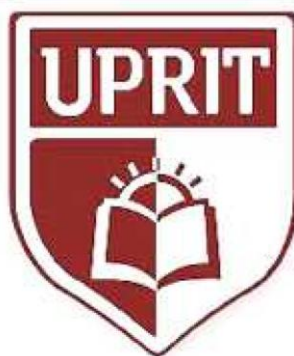


**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO  
ARCILLOSO ADICIONANDO HORMIGON EN EL SECTOR NUEVO BARRAZA -  
LAREDO - TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD, 2021.**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR :**

**Bach. QUIPUZCOA LEON GEORGE BRYAN**

**ASESOR:**

**ING. DURAND BAZÁN ENRIQUE MANUEL**

**TRUJILLO - PERU**

**2021**

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **George Bryan Quipuzcoa León**, denominada:

**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO  
ARCILLOSO ADICIONANDO HORMIGON EN EL SECTOR NUEVO  
BARRAZA - LAREDO - TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD, 2021.**

---

Ing. Nombres y Apellidos  
**ASESOR**

---

Ing. Nombres y Apellidos  
**JURADO**  
PRESIDENTE

---

Ing. Nombres y Apellidos  
**JURADO**

---

Ing. Nombres y Apellidos  
**JURADO**

## **DEDICATORIA.**

A mi amado hijo, Mathias, quien siempre fue, es y será mi mayor motivación y orgullo, a mi abuela Zoila que es como mi madre, me crio y me guio durante toda mi vida, a mi esposa Angie por su amor incondicional, a mi padre Jorge por enseñarme sus conocimientos en mecánica de suelos y apoyarme en mis inicios de esta bella carrera, a mi madre Mercedes por ser mi soporte incansablemente en estos últimos años, a mis tíos Carlos, Iván y Ligia por su gran apoyo, estuvieron ahí incondicionalmente y por su confianza, a todos ellos gracias por su dedicación, comprensión, amor incondicional y motivación. A mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta tesis. Realmente se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria.

## **AGRADECIMIENTO.**

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de Universidad Privada de Trujillo por haber hecho posible la culminación de nuestra carrera profesional.

A los docentes por brindarnos su conocimiento durante todo el transcurso de nuestra formación profesional.

Al Ing. Enrique Durand Bazán quien con mucha tolerancia en todo momento estuvo con la predisposición para apoyarnos en las inquietudes académicas en la realización de nuestra tesis.

# INDICE

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad problemática .....	1
1.2. Formulación del problema .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Limitaciones.....	4
1.5. Objetivo general .....	4
1.6. Objetivo específico.....	4
1.7. Antecedentes .....	5
1.8. Bases teóricas .....	10
1.8.1. Suelo in situ .....	10
1.8.2. Clasificación.....	11
1.8.3. Subrasante de suelos arcillosos .....	20
1.8.3.1. Propiedades de las arcillas.....	20
1.8.3.2. Tipos de arcillas .....	20
1.8.4. Estabilización de suelos .....	21
1.8.4.1. Métodos de estabilización de suelos.....	23
1.9. Definición de términos básicos .....	25
1.10. Formulación de Hipótesis.....	26
<b>CAPÍTULO 2: MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
2.1. Material.....	26
2.2. Material de estudio.....	27
2.2.1. Población .....	27
2.2.2. Muestreo .....	28
2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos .....	29
2.3.1. Para recolectar datos .....	29
2.3.1.1. Procedimientos de recolección de datos.....	31
2.3.2. Para procesar datos .....	32
2.3.2.1. Procedimiento de análisis de datos .....	34
2.4. Operacionalización de variables .....	35
<b>CAPÍTULO 3: RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
3.1. Generalidades.....	36
3.1.1. Ubicación del área en estudio.....	36
3.2. Programa de trabajo de campo y laboratorio .....	39
3.2.1. Muestreo disturbado.....	39
3.2.2. Registros de excavaciones .....	39

3.3. Ensayos realizados in situ.....	40
3.4. Ensayos realizados a las mezclas .....	45
<b>CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>CAPÍTULO 5: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS... ..</b>	<b>53</b>

## RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación, se realizó, con la finalidad de dar una alternativa de gran ayuda para futuras edificaciones viales, estructurales, etc., que requieran y promuevan una mayor estabilidad de suelo.

La presente investigación se realizó en el sector Nuevo Barraza, ubicado en el distrito de Laredo, Provincia de Trujillo – La Libertad. En esta investigación se realizó el Estudio de Mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo arcilloso adicionando hormigón y para alcanzar dicho objetivo, se inició la ubicación de calles referenciales donde se tomó los datos y muestras necesarias para la realización del proyecto, a través de extracción de muestras de suelo mediante la excavación de calicatas, la base teórica fue la norma E.050 suelos y cimentaciones, “Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción”, muestra alterada en bolsa de plástico NTP 339.151 (ASTM D 420) y el uso de la clasificación SUCS. Para mí investigación use 3 calles referenciales.

**Palabras clave:** Estudio definitivo, proyecto de mejoramiento.

## **ABSTRACT.**

The present investigation was carried out in order to provide a highly helpful alternative for future road, structural, etc. buildings that require and promote greater soil stability. This research was carried out in the Nuevo Barraza sector, located in the district of Laredo, Province of Trujillo - La Libertad. In this research, the Study of Improvement of the mechanical properties of the clay soil was carried out by adding concrete and to achieve this objective, the location of reference streets was started where the data and samples necessary for the implementation of the project were taken, through the extraction of soil samples through the excavation of pits, the theoretical basis was standard E.050 soils and foundations, "Standard guide for field characterization for engineering design and construction purposes", altered sample in plastic bag NTP 339.151 (ASTM D 420), using the SUCS classification, for my research I used 3 referential streets.

**Keywords:** Final study, improvement project.



## 1. INTRODUCCIÓN.

### 1.1 Realidad problemática.

Como región, el área en estudio pertenece a la zona periférica de los últimos conos fluvio aluviales de deposición cuaternaria