánicos zona de Cerro Colorado. Tesis (Para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil del Ambiente. 2012.

Disponible en <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/4187>

REGLAMENTO Nacional de Edificaciones (Perú). NTP CE.010 Aceras y Pavimentos. Lima: RNE, 2018. 8-9 pp

SEASONAL variations and in situ assessment of concrete pavement foundation mechanistic properties, por Zhang, Yang [et al], International Journal of Pavement Research and Technology [en línea]. Julio 2018, vol. 11, n° 4 [Fecha de consulta: 18 de abril de 2019]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1996681417300366>

ISSN: 1996-6814

TUPIA, Carlos y ALVA, Jorge. Evaluación de la capacidad de soporte del terreno por medio de un equipo de Penetración Dinámica [en línea]. 11 al 16 de noviembre del 2001, n° 5. [Fecha de consulta: 23 de setiembre de 2018].

Disponible en [http://www.guzlop-editoras.com/web\\_des/ing01/civil/pld0111.pdf](http://www.guzlop-editoras.com/web_des/ing01/civil/pld0111.pdf)

TRECE. Ecuaciones de correlación para el DCP Penetrómetro Dinámico de Cono. Obtenido de Ecuaciones de correlación para el DCP Penetrómetro Dinámico de Cono. [En línea] 11 de octubre de 2010. Disponible en <http://elmanana.com.mx/noticia/77667/Baches-y-desniveles-no-son-el-unico-problema-de-la-Carretera-Nacional-LaredoMonterrey.html>

VAN Vuuren. Rapid Determination of CBR with the Portable Dynamic Cone Penetrometer, 5 ed. The Rhodesian Engineer, Rhodesia, September.1970. 852-854 pp.

VISCARRA, F. El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos. Revista de la Universidad Privada Boliviana [en línea]. 11 al 16 de noviembre del 2001, n° 5. [Fecha de consulta: 23 de setiembre de 2018].

Disponible en <http://civil.upb.edu/files/2010/11/EL-CONO-DIN%20MICO-DE-PENETRACION-Y-SU-APLICACION-EN-LA-EVALUACION-DE-SUELOS.pdf>

WEBSTER. Description and Application of Dual Mass Dynamic Cone Penetrometer, Report GL-92-3, DEPARTMENT OF THE ARMY, Washington DC. 19 p.

WEBSTER. Force Projection Site Evaluation Using the Electric Cone Penetrometer (ECP) and the Dynamic Cone Penetrometer (DCP), Technical Report No. GL- 94-17, AIR FORCE CIVIL ENGINEERING SUPPORT AGENCY, U.S. Air Force, Tyndall Air Force Base, FL.

## ANEXOS

### Anexo 1: Figuras De Bases Teóricas

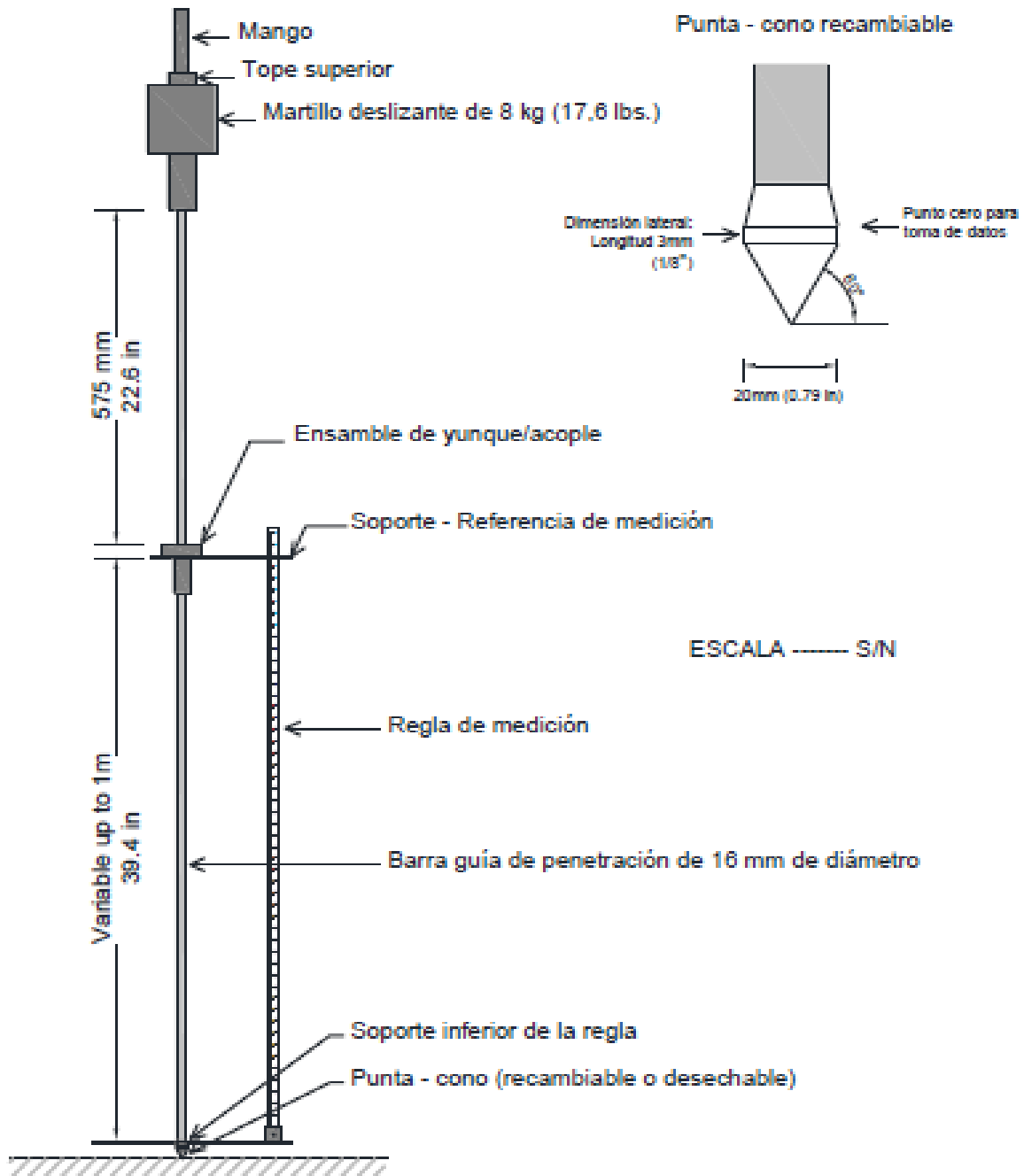


Figura1 - Esquema del Equipo Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)

Fuente: ASTM – 6951

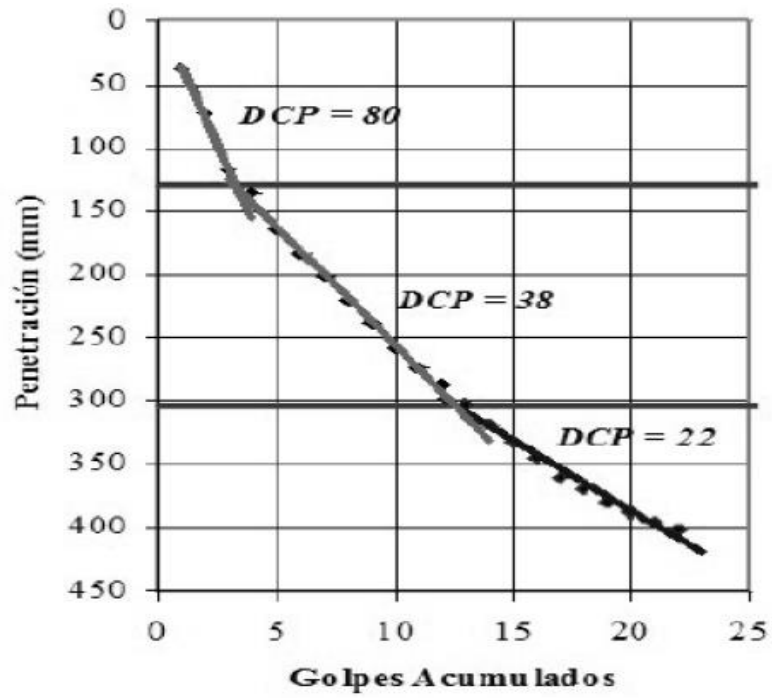


Figura 2: Curva DCP  
Fuente: ASTM – 6951

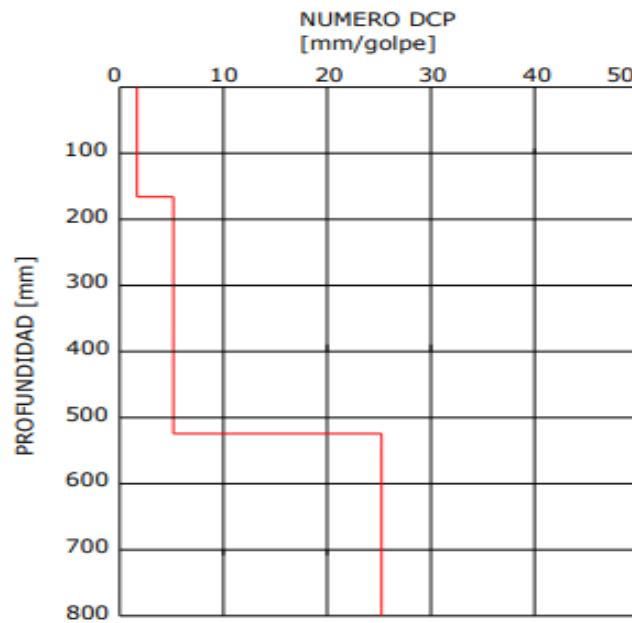


Figura 3: Diagrama estructural  
Fuente: (Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras (IMAE) – FAC. De Ingeniería).

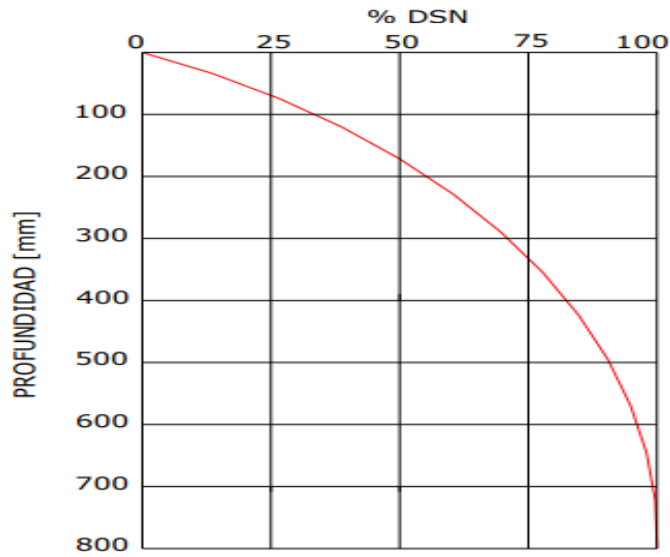


Figura 4: Curva de balance estructural  
 Fuente: (Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras (IMAE) – FAC. De Ingeniería).

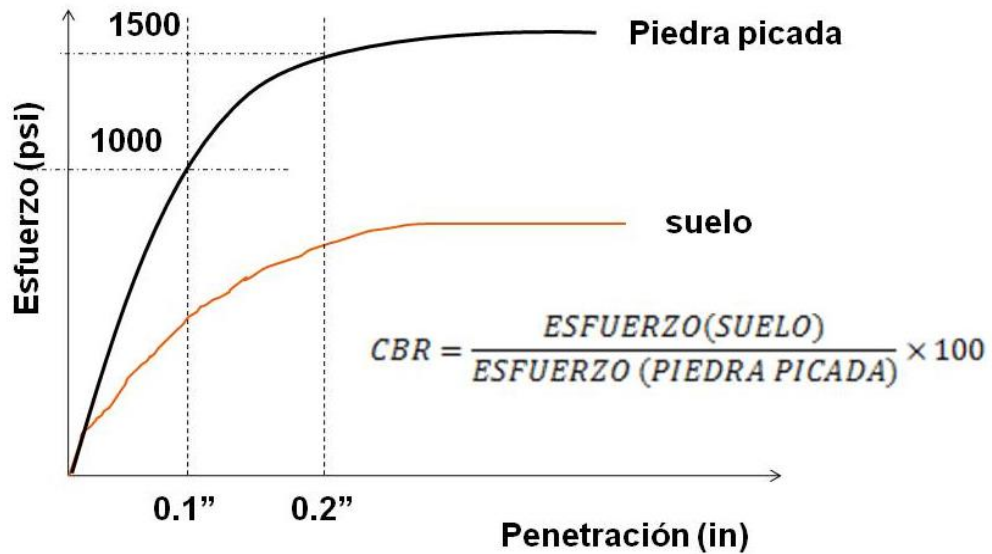


Figura 5: Fórmula determinación de CBR.  
 Fuente: (Sánchez, 2012).

Penetración		Tiempo	Carga Unitaria Patrón	
(plg)	(mm)		(lbs./pulg. <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.63	0'30''		
0.050	1.27	1'00''		
0.075	1.90	1'30''		
0.100	2.54	2'00''	1000	70
0.150	3.81	3'00''		
0.200	5.08	4'00''	1500	105
0.250	6.35	5'00''		
0.3	7.62	6'00''	1900	133
0.4*	10.16	8'00''	2300	161
0.5*	12.70	10'00''	2600	182

\*Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Figura 6: Tabla Relación Resistencia – Penetración  
Fuente: (Espínola y Gavidia, 2017)



Figura 7: Ensayo CBR in situ.

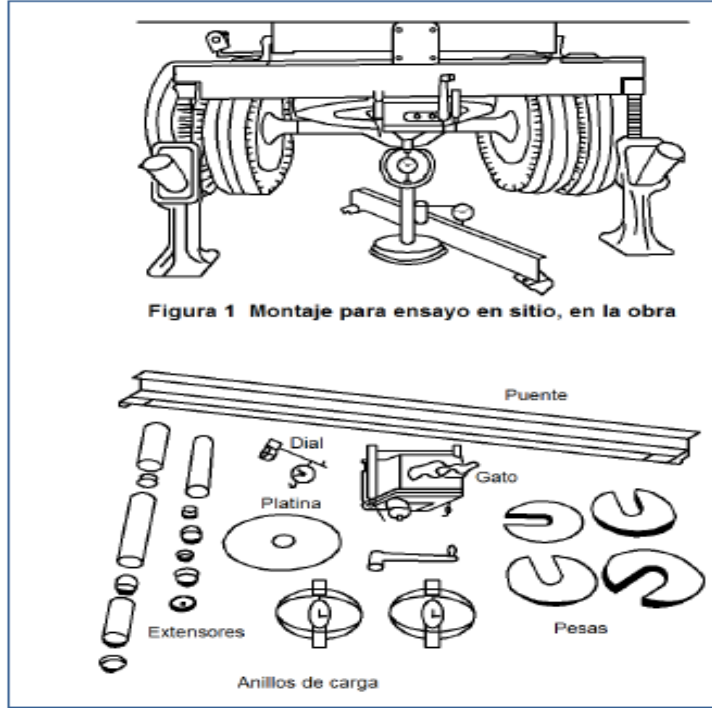


Figura 8: Foto Equipo CBR in situ  
 Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) E 133)

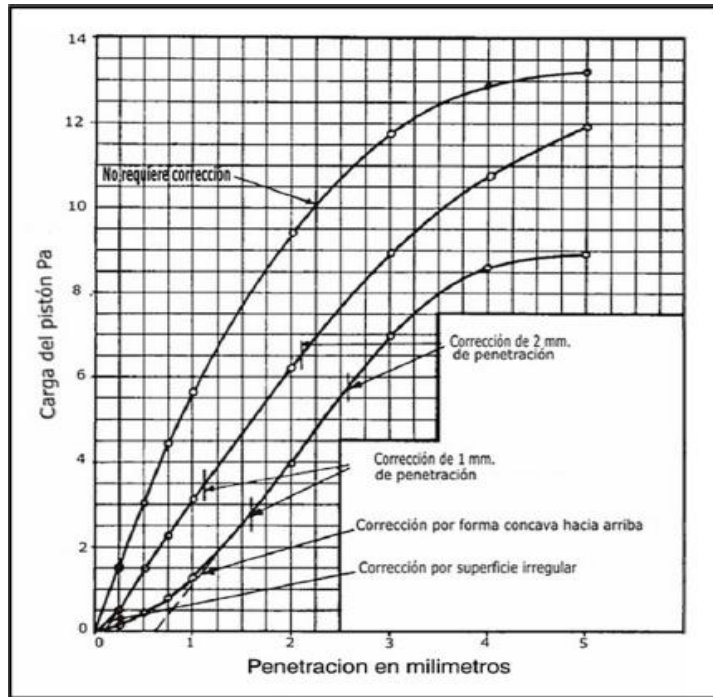


Figura 9: Corrección de la curva esfuerzo vs penetración  
 Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) E 133)



**Cuadro 1: Hoja de datos del DCP**

Proyecto: Camino del Servicio Forestal				Fecha: 7 julio 2001			
Ubicación: STA-30+50, 1 MRT of C/L				Personal: JLS & SDT			
Profundidad del punto cero bajo superficie: 0				Peso del mazo: 8 Kg. (17.6 lb)			
Clasificación del material: GW/CL				Condición del tiempo: Nublado, 25 °C (72 °F)			
Condición del pavimento: No aplica				Profundidad del nivel freático: desconocido			
Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración acumulada <sup>B</sup> (mm)	Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm)	Factor de mazo <sup>E</sup>	Índice DCP <sup>F</sup> (mm/golpe)	CBR % <sup>G</sup>	Humedad % <sup>H</sup>
0	0	--	--	--	--	--	--
5	25	25	5	1	5	50	
5	55	30	6	1	6	40	
15	125	70	5	1	5	50	
10	175	50	5	1	5	50	
5	205	30	6	1	6	40	
5	230	25	5	1	5	50	
10	280	50	5	1	5	50	
5	310	30	6	1	6	40	
5	340	30	6	1	6	40	
5	375	35	7	1	7	35	
5	435	60	12	1	12	18	

<sup>A</sup>Cantidad de golpes del mazo entre lecturas del ensayo

<sup>B</sup>Penetración acumulada después de cada set de golpes del mazo

<sup>C</sup>Diferencia en la penetración acumulada (nota de pie B) entre lecturas

<sup>D</sup>Nota de pie C dividida entre nota de pie A

<sup>E</sup>Añote 1 para el mazo de 8 Kg. (17.6 lb) y 2 para el mazo de 4.6 Kg. (10.1lb)

<sup>F</sup>Nota de pie D x Nota de pie E

<sup>G</sup>De la correlación entre CBR y el Índice DCP

<sup>H</sup>Contenido de humedad cuando se disponga de este valor.

En la cual :

$$C = Bi1 - Bi2$$

$$D = \frac{C}{A}$$

$$F = D - E$$

*A: Cantidad de golpes del mazo entre lecturas del ensayo*

*B: Penetración acumulada después de cada set de golpes del mazo*

*C: Diferencia en la penetración acumulada entre lecturas (Bi1-Bi2)*

*D: Relación entre la penetración entre lecturas y la cantidad de golpes (C/A)*

*E: Para el mazo de 8 kg es 1*

*F: Es el Factor de mazo que multiplica a la penetración por golpe (DxE)*

*G: De la correlación entre CBR y el índice DCP*

*H: Contenido de Humedad cuando se disponga del valor*

**Ficha 1: Hoja de datos del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)**

**Fuente: ASTM D-6951-09**

OBRA:
LUGAR:
PROFUNDIDAD DEL ENSAYO:
FECHA:

DESCR. DEL SUELO ENSAYADO:
OBSERVACIONES:

### ENSAYO DE CBR "IN SITU"

METODO ASTM D - 4429

ENSAYO Nro.									
CONDICION DE ENSAYO									
<b>DATOS PARA HUMEDAD / DENSIDAD</b>									
Tara Nro.									
Tara + suelo humedo									
Tara + suelo seco									
Peso del agua									
Peso de tara									
Peso del suelo seco									
% de humedad									
Promedio de humedad									
Densidad humeda (gr/cm3)									
Densidad seca (gr/cm3)									

### PENETRACION

PENETRACION			ENSAYO N°:				ENSAYO N°:				ENSAYO N°:			
TIEMPO	mm.	pulg.	LECTURA DIAL	ESFUERZO kg/cm2	CORRECCION kg/cm2	CBR%	LECTURA DIAL	ESFUERZO kg/cm2	CORRECCION kg/cm2	CBR%	LECTURA DIAL	ESFUERZO kg/cm2	CORRECCION kg/cm2	CBR%
0.00	0.000	0.000												
0.30	0.635	0.025												
1.00	1.270	0.050												
1.30	1.905	0.075												
2.00	2.540	0.100				(1)				(1)				(1)
3.00	3.810	0.150												
4.00	5.080	0.200				(2)				(2)				(2)
5.00	6.350	0.250												
6.00	7.620	0.300												
7.00	8.890	0.350												
8.00	10.160	0.400												
9.00	11.430	0.450												
10.00	12.700	0.500												

<b>ECUACION DEL ANILLO</b> : Esfuerzo = (2.038439 * LD + 5.796216) / 19.35 [Kg/cm2], Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto - FICPUANCV		
(1) Esfuerzo patrón para 0.1" = 70.31 Kg/cm2 = 1,000 psi		
(2) Esfuerzo patrón para 0.2" = 105.46 Kg/cm2 = 1,500 psi		
<b>SOBRECARGA:</b> :	<b>% HUMEDAD PUNTO DE ENSAYO:</b>	<b>DENSIDAD PUNTO DE ENSAYO:</b>

Ficha 2: Hoja de Relación de soporte california (CBR) in situ.  
Fuente: ASTM D-4429-93

Anexo 2: Panel Fotográfico









UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D-422

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

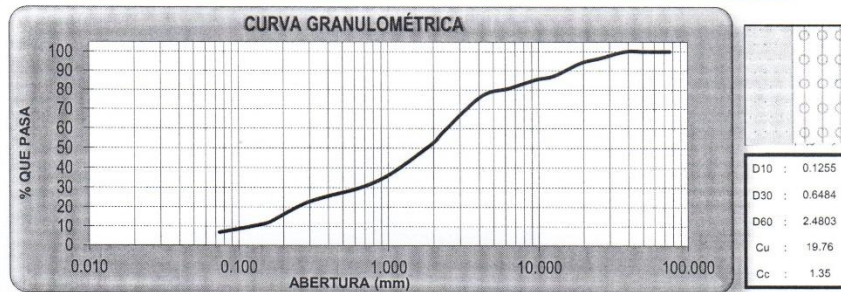
**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1863.00

Peso perdido por lavado : 137.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	3.44%
2 1/2"	63.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	72.18	3.61	3.61	96.39	L. Líquido : NP
3/4"	19.050	48.87	2.44	6.05	93.95	L. Plástico : NP
1/2"	12.700	133.36	6.67	12.72	87.28	Ind. Plasticidad : NP
3/8"	9.525	40.73	2.04	14.76	85.24	<b>Clasificación de la Muestra</b>
1/4"	6.350	90.57	4.53	19.29	80.71	
No4	4.75	79.29	3.96	23.25	76.75	Clas. AASHTO : A-1-b (0)
No8	2.360	358.74	17.94	41.19	58.81	<b>Descripción de la Muestra</b>
No10	2.000	120.21	6.01	47.20	52.80	
No16	1.180	260.17	13.01	60.21	39.79	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No20	0.850	127.00	6.35	66.56	33.44	Tiene un % de finos de = 6.85%
No30	0.600	85.40	4.27	70.83	29.17	<b>Descripción de la Calicata</b>
No40	0.420	59.95	3.00	73.82	26.18	
No50	0.300	63.47	3.17	77.00	23.00	Profundidad : 0.0 m - 1.50 m
No60	0.250	54.35	2.72	79.71	20.29	
No80	0.180	118.85	5.94	85.66	14.34	
No100	0.150	56.95	2.85	88.50	11.50	
No200	0.074	92.91	4.65	93.15	6.85	
< No200		137.00	6.85	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D-4318

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

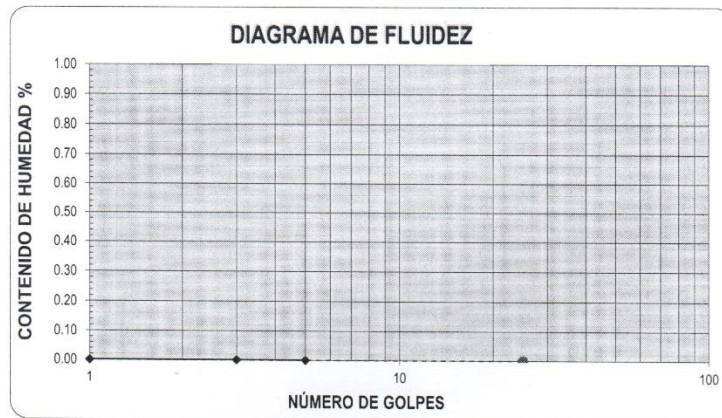
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	NP	NP	NP	NP	NP
N° de golpes					
Peso de tara (g)					
Peso de tara + suelo húmedo (g)					
Peso tara + suelo seco (g)					
Contenido de Humedad %	NP	NP	NP	NP	NP
Límites %	NP			NP	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**
**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
 ASTM D-2216

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018  
**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER  
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)  
**MUESTRA** : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	50.05	51.99	50.87
Peso del tarro + suelo humedo (g)	144.14	166.29	153.02
Peso del tarro + suelo seco (g)	140.89	162.68	149.58
Peso del suelo seco (g)	90.84	110.69	98.71
Peso del agua (g)	3.25	3.61	3.44
% de humedad (%)	3.58	3.26	3.48
% de humedad promedio (%)	<b>3.44</b>		

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000, Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D-422**

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

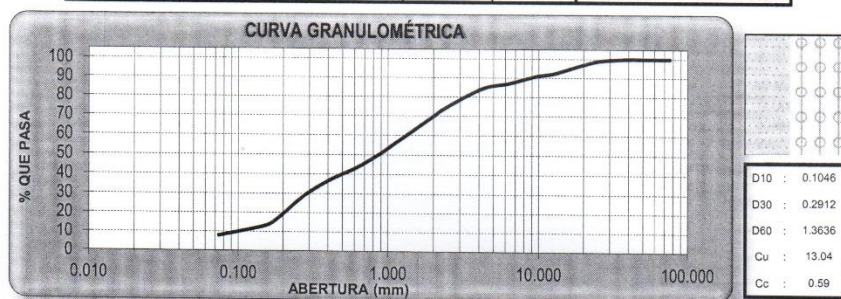
**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1841.63  
 Peso perdido por lavado : 158.37

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	4.05%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Límites e Índices de Consistencia</b>
1"	25.400	19.87	0.99	0.99	99.01	
3/4"	19.050	49.28	2.46	3.46	96.54	L. Líquido : NP
1/2"	12.700	82.99	4.15	7.61	92.39	L. Plástico : NP
3/8"	9.525	32.06	1.60	9.21	90.79	Ind. Plasticidad : NP
1/4"	6.350	74.49	3.72	12.93	87.07	<b>Clasificación de la Muestra</b>
No4	4.178	57.37	2.87	15.80	84.20	
No8	2.360	208.71	10.44	26.24	73.76	Clas. SUCS : SP-SM
No10	2.000	80.96	4.05	30.29	69.71	Clas. AASHTO : A-1-b (0)
No16	1.180	250.30	12.52	42.80	57.20	<b>Descripción de la Muestra</b>
No20	0.850	152.38	7.62	50.42	49.58	
No30	0.600	134.45	6.72	57.14	42.86	SUCS: Arena mal graduada con limo y grava
No40	0.420	107.56	5.38	62.52	37.48	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No60	0.300	132.93	6.65	69.17	30.83	
No80	0.250	95.04	4.75	73.92	26.08	Tiene un % de finos de = 7.92%
No100	0.180	193.10	9.66	83.57	16.43	<b>Descripción de la Calicata</b>
No200	0.150	66.73	3.34	86.91	13.09	
< No200	0.074	103.41	5.17	92.08	7.92	C-2 : E-1
Total		2000.00	100.00	100.00	0.00	Profundidad : 0.0 m - 1.50 m



**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000, Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
ASTM D-4318

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

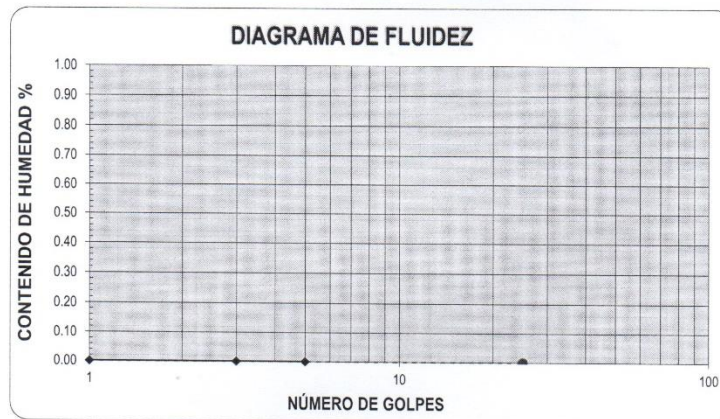
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	NP	NP	NP	NP	NP
N° de golpes					
Peso de tara (g)					
Peso de tara + suelo húmedo (g)					
Peso tara + suelo seco (g)					
Contenido de Humedad %	NP	NP	NP	NP	NP
Limites %	NP			NP	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**
**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D-2216**

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018  
**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER  
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)  
**MUESTRA** : C-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	51.01	50.72	50.27
Peso del tarro + suelo humedo (g)	155.95	166.20	158.40
Peso del tarro + suelo seco (g)	151.56	162.14	154.10
Peso del suelo seco (g)	100.55	111.42	103.83
Peso del agua (g)	4.39	4.06	4.30
% de humedad (%)	4.37	3.64	4.14
% de humedad promedio (%)	<b>4.05</b>		

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211674  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D-422**

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-1 / MUESTRA 3 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

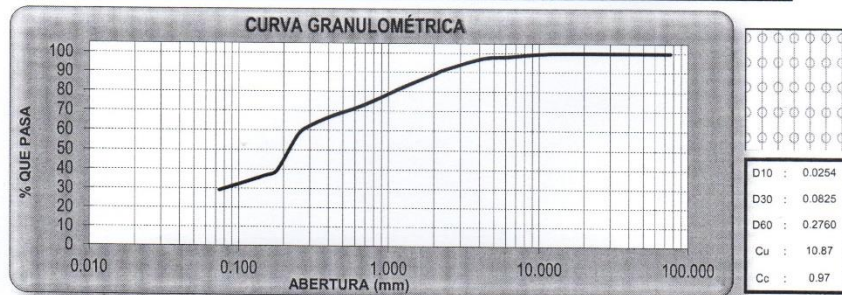
**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1417.01

Peso perdido por lavado : 582.99

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	6.90%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Límites e Índices de Consistencia</b>
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 15
1/2"	12.700	2.11	0.11	0.11	99.89	L. Plástico : 14
3/8"	9.525	9.46	0.47	0.58	99.42	Ind. Plasticidad : 1
1/4"	6.350	25.54	1.28	1.86	98.14	<b>Clasificación de la Muestra</b>
No4	4.178	20.74	1.04	2.89	97.11	
No8	2.360	115.75	5.79	8.68	91.32	Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
No10	2.000	47.98	2.40	11.08	88.92	<b>Descripción de la Muestra</b>
No16	1.180	152.09	7.60	18.68	81.32	
No20	0.850	106.00	5.30	23.98	76.02	SUCS: Arena limosa
No30	0.600	95.93	4.80	28.78	71.22	AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno
No40	0.420	80.25	4.01	32.79	67.21	
No50	0.300	100.83	5.04	37.83	62.17	Tiene un % de finos de = 29.15%
No60	0.250	90.20	4.51	42.34	57.66	<b>Descripción de la Calicata</b>
No80	0.180	367.06	18.35	60.70	39.30	
No100	0.150	51.23	2.56	63.26	36.74	C-3 : E-1
No200	0.074	151.84	7.59	70.85	29.15	Profundidad : 0.0 m - 1.50 m
< No200		582.99	29.15	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
ASTM D-4318

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

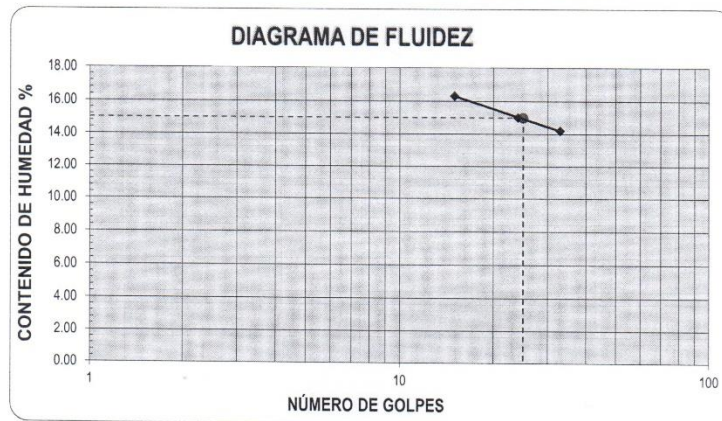
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-1 / MUESTRA 3 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA						
Descripción		Límite Líquido			Límite Plástico	
		15	24	33	-	-
N° de golpes		15	24	33	-	-
Peso de tara (g)		14.09	14.36	14.24	14.18	14.20
Peso de tara + suelo húmedo (g)		23.50	22.17	23.96	15.21	15.62
Peso tara + suelo seco (g)		22.18	21.15	22.75	15.09	15.44
Contenido de Humedad %		16.32	15.02	14.22	13.19	14.52
Límites %		15			14	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -2.668 \ln(x) + 23.529$$

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211874  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D-2216

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-1 / MUESTRA 3 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	52.68	50.59	50.51
Peso del tarro + suelo humedo (g)	149.85	134.26	140.51
Peso del tarro + suelo seco (g)	143.72	128.85	134.59
Peso del suelo seco (g)	91.04	78.26	84.08
Peso del agua (g)	6.13	5.41	5.92
% de humedad (%)	6.73	6.91	7.04
% de humedad promedio (%)	6.90		

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D-422

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER  
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

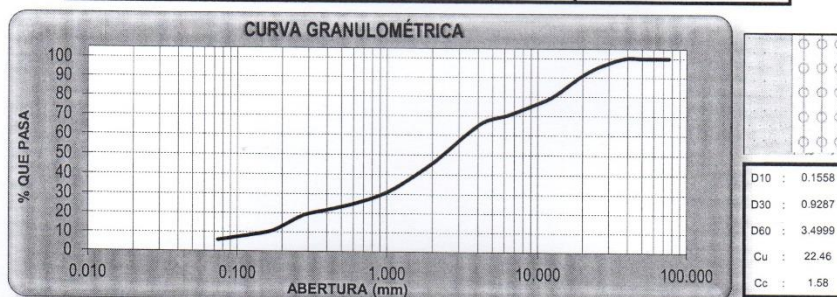
**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-1 / MUESTRA 4 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00  
Peso de muestra seca luego de lavado : 1882.92  
Peso perdido por lavado : 117.08

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	3.75%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Límites e Índices de Consistencia</b>
1"	25.400	90.97	4.55	4.55	95.45	
3/4"	19.050	109.89	5.49	10.04	89.96	L. Líquido : NP
1/2"	12.700	198.13	9.91	19.95	80.05	L. Plástico : NP
3/8"	9.525	88.30	4.42	24.36	75.64	Ind. Plasticidad : NP
1/4"	6.350	107.04	5.35	29.72	70.28	<b>Clasificación de la Muestra</b>
No4	4.178	88.58	4.43	34.15	65.85	
No8	2.360	313.94	15.70	49.84	50.16	Clas. SUCS : SW-SM
No10	2.000	89.47	4.47	54.32	45.68	Clas. AASHTO : A-1-a (0)
No16	1.180	234.04	11.70	66.02	33.98	<b>Descripción de la Muestra</b>
No20	0.850	104.60	5.23	71.25	28.75	
No30	0.600	74.42	3.72	74.97	25.03	SUCS: Arena bien graduado con limo y grava
No40	0.420	57.33	2.87	77.84	22.16	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No60	0.300	48.84	2.44	80.28	19.72	
No80	0.250	49.26	2.46	82.74	17.26	Tiene un % de finos de = 5.85%
No100	0.180	117.35	5.87	88.61	11.39	<b>Descripción de la Calicata</b>
No200	0.150	34.54	1.73	90.34	9.66	
No200	0.074	76.22	3.81	94.15	5.85	
< No200		117.08	5.85	100.00	0.00	C-4 : E-1
Total		2000.00	100.00			Profundidad : 0.0 m - 1.50 m



**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D-4318

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

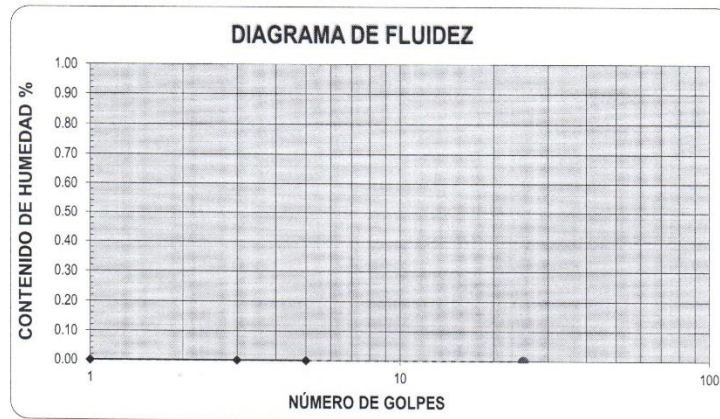
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-1 / MUESTRA 4 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	NP	NP	NP	NP	NP
N° de golpes					
Peso de tara (g)					
Peso de tara + suelo húmedo (g)					
Peso tara + suelo seco (g)					
Contenido de Humedad %	NP	NP	NP	NP	NP
Limites %	NP			NP	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000, Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D-2216**

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-1 / MUESTRA 4 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	51.51	50.80	51.06
Peso del tarro + suelo humedo (g)	156.89	155.56	149.28
Peso del tarro + suelo seco (g)	153.24	151.70	145.64
Peso del suelo seco (g)	101.73	100.90	94.58
Peso del agua (g)	3.65	3.86	3.64
% de humedad (%)	3.59	3.83	3.85
% de humedad promedio (%)	3.75		

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**  
**ASTM D-422**
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER  
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

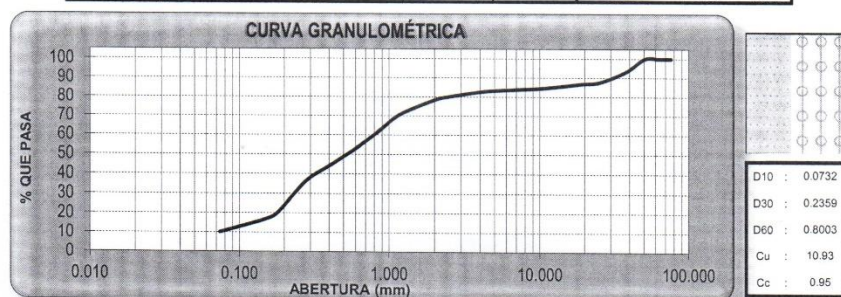
**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-5 / E-1 / MUESTRA 5 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

 Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1797.78  
 Peso perdido por lavado : 202.22

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	4.07%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	133.27	6.66	6.66	93.34	<b>Límites e Índices de Consistencia</b>
1"	25.400	111.52	5.58	12.24	87.76	
3/4"	19.050	19.27	0.96	13.20	86.80	L. Líquido : NP
1/2"	12.700	31.01	1.55	14.75	85.25	L. Plástico : NP
3/8"	9.525	17.25	0.86	15.62	84.38	Ind. Plasticidad : NP
1/4"	6.350	13.83	0.69	16.31	83.69	<b>Clasificación de la Muestra</b>
No4	4.178	18.42	0.92	17.23	82.77	
No8	2.360	60.98	3.05	20.28	79.72	Clas. AASHTO : A-1-b (0)
No10	2.000	28.73	1.44	21.71	78.29	<b>Descripción de la Muestra</b>
No16	1.180	153.35	7.67	29.38	70.62	
No20	0.850	177.11	8.86	38.24	61.76	SUCS: Arena mal graduada con limo y grava
No30	0.600	177.21	8.86	47.10	52.90	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No40	0.420	156.96	7.85	54.95	45.05	
No60	0.300	137.50	6.88	61.82	38.18	
No80	0.250	113.48	5.67	67.49	32.51	
No100	0.180	248.03	12.40	79.90	20.10	Tiene un % de finos de = 10.11%
No200	0.150	63.92	3.20	83.09	16.91	<b>Descripción de la Calicata</b>
< No200	0.074	135.94	6.80	89.89	10.11	
Total		202.22	10.11	100.00	0.00	
		2000.00	100.00			C-5 : E-1 Profundidad : 0.0 m - 1.50 m


**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.

  
**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

 fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D-4318

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

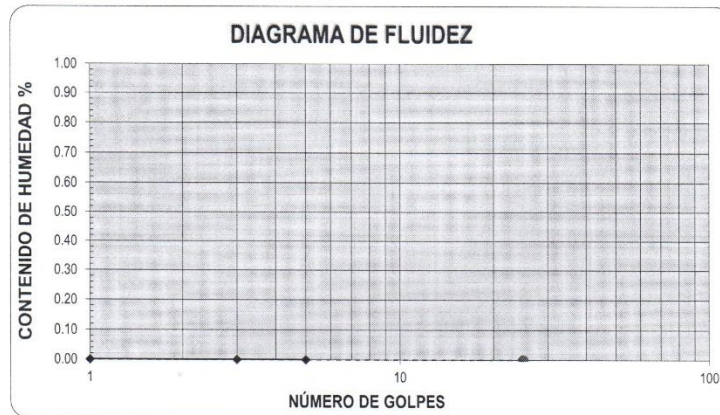
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-5 / E-1 / MUESTRA 5 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	NP	NP	NP	NP	NP
N° de golpes	NP	NP	NP	NP	NP
Peso de tara (g)					
Peso de tara + suelo húmedo (g)					
Peso tara + suelo seco (g)					
Contenido de Humedad %	NP	NP	NP	NP	NP
Límites %	NP			NP	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**
**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D-2216**

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018  
**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER  
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)  
**MUESTRA** : C-5 / E-1 / MUESTRA 5 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	50.37	49.02	50.64
Peso del tarro + suelo humedo (g)	141.00	145.51	147.79
Peso del tarro + suelo seco (g)	137.33	141.55	144.31
Peso del suelo seco (g)	86.96	92.53	93.67
Peso del agua (g)	3.67	3.96	3.48
% de humedad (%)	4.22	4.28	3.72
% de humedad promedio (%)	<b>4.07</b>		

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000, Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



  
**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D-422

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-6 / E-1 / MUESTRA 6 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

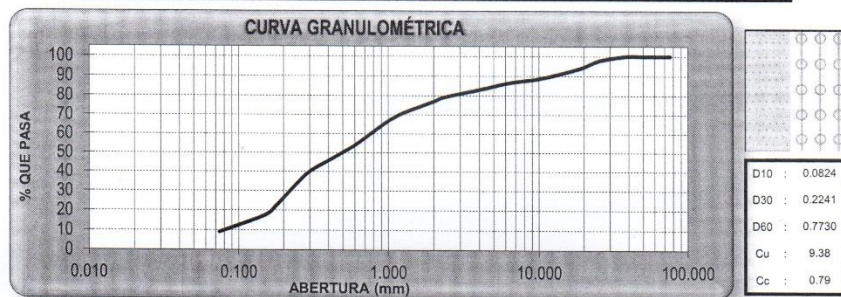
**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1818.83

Peso perdido por lavado : 181.17

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	3.75%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1"	25.400	43.39	2.17	2.17	97.83	
3/4"	19.050	75.65	3.78	5.95	94.05	L Líquido : NP
1/2"	12.700	72.26	3.61	9.57	90.44	L Plástico : NP
3/8"	9.525	40.54	2.03	11.59	88.41	Ind. Plasticidad : NP
1/4"	6.350	36.76	1.84	13.43	86.57	Clasificación de la Muestra
No4	4.178	63.75	3.19	16.62	83.38	
No8	2.360	83.14	4.16	20.77	79.23	Clas. SUCS : SP-SM
No10	2.000	46.08	2.30	23.08	76.92	Clas. AASHTO : A-1-b (0)
No16	1.180	139.26	6.96	30.04	69.96	Descripción de la Muestra
No20	0.850	145.14	7.26	37.30	62.70	
No30	0.600	175.45	8.77	46.07	53.93	SUCS: Arena mal graduada con limo y grava
No40	0.420	143.36	7.17	53.24	46.76	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No60	0.300	133.77	6.69	59.93	40.07	Tiene un % de finos de = 9.06%
No100	0.150	101.72	5.09	82.41	17.59	
No200	0.074	170.68	8.53	90.94	9.06	
< No200		181.17	9.06	100.00	0.00	Descripción de la Calicata
Total		2000.00	100.00			
						C-6 : E-1
						Profundidad : 0.0 m - 1.50 m



CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000, Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D-4318

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

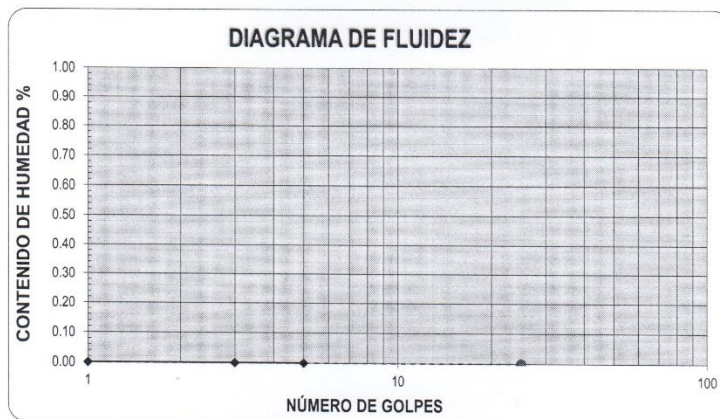
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-8 / E-1 / MUESTRA 6 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	NP	NP	NP	NP	NP
N° de golpes					
Peso de tara (g)					
Peso de tara + suelo húmedo (g)					
Peso tara + suelo seco (g)					
Contenido de Humedad %	NP	NP	NP	NP	NP
Límites %	NP			NP	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000, Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**
**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D-2216**

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y EL CBR IN SITU, LAREDO - TRUJILLO - 2018

**SOLICITANTE** : RODRIGUEZ VÁSQUEZ, ROYSER

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-6 / E-1 / MUESTRA 6 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	51.78	51.61	48.31
Peso del tarro + suelo humedo (g)	143.53	144.44	136.19
Peso del tarro + suelo seco (g)	140.02	141.16	133.14
Peso del suelo seco (g)	88.24	89.55	84.83
Peso del agua (g)	3.51	3.28	3.05
% de humedad (%)	3.98	3.66	3.60
% de humedad promedio (%)	<b>3.75</b>		

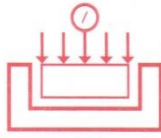
**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe





# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EVALUACION DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETROMETRO DINAMICO DE CONO (PDC) Y LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR) IN SITU, LAREDO - TRUJILLO, 2018  
 SOLICITA: BACH. RODRIGUEZ VASQUEZ, ROYSER  
 UBICACION: LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: TRUJILLO, 16 DE ABRIL DEL 2019

## ENSAYO CBR IN SITU (NORMA ASTM D4429)

### Datos:

CANtera: SUB RASANTE  
 UBICACION: AV. LUIS CONDEMARIN  
 CLASIFICACION (SUCS y AASTHO)

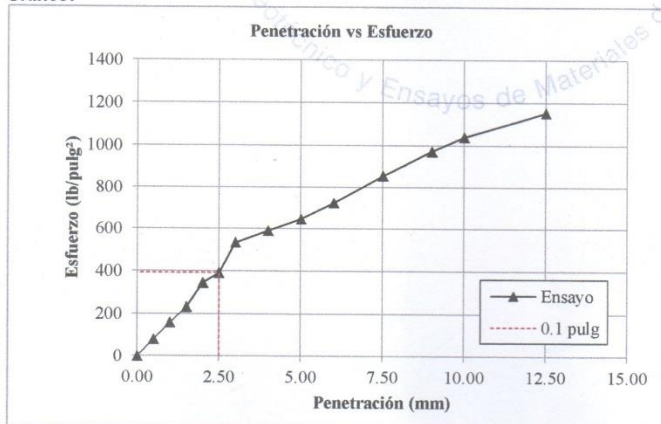
### Datos del equipo:

EQUIPO: CBR IN SITU Nº SERIE: 120  
 MODELO: STCBR-2  
 Ecuación de Ajuste: Según Certificado de Calibración

### Datos de campo:

Rd (0.001")	Deformación (mm)	u (Rd)	P (lb)	$\sigma$ (lb/pulg <sup>2</sup> )
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	15	251.97	80.20
40	1.00	29	501.93	159.77
60	1.50	42	733.87	233.60
80	2.00	62	1090.39	347.08
100	2.50	70	1232.87	392.43
120	3.00	95	1677.82	534.07
160	4.00	105	1855.62	590.66
200	5.00	115	2033.33	647.23
240	6.00	129	2281.96	726.37
300	7.50	152	2690.01	856.26
360	9.00	173	3062.15	974.71
400	10.00	185	3274.61	1042.34
500	12.50	205	3628.40	1154.96

### Gráfico:



Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	39.24%
5.00	64.72%

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Cristhian Huertas Martell  
 C.I.F. 148105



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EVALUACION DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETROMETRO DINAMICO DE CONO (PDC) Y LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR) IN SITU, LAREDO - TRUJILLO , 2018  
 SOLICITA: BACH. RODRIGUEZ VASQUEZ, ROYSER  
 UBICACION: LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: TRUJILLO, 16 DE ABRIL DEL 2019

## ENSAYO CBR IN SITU (NORMA ASTM D4429)

### Datos:

CANTERA: SUB RASANTE  
 UBICACION: AV. LUIS CONDEMARIN  
 CLASIFICACION (SUCS y AASTHO)

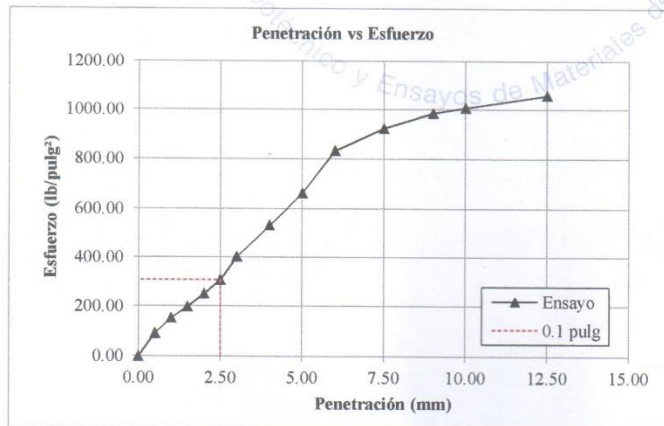
### Datos del equipo:

EQUIPO: CBR IN SITU N° SERIE: 120  
 MODELO: STCBR-2  
 Ecuación de Ajuste: Según Certificado de Calibración

### Datos de campo:

Rd (0.001")	Deformación (mm)	u (Rd)	P (lb)	$\sigma$ (lb/pulg <sup>2</sup> )
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	17	287.69	91.57
40	1.00	28	484.08	154.09
60	1.50	36	626.84	199.53
80	2.00	45	787.38	250.63
100	2.50	55	965.65	307.38
120	3.00	72	1268.51	403.78
160	4.00	95	1677.82	534.07
200	5.00	118	2086.62	664.19
240	6.00	148	2619.08	833.68
300	7.50	164	2902.71	923.96
360	9.00	175	3097.57	985.99
400	10.00	179	3168.40	1008.53
500	12.50	188	3327.70	1059.24

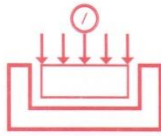
### Gráfico:



Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	30.74%
5.00	66.42%

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Cristhian Huertas Martel  
 C.I.P. 148105





# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EVALUACION DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETROMETRO DINAMICO DE CONO (PDC) Y LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR) IN SITU, LAREDO - TRUJILLO, 2018  
 SOLICITA: BACH. RODRIGUEZ VASQUEZ, ROYSER  
 UBICACIÓN: LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: TRUJILLO, 16 DE ABRIL DEL 2019

## ENSAYO CBR IN SITU (NORMA ASTM D4429)

### Datos:

CANTERA: SUB RASANTE  
 UBICACIÓN: AV. LUIS CONDEMARIN  
 CLASIFICACION (SUCS y AASTHO)

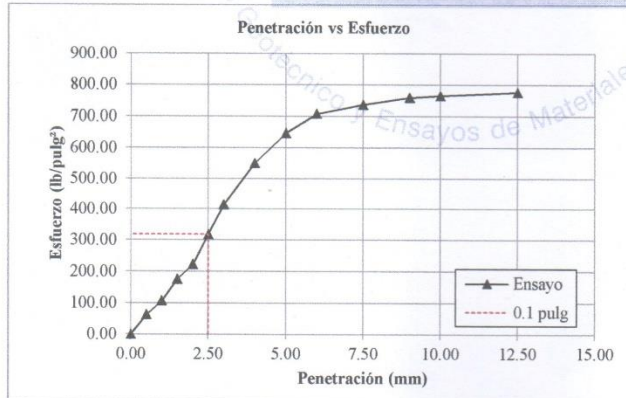
### Datos del equipo:

EQUIPO: CBR IN SITU N° SERIE: 120  
 MODELO: STCBR-2  
 Ecuación de Ajuste: Según Certificado de Calibración

### Datos de campo:

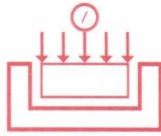
Rd (0.001")	Deformación (mm)	u (Rd)	P (lb)	$\sigma$ (lb/pulg <sup>2</sup> )
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	12	198.38	63.15
40	1.00	20	341.26	108.63
60	1.50	32	555.47	176.81
80	2.00	40	698.19	222.24
100	2.50	57	1001.30	318.72
120	3.00	74	1304.12	415.11
160	4.00	98	1731.17	551.05
200	5.00	115	2033.33	647.23
240	6.00	126	2228.69	709.41
300	7.50	131	2317.46	737.67
360	9.00	135	2388.45	760.27
400	10.00	136	2406.20	765.92
500	12.50	138	2441.69	777.21

### Gráfico:



Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	31.87%
5.00	64.72%

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Cristhian Huertas Martel  
 C.P. 148105



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EVALUACION DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETROMETRO DINAMICO DE CONO (PDC) Y LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR) IN SITU, LAREDO - TRUJILLO, 2018  
 SOLICITA: BACH. RODRIGUEZ VASQUEZ, ROYSER  
 UBICACION: LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: TRUJILLO, 16 DE ABRIL DEL 2019

## ENSAYO CBR IN SITU (NORMA ASTM D4429)

### Datos:

CANTERA: SUB RASANTE  
 UBICACION: AV. LUIS CONDEMARIN  
 CLASIFICACION (SUCS y AASTHO)

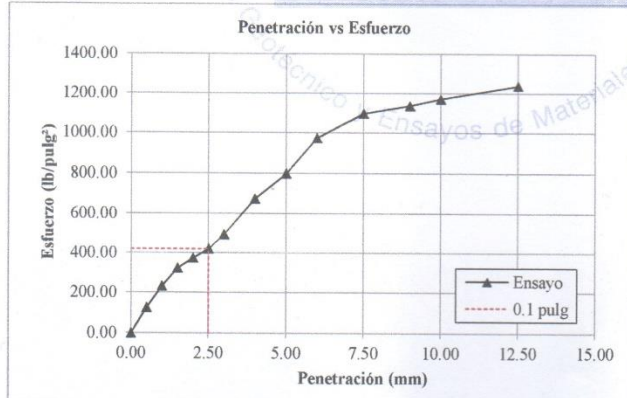
### Datos del equipo:

EQUIPO: CBR IN SITU Nº SERIE: 120  
 MODELO: STCBR-2  
 Ecuación de Ajuste: Según Certificado de Calibración

### Datos de campo:

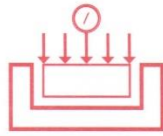
Rd (0.001")	Deformación (mm)	u (Rd)	P (lb)	$\sigma$ (lb/pulg <sup>2</sup> )
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	23	394.83	125.68
40	1.00	42	733.87	233.60
60	1.50	58	1019.12	324.40
80	2.00	67	1179.46	375.43
100	2.50	75	1321.93	420.78
120	3.00	88	1553.30	494.43
160	4.00	120	2122.11	675.49
200	5.00	142	2512.66	799.80
240	6.00	173	3062.15	974.71
300	7.50	195	3451.55	1098.66
380	9.00	202	3575.36	1138.07
400	10.00	208	3681.44	1171.84
500	12.50	220	3893.43	1239.32

### Gráfico:



Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	42.08%
5.00	79.98%

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Christian Huertas Martell  
 C.P. 148105



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EVALUACION DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETROMETRO DINAMICO DE CONO (PDC) Y LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR) IN SITU, LAREDO - TRUJILLO, 2018  
 SOLICITA: BACH. RODRIGUEZ VASQUEZ, ROYSER  
 UBICACION: LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: TRUJILLO, 16 DE ABRIL DEL 2019

## ENSAYO CBR IN SITU (NORMA ASTM D4429)

### Datos:

CANTERA: SUB RASANTE  
 UBICACION: AV. LUIS CONDEMARIN  
 CLASIFICACION (SUCS y AASTHO)

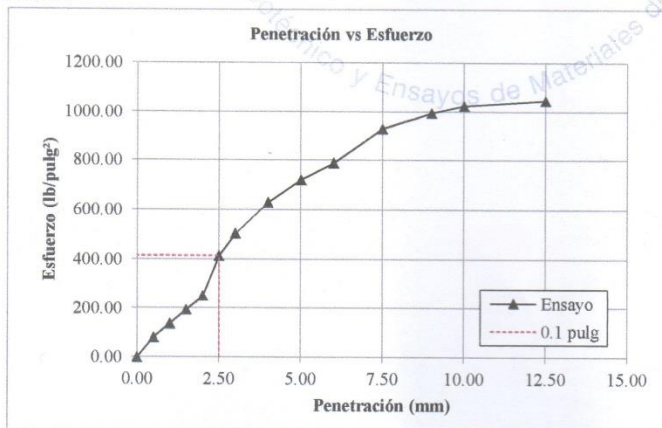
### Datos del equipo:

EQUIPO: CBR IN SITU N° SERIE: 120  
 MODELO: STCBR-2  
 Ecuación de Ajuste: Según Certificado de Calibración

### Datos de campo:

Rd (0.001")	Deformación (mm)	u (Rd)	P (lb)	$\sigma$ (lb/pulg <sup>2</sup> )
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	15	251.97	80.20
40	1.00	25	430.53	137.04
60	1.50	35	609.00	193.85
80	2.00	45	787.38	250.63
100	2.50	74	1304.12	415.11
120	3.00	90	1588.85	505.75
160	4.00	112	1980.02	630.26
200	5.00	128	2264.20	720.72
240	6.00	140	2477.13	788.49
300	7.50	165	2920.43	929.60
360	9.00	177	3132.98	997.26
400	10.00	182	3221.51	1025.44
500	12.50	186	3292.31	1047.97

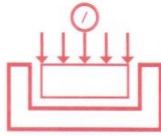
### Gráfico:



Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	41.51%
5.00	72.07%

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Cristhian Huertas Martell  
 C.P. 148105





# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EVALUACION DE LA RESISTENCIA DEL SUELO CON EL PENETROMETRO DINAMICO DE CONO (PDC) Y LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR) IN SITU, LAREDO - TRUJILLO, 2018  
 SOLICITA: BACH. RODRIGUEZ VASQUEZ, ROYSER  
 UBICACION: LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: TRUJILLO, 16 DE ABRIL DEL 2019

## ENSAYO CBR IN SITU (NORMA ASTM D4429)

### Datos:

CANTERA: SUB RASANTE  
 UBICACION: AV. LUIS CONDEMARIN  
 CLASIFICACION (SUCS y AASTHO)

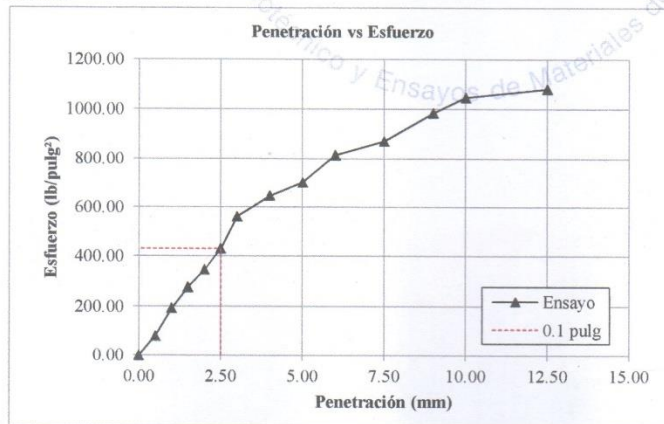
### Datos del equipo:

EQUIPO: CBR IN SITU N° SERIE: 120  
 MODELO: STCBR-2  
 Ecuación de Ajuste: Según Certificado de Calibración

### Datos de campo:

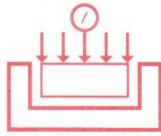
Rd (0.001")	Deformación (mm)	u (Rd)	P (lb)	$\sigma$ (lb/pulg <sup>2</sup> )
0	0.00	0	0.00	0.00
20	0.50	15	251.97	80.20
40	1.00	35	609.00	193.85
60	1.50	50	876.51	279.00
80	2.00	62	1090.39	347.08
100	2.50	77	1357.53	432.12
120	3.00	100	1766.70	562.36
160	4.00	115	2033.33	647.23
200	5.00	125	2210.94	703.76
240	6.00	145	2565.88	816.74
300	7.50	155	2743.20	873.19
360	9.00	175	3097.57	985.99
400	10.00	186	3292.31	1047.97
500	12.50	192	3398.48	1081.77

### Gráfico:



Penetración (mm)	CBR (%)
2.50	43.21%
5.00	70.38%

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Cristhian Huertas Martell  
 C.I.P. 148105



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte califormia (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

Ubicación: Av.Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg  
 Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: -----

Clasificación del material (AASTHO):A-1-b (0) Profundidad del nivel freatico: -----  
 Clasificación del material (SUCS):SW-SM Pag.: 1 / 3  
 Norma de referencia: ASTM D 6951-09

CALICATA C-1

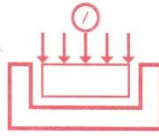
Numero de golpes	Numero de golpes acumulados (golpes)	Penetración acumulada	Penetración entre lecturas	Penetración por golpe	Factor de martillo	Indice de PDC	Profundidad de penetración
		mm	mm	mm		mm/Golpe	mm
0	0	0.00	0.000	0	1	0.000	0.000
5	5	64.10	64.10	12.820	1	6.302	64.100
5	10	92.00	27.90	5.580	1	6.302	92.000
5	15	101.00	9.00	1.800	1	6.302	101.000
5	20	130.00	29.00	5.800	1	6.302	130.000
5	25	153.00	23.00	4.600	1	6.302	153.000
5	30	170.00	17.00	3.400	1	6.302	170.000
5	35	207.50	37.50	7.500	1	6.302	207.500
5	40	241.00	33.50	6.700	1	6.302	241.000
5	45	286.00	45.00	9.000	1	6.302	286.000
5	50	305.50	19.50	3.900	1	6.302	305.500
5	55	370.00	64.50	12.900	1	6.302	370.000
5	60	420.00	50.00	10.000	1	6.302	420.000
5	65	465.00	45.00	9.000	1	3.998	465.000
5	70	501.00	36.00	7.200	1	3.998	501.000
5	75	530.00	29.00	5.800	1	3.998	530.000
5	80	550.20	20.20	4.040	1	3.998	550.200
5	85	570.60	20.40	4.080	1	3.998	570.600
5	90	580.40	9.80	1.960	1	3.998	580.400
5	95	600.30	19.90	3.980	1	3.998	600.300
5	100	610.15	9.85	1.970	1	3.998	610.150
5	105	622.95	12.80	2.560	1	3.998	622.950
5	110	644.10	21.15	4.230	1	3.998	644.100
5	115	663.60	19.50	3.900	1	3.998	663.600
5	120	683.75	20.15	4.030	1	3.998	683.750
5	125	706.10	22.35	4.470	1	3.998	706.100
5	130	730.55	24.45	4.890	1	5.167	730.550
5	135	755.85	25.30	5.060	1	5.167	755.850
5	140	788.45	32.60	6.520	1	5.167	788.450
5	145	815.20	26.75	5.350	1	5.167	815.200
5	150	836.55	21.35	4.270	1	5.167	836.550
5	155	861.10	24.55	4.910	1	5.167	861.100
5	160	888.25	27.15	5.430	1	5.167	888.250
3	163	900	11.75	3.917	1	5.167	900.000

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Christian Huertas Marte  
 C. P. 148105

Urb. Monserrate V Etapa Mz. C2 Lte. 4 - Trujillo R.U.C. 20477653741 Oficina ☎ 285934 📠 949650866 - RPM \*425642

RESOLUCION N° 017504-2012 / DSD - INDECOPI



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte califormia (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg

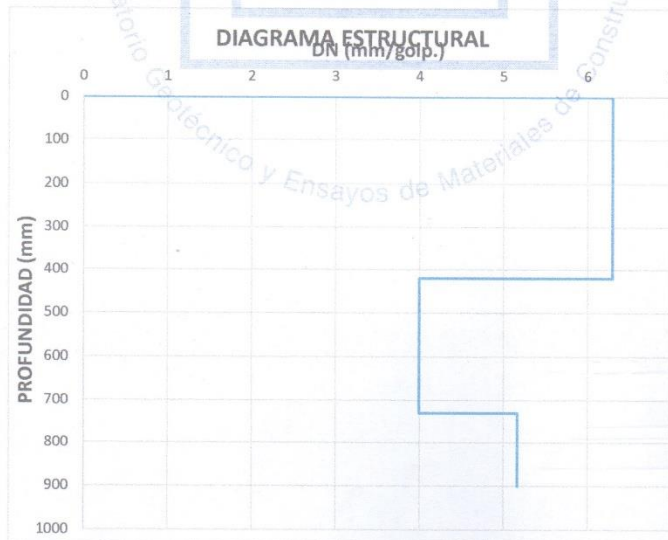
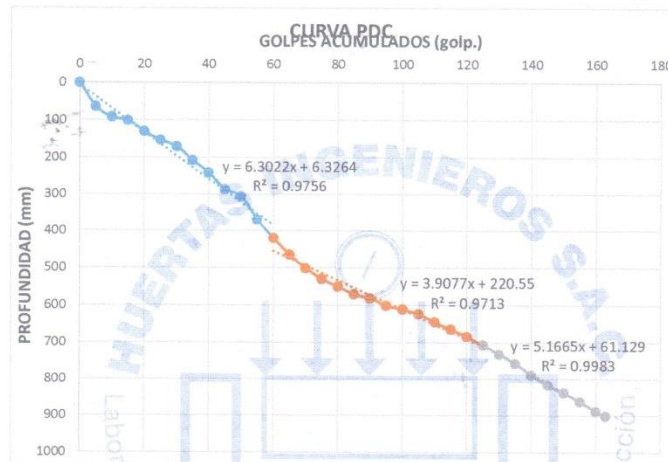
Ensayo: Penetrómetro Dinámico de Cono Condición del tiempo: ----

Clasificación del material (AASHTO): A-1-b (0) Profundidad del nivel freático: ----

Clasificación del material (SUCS): SW-SM Pag.: 2 / 3

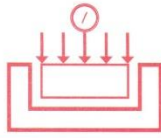
Norma de referencia: ASTM D 6951-09

CALICATA C-1



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Cristhian Huertas Martel  
C.P. 148105





# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte califormia (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

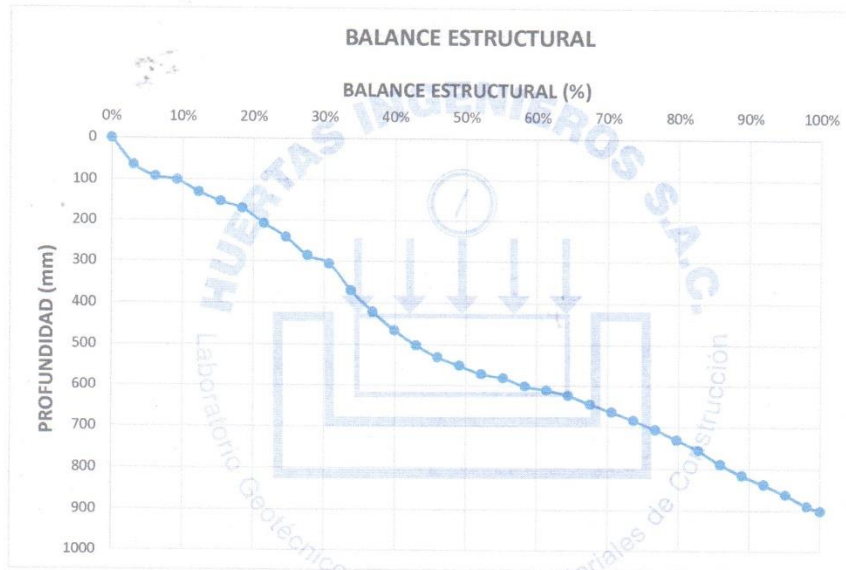
Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg

Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: ----

Clasificación del material (AASHTO): A-1-b (0) Profundidad del nivel freatico: ----

Clasificación del material (SUCS): SW-SM Norma de referencia: ASTM D 6951-09 Pag.: 1 / 3

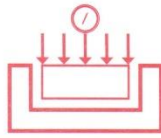
CALICATA C-1



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Christian Huertas Martell  
C.P. 142105







# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte california (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

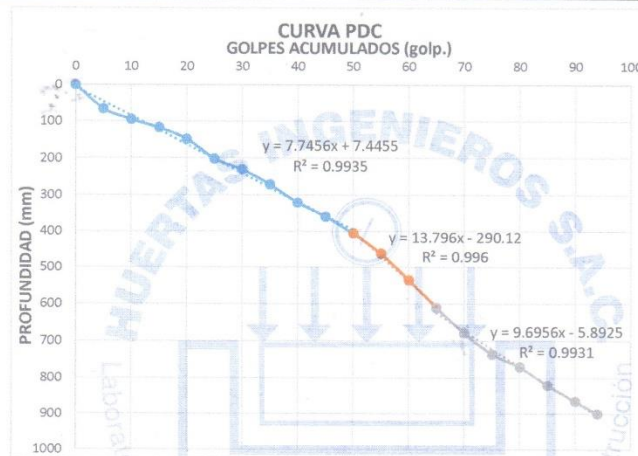
Ubicación: Av.Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg

Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: ----

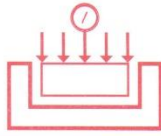
Clasificacion del material (ASTHO):A-1-b (0) Profundidad del nivel freatico: ----

Clasificacion del material (SUCS):SP-SW Norma de referencia: ASTM D 6951-09 Pag.: 2 / 3

CALICATA C-2



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Cristian Huertas Martel  
C. P. 148105



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte califormia (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg

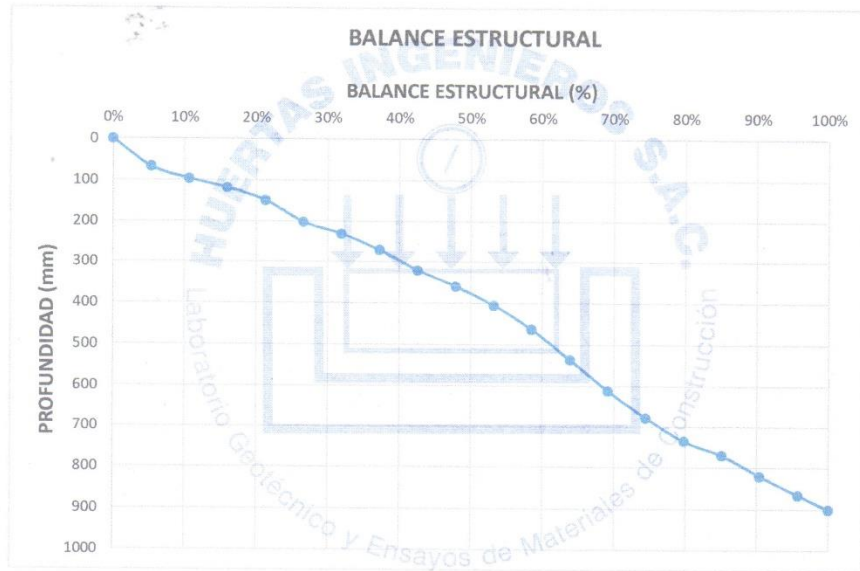
Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: ----

Clasificación del material (AASHTO): A-1-b (0) Profundidad del nivel freatico: ----

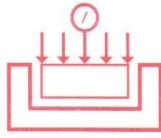
Clasificación del material (SUCS): SP-SW Pag.: 3 / 3

Norma de referencia: ASTM D 6951-09

CALICATA C-2



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Cristhian Huertas Martell  
C.P. 148105



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte califormia (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg  
 Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: ----

Clasificación del material (ASTHO): A-2-4 (0) Profundidad del nivel freatico: ----

Clasificación del material (SUCS): SM Pag.: 1 / 3

Norma de referencia: ASTM D 6951-09

CALICATA C-3

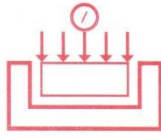
Numero de golpes	Numero de golpes acumulados (golpes)	Penetración acumulada	Penetración entre lecturas	Penetración por golpe	Factor de martillo	Indice de PDC	Profundidad de penetración
		mm	mm	mm		mm/Golpe	mm
0	0	0.00	0.000	0	1	0.000	0.000
5	5	67.00	67.00	13.400	1	7.968	67.000
5	10	105.30	38.30	7.660	1	7.968	105.300
5	15	125.00	19.70	3.940	1	7.968	125.000
5	20	172.50	47.50	9.500	1	7.968	172.500
5	25	215.00	42.50	8.500	1	7.968	215.000
5	30	242.00	27.00	5.400	1	7.968	242.000
5	35	271.50	29.50	5.900	1	7.968	271.500
5	40	321.00	49.50	9.900	1	7.968	321.000
5	45	379.00	58.00	11.600	1	7.968	379.000
5	50	425.00	46.00	9.200	1	7.968	425.000
5	55	442.00	17.00	3.400	1	3.540	442.000
5	60	465.00	23.00	4.600	1	3.540	465.000
5	65	492.00	27.00	5.400	1	3.540	492.000
5	70	511.50	19.50	3.900	1	3.540	511.500
5	75	531.60	20.10	4.020	1	3.540	531.600
5	80	549.20	17.60	3.520	1	3.540	549.200
5	85	568.00	18.80	3.760	1	3.540	568.000
5	90	583.70	15.70	3.140	1	3.540	583.700
5	95	600.50	16.80	3.360	1	3.540	600.500
5	100	613.40	12.90	2.580	1	3.540	613.400
5	105	632.00	18.60	3.720	1	3.540	632.000
5	110	651.00	19.00	3.800	1	3.540	651.000
5	115	663.00	12.00	2.400	1	3.540	663.000
5	120	679.30	16.30	3.260	1	3.540	679.300
5	125	696.20	16.90	3.380	1	3.540	696.200
5	130	710.10	13.90	2.780	1	3.540	710.100
5	135	723.00	12.90	2.580	1	2.428	723.000
5	140	735.00	12.00	2.400	1	2.428	735.000
5	145	746.30	11.30	2.260	1	2.428	746.300
5	150	759.00	12.70	2.540	1	2.428	759.000
5	155	771.00	12.00	2.400	1	2.428	771.000
5	160	782.00	11.00	2.200	1	2.428	782.000
5	165	793.2	11.20	2.240	1	2.428	793.200
5	170	808.60	15.40	3.080	1	2.428	808.600
5	175	819.70	11.10	2.220	1	2.428	819.700
5	180	832.00	12.30	2.460	1	2.428	832.000
5	185	846.40	14.40	2.880	1	2.428	846.400
5	190	857.00	10.60	2.120	1	2.428	857.000
5	195	868.10	11.10	2.220	1	2.428	868.100
5	200	879.00	10.90	2.180	1	2.428	879.000
5	205	891.20	12.20	2.440	1	2.428	891.200
3	208	900.00	8.80	2.933	1	2.428	900.000

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Christian Huertas Martell  
 P 148105

Urb. Monserrate V Etapa Mz. C2 Lte. 4 - Trujillo R.U.C. 20477653741 Oficina © 285934 ☎ 949650866 - RPM \*425642

RESOLUCION N° 017504-2012 / DSD - INDECOPI





# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte califormia (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg

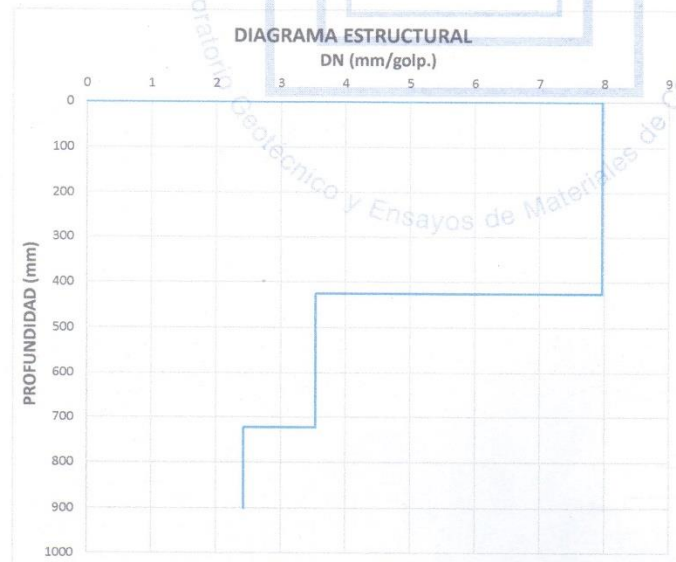
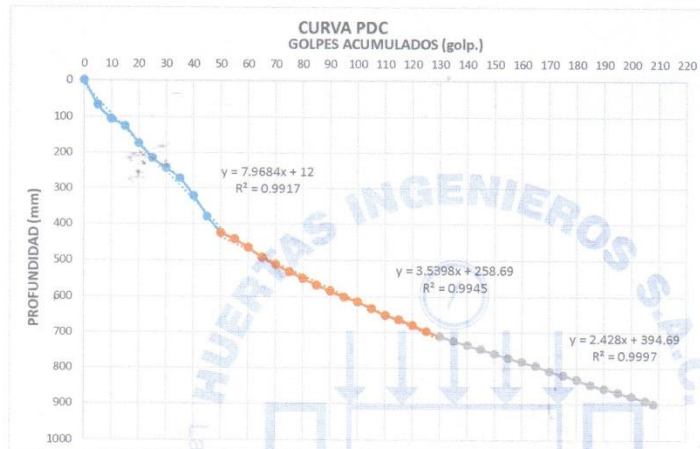
Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: ----

Clasificación del material (AASHTO): A-2-4 (0) Profundidad del nivel freatico: ----

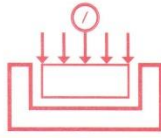
Clasificación del material (SUCS): SM Pag.: 2 / 3

Norma de referencia: ASTM D 6951-09

CALICATA C-3



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Cristhian Huertas Martel  
C. P. 148105

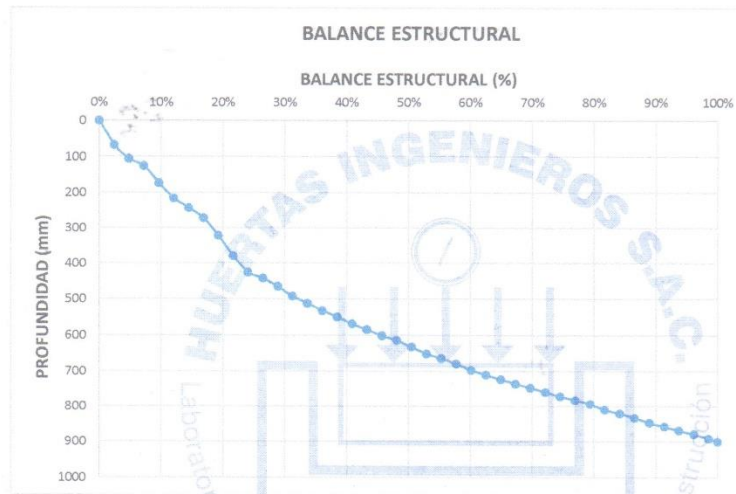


# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

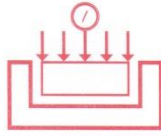
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte california (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg  
Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: ----  
Clasificación del material (AASHTO): A-2-4 (0) Profundidad del nivel freatico: ----  
Clasificación del material (SUCS): SM Pag.: 3 / 3  
Norma de referencia: ASTM D 6951-09  
CALICATA C-3



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Crsthan Huertas Martell  
C. P 148105



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte california (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg

Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: ----

Clasificación del material (AASHTO): A-1-a (0)

Profundidad del nivel freatico: ----

Clasificación del material (SUCS): SW-SM

Pag.: 1 / 3

Norma de referencia: ASTM D 6951-09

CALICATA C-4

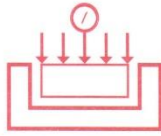
Numero de golpes	Numero de golpes acumulados (golpes)	Penetración acumulada	Penetración entre lecturas	Penetración por golpe	Factor de martillo	Índice de PDC	Profundidad de penetración
		mm	mm	mm		mm/Golpe	mm
0	0	0.00	0.000	0	1	0.000	0.000
5	5	63.50	63.50	12.700	1	5.884	63.500
5	10	91.20	27.70	5.540	1	5.884	91.200
5	15	102.00	10.80	2.160	1	5.884	102.000
5	20	128.00	26.00	5.200	1	5.884	128.000
5	25	153.00	25.00	5.000	1	5.884	153.000
5	30	174.20	21.20	4.240	1	5.884	174.200
5	35	207.50	33.30	6.660	1	5.884	207.500
5	40	242.00	34.50	6.900	1	5.884	242.000
5	45	278.50	36.50	7.300	1	5.884	278.500
5	50	312.00	33.50	6.700	1	5.884	312.000
5	55	342.00	30.00	6.000	1	5.884	342.000
5	60	373.00	31.00	6.200	1	5.884	373.000
5	65	400.10	27.10	5.420	1	5.884	400.100
5	70	428.00	27.90	5.580	1	5.025	428.000
5	75	457.00	29.00	5.800	1	5.025	457.000
5	80	483.00	26.00	5.200	1	5.025	483.000
5	85	506.00	23.00	4.600	1	5.025	506.000
5	90	529.00	23.00	4.600	1	5.025	529.000
5	95	556.00	27.00	5.400	1	5.025	556.000
5	100	578.00	22.00	4.400	1	5.025	578.000
5	105	603.50	25.50	5.100	1	5.025	603.500
5	110	623.00	19.50	3.900	1	3.862	623.000
5	115	645.00	22.00	4.400	1	3.862	645.000
5	120	668.00	23.00	4.600	1	3.862	668.000
5	125	687.00	19.00	3.800	1	3.862	687.000
5	130	704.00	17.00	3.400	1	3.862	704.000
5	135	721.00	17.00	3.400	1	3.862	721.000
5	140	743.00	22.00	4.400	1	3.862	743.000
5	145	768.00	25.00	5.000	1	3.862	768.000
5	150	786.50	18.50	3.700	1	3.862	786.500
5	155	807.00	20.50	4.100	1	3.862	807.000
5	160	825.00	18.00	3.600	1	3.862	825.000
5	165	843.00	18.00	3.600	1	3.862	843.000
5	170	860.00	17.00	3.400	1	3.862	860.000
5	175	877.00	17.00	3.400	1	3.862	877.000
5	180	892.50	15.50	3.100	1	3.862	892.500
3	183	900.00	7.50	2.500	1	3.862	900.000

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Cristóbal Huertas Marín  
 C. P. 128116

Urb. Monserrate V Etapa Mz. C2 Lte. 4 - Trujillo R.U.C. 20477653741 Oficina ☎ 285934 📠 949650866 - RPM \*425642

RESOLUCION N° 017504-2012 / DSD - INDECOPI

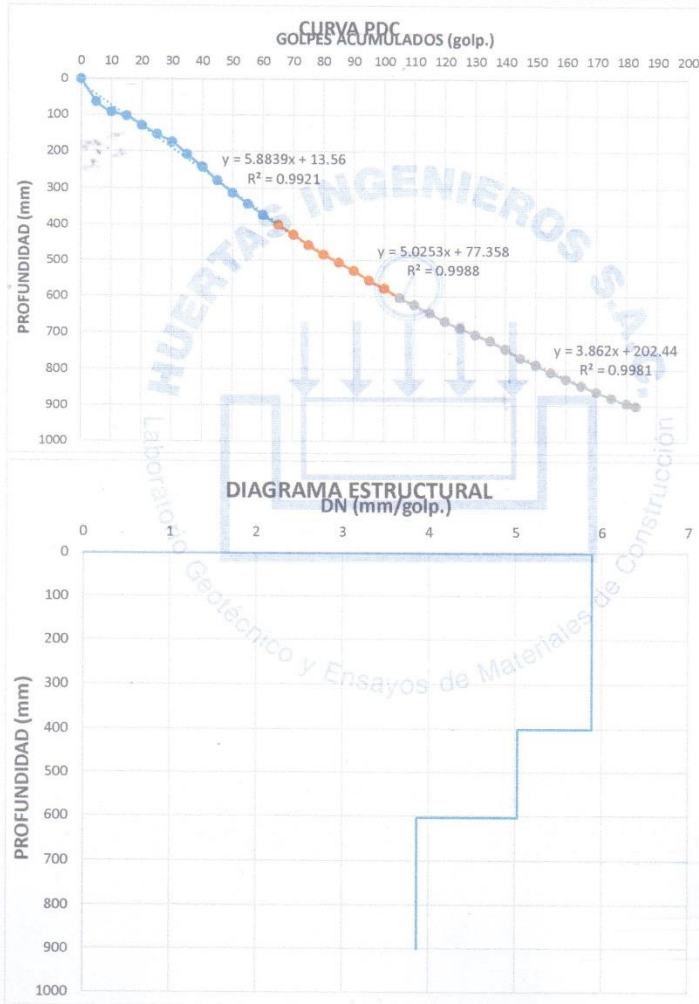


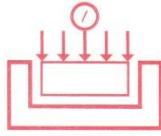


# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte california (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019  
Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg  
Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo:  
Clasificación del material (AASHTO): A-1-a (0) Profundidad del nivel freatico:  
Clasificación del material (SUCS): SW-SM Norma de referencia: ASTM D 6951-09 Pag.: 2 / 3  
CALICATA C-4



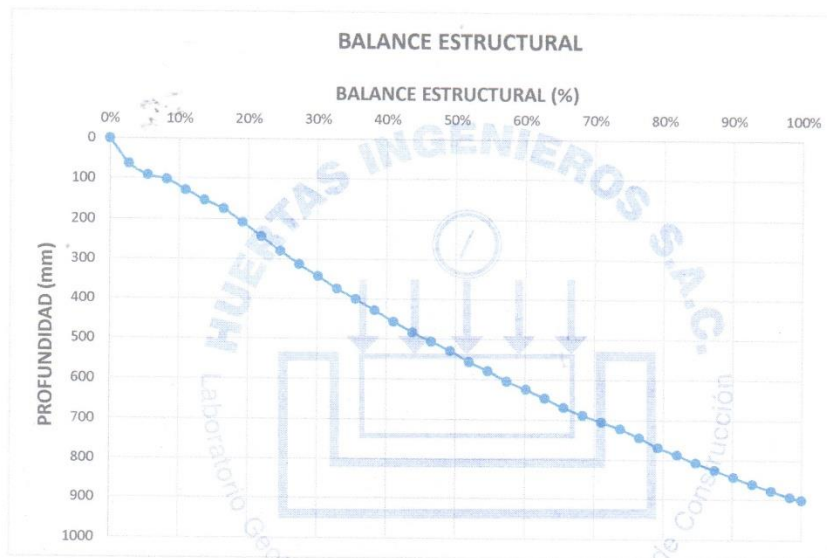


# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

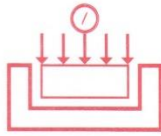
Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte california (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg  
Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: ----  
Clasificación del material (AASHTO): A-1-a (0) Profundidad del nivel freatico: ----  
Clasificación del material (SUCS): SW-SM Pag.: 3 / 3  
Norma de referencia: ASTM D 6951-09  
CALICATA C-4



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Cristhian Huertas Martel





# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

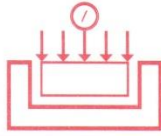
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte californiana (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg  
 Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: ----  
 Clasificación del material (AASHTO): A-1-b (0) Profundidad del nivel freatico: ----  
 Clasificación del material (SUCS): SP-SW Pag.: 1 / 3  
 Norma de referencia: ASTM D 6951-09  
 CALICATA C-5

Numero de golpes	Numero de golpes acumulados (golpes)	Penetración acumulada	Penetración entre lecturas	Penetración por golpe	Factor de martillo	Indice de PDC	Profundidad de penetración
		mm	mm	mm		mm/Golpe	mm
0	0	0.00	0.000	0	1	0.000	0.000
5	5	54.00	54.00	10.800	1	5.941	54.000
5	10	85.00	31.00	6.200	1	5.941	85.000
5	15	112.00	27.00	5.400	1	5.941	112.000
5	20	128.00	16.00	3.200	1	5.941	128.000
5	25	153.00	25.00	5.000	1	5.941	153.000
5	30	183.00	30.00	6.000	1	5.941	183.000
5	35	207.50	24.50	4.900	1	5.941	207.500
5	40	245.00	37.50	7.500	1	5.941	245.000
5	45	279.50	34.50	6.900	1	5.941	279.500
5	50	316.00	36.50	7.300	1	5.941	316.000
5	55	342.00	26.00	5.200	1	5.941	342.000
5	60	373.00	31.00	6.200	1	5.941	373.000
5	65	400.60	27.60	5.520	1	5.941	400.600
5	70	415.00	14.40	2.880	1	3.146	415.000
5	75	431.00	16.00	3.200	1	3.146	431.000
5	80	449.00	18.00	3.600	1	3.146	449.000
5	85	464.00	15.00	3.000	1	3.146	464.000
5	90	478.00	14.00	2.800	1	3.146	478.000
5	95	497.00	19.00	3.800	1	3.146	497.000
5	100	513.00	16.00	3.200	1	3.146	513.000
5	105	527.00	14.00	2.800	1	3.146	527.000
5	110	543.00	16.00	3.200	1	3.146	543.000
5	115	562.00	19.00	3.800	1	3.146	562.000
5	120	576.00	14.00	2.800	1	3.146	576.000
5	125	588.20	12.20	2.440	1	3.146	588.200
5	130	600.50	12.30	2.460	1	3.146	600.500
5	135	623.00	22.50	4.500	1	5.564	623.000
5	140	649.00	26.00	5.200	1	5.564	649.000
5	145	678.00	29.00	5.800	1	5.564	678.000
5	150	703.00	25.00	5.000	1	5.564	703.000
5	155	732.00	29.00	5.800	1	5.564	732.000
5	160	765.00	33.00	6.600	1	5.564	765.000
5	165	803.00	38.00	7.600	1	5.564	803.000
5	170	826.00	23.00	4.600	1	5.564	826.000
5	175	856.00	30.00	6.000	1	5.564	856.000
5	180	876.50	20.50	4.100	1	5.564	876.500
5	185	896.00	19.50	3.900	1	5.564	896.000
1	186	900.00	4.00	4.000	1	5.564	900.000

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Cristhian Huertas Martí  
 D.S. 18010



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte califormia (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg

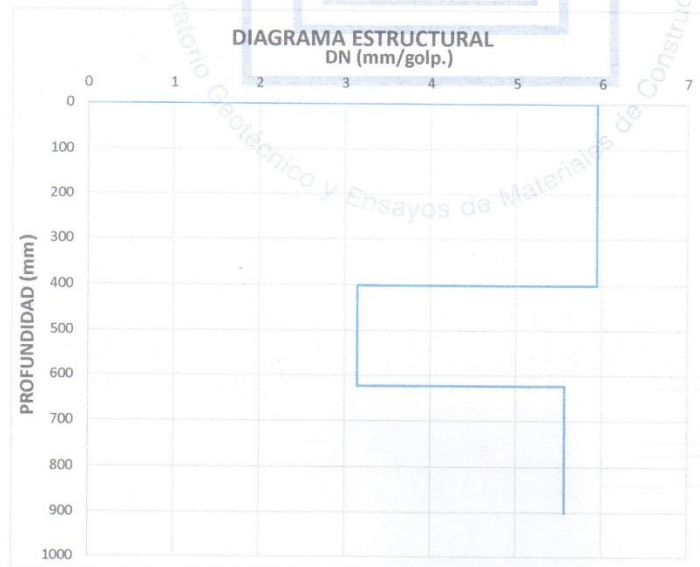
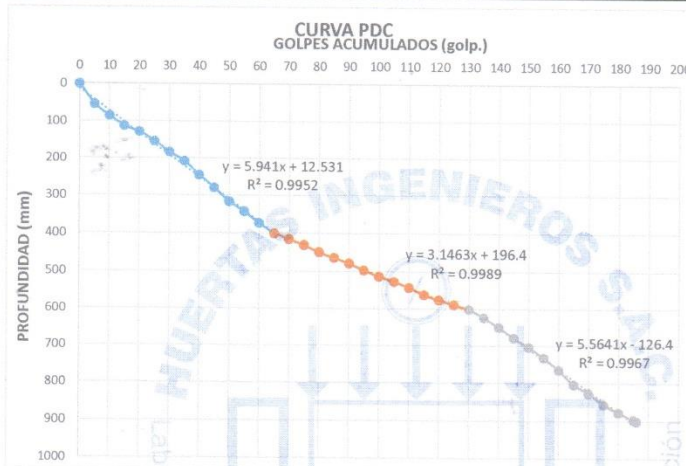
Ensayo: Penetrómetro Dinámico de Cono Condición del tiempo: ----

Clasificación del material (AASHTO): A-1-b (0) Profundidad del nivel freático: ----

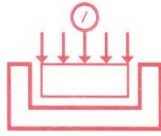
Clasificación del material (SUCS): SP-SW Pag.: 2 / 3

Norma de referencia: ASTM D 6951-09

CALICATA C-5



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Cristian Huertas Marti  
C.P. 168106



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte californiana (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg

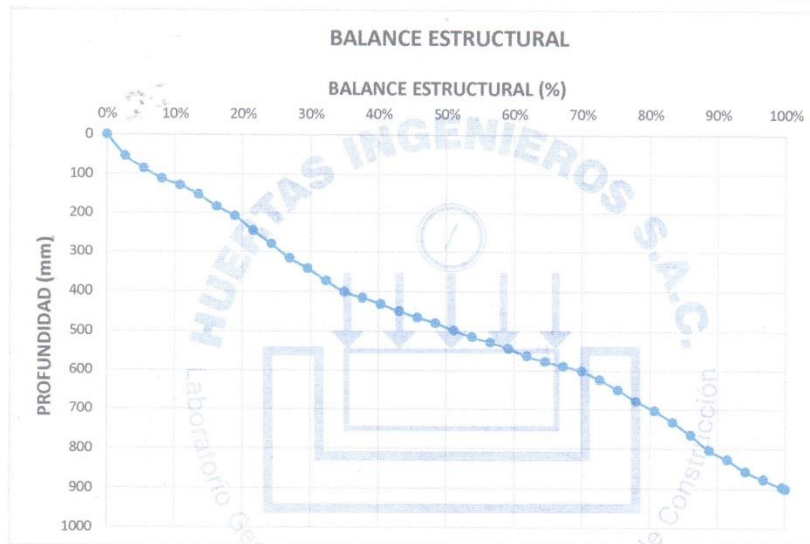
Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: ----

Clasificación del material (AASTHO): A-1-b (0) Profundidad del nivel freatico: ----

Clasificación del material (SUCS): SP-SW Pag.: 3 / 3

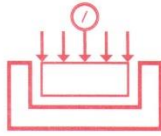
Norma de referencia: ASTM D 6951-09

CALICATA C-5



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Christian Huertas Martell  
C. P. 149105





# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

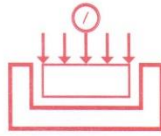
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte califormia (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad      Peso de martillo: 8.00 Kg  
 Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono      Condicion del tiempo: ----  
 Clasificación del material (ASTHO): A-1-b (0)      Profundidad del nivel freatico: ----  
 Clasificación del material (SUCS): SP-SW      Pag.: 1 / 3  
 Norma de referencia: ASTM D 6951-09  
 CALICATA C-6

Numero de golpes	Numero de golpes acumulados (golpes)	Penetración acumulada	Penetración entre lecturas	Penetración por golpe	Factor de martillo	Indice de PDC	Profundidad de penetración
		mm	mm	mm		mm/Golpe	mm
0	0	0.00	0.000	0	1	0.000	0.000
5	5	66.00	66.00	13.200	1	5.8777	66.000
5	10	95.50	29.50	5.900	1	5.8777	95.500
5	15	119.00	23.50	4.700	1	5.8777	119.000
5	20	137.00	18.00	3.600	1	5.8777	137.000
5	25	156.00	19.00	3.800	1	5.8777	156.000
5	30	182.70	26.70	5.340	1	5.8777	182.700
5	35	206.20	23.50	4.700	1	5.8777	206.200
5	40	243.00	36.80	7.360	1	5.8777	243.000
5	45	279.50	36.50	7.300	1	5.8777	279.500
5	50	316.00	36.50	7.300	1	5.8777	316.000
5	55	352.00	36.00	7.200	1	5.8777	352.000
5	60	379.00	27.00	5.400	1	5.8777	379.000
5	65	403.40	24.40	4.880	1	5.8777	403.400
5	70	421.00	17.60	3.520	1	4.1569	421.000
5	75	437.50	16.50	3.300	1	4.1569	437.500
5	80	455.60	18.10	3.620	1	4.1569	455.600
5	85	478.00	22.40	4.480	1	4.1569	478.000
5	90	498.20	20.20	4.040	1	4.1569	498.200
5	95	520.40	22.20	4.440	1	4.1569	520.400
5	100	547.70	27.30	5.460	1	4.1569	547.700
5	105	569.00	21.30	4.260	1	4.1569	569.000
5	110	584.80	15.80	3.160	1	4.1569	584.800
5	115	605.40	20.60	4.120	1	4.1569	605.400
5	120	624.30	18.90	3.780	1	4.3787	624.300
5	125	643.00	18.70	3.740	1	4.3787	643.000
5	130	664.50	21.50	4.300	1	4.3787	664.500
5	135	683.40	18.90	3.780	1	4.3787	683.400
5	140	702.60	19.20	3.840	1	4.3787	702.600
5	145	728.00	25.40	5.080	1	4.3787	728.000
5	150	754.00	26.00	5.200	1	4.3787	754.000
5	155	776.40	22.40	4.480	1	4.3787	776.400
5	160	793.00	16.60	3.320	1	4.3787	793.000
5	165	816.20	23.20	4.640	1	4.3787	816.200
5	170	837.00	20.80	4.160	1	4.3787	837.000
5	175	866.40	29.40	5.880	1	4.3787	866.400
5	180	886.50	20.10	4.020	1	4.3787	886.500
3	183	900.00	13.50	4.500	1	4.3787	900.000

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. Jose Christian Huertas Marín  
 P. I. N. I. N. G.



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte californiana (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

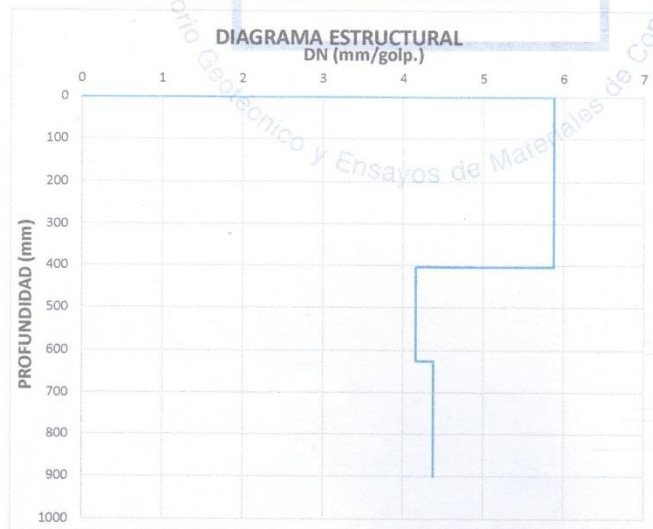
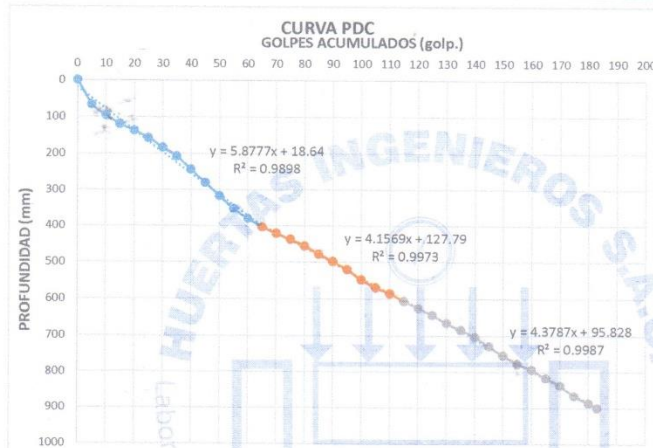
Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg

Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: ----

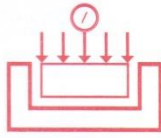
Clasificación del material (AASTHO): A-1-b (0) Profundidad del nivel freatico: ----

Clasificación del material (SUCS): SP-SW Norma de referencia: ASTM D 6951-09 Pag.: 2 / 3

CALICATA C-6



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Cristhian Huertas Marte  
C. D. 11010



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte califormia (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018" Fecha: 13/05/2019

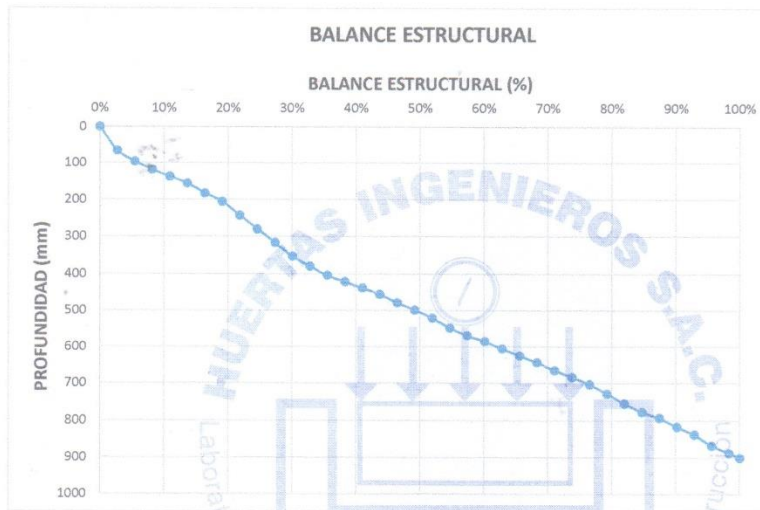
Ubicación: Av. Luis Condemarin-Laredo-Trujillo-La Libertad Peso de martillo: 8.00 Kg

Ensayo: Penetrometro Dinamico de Cono Condicion del tiempo: ----

Clasificación del material (AASHTO): A-1-b (0) Profundidad del nivel freatico: ----

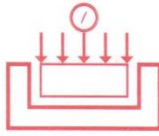
Clasificación del material (SUCS): SP-SW Norma de referencia: ASTM D 6951-09 Pag.: 3 / 3

CALICATA C-6



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Christian Huertas Marte





# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

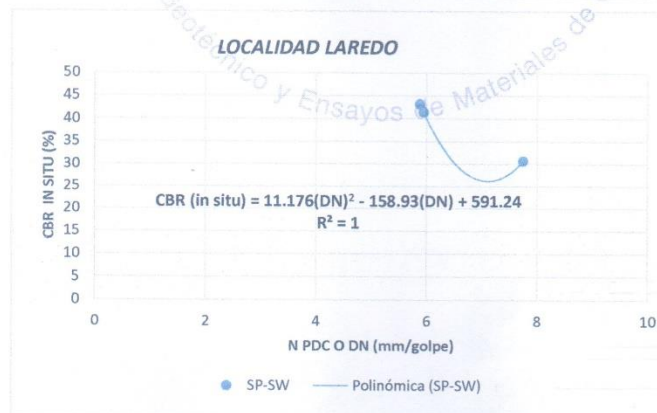
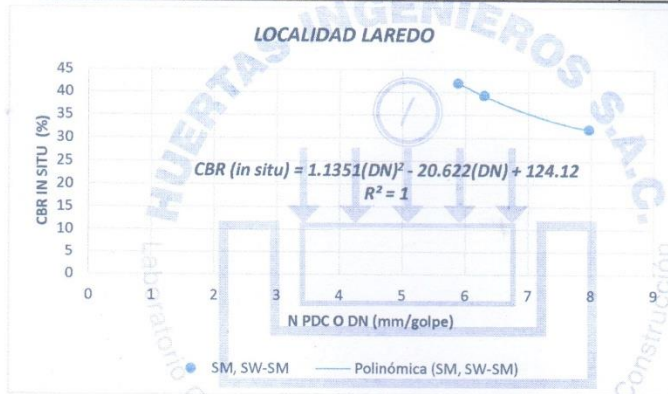
Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte california (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018"

Ubicación: Disto. Trujillo, Prov. Trujillo, Reg. La Libertad

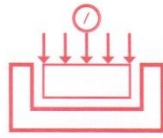
Autor: Rodríguez Vasquez Royser

## CORRELACIÓN DEL CBR IN SITU CON EL PDC

Nº CALICATA	CLASIFICACION		CBR IN SITU	PDC	CBR TESIS	Ecuación
	SUCS	AASTHO				
C-01	SW-SM	A-1-b (0)	39.24	6.30220	39.2396	1
C-02	SP-SW	A-1-b (0)	30.74	7.74560	30.728	2
C-03	SM	A-2-4 (0)	31.87	7.96840	31.8693	1
C-04	SW-SM	A-1-a (0)	42.08	5.88390	42.0797	1
C-05	SP-SW	A-1-b (0)	41.51	5.94100	41.499	2
C-06	SP-SW	A-1-b (0)	43.21	5.87767	43.199	2



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Cristhian Huertas Martell  
 C.P. 142105



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

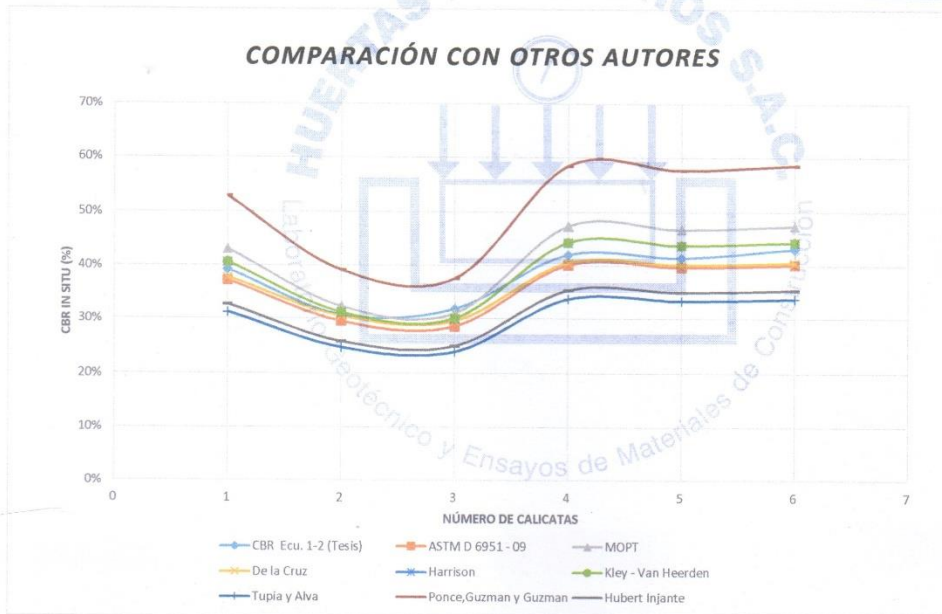
Tesis: "Evaluación de la resistencia de suelos con penetrómetro dinámico de cono (DCP) y relación de soporte californiana (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018"

Ubicación: Disto. Trujillo, Prov. Trujillo, Reg. La Libertad

Autor: Rodríguez Vasquez Royser

## COMPARACION CON OTROS AUTORES

N° CALICATA	PDC	CBR Ecu. 1-2 (Tesis)	ASTM D 6951 - 09	MOPT	De la Cruz	Harrison	Kley - Van Heerden	Tupia y Alva	Ponce, Guzman y Guzman	Hubert Injante
1	6.30	39.24	37.1494	43.08	37.74	40.61	40.61	31.22	52.88	32.68
2	7.75	30.73	29.4877	32.28	30.45	31.19	31.19	24.74	39.13	25.81
3	7.97	31.87	28.5659	31.02	29.57	30.07	30.07	23.96	37.54	24.99
4	5.88	42.08	40.1197	47.43	40.53	44.34	44.34	33.73	58.45	35.35
5	5.94	41.50	39.6881	46.79	40.13	43.79	43.79	33.36	57.64	34.96
6	5.88	43.20	40.1673	47.50	40.58	44.40	44.40	33.77	58.55	35.40



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
  
 Ing. José Cristhian Huertas Martell  
 C.I.P. 148105



## Anexo 4: Planos

Plano de Ubicación y Localización (UL-01).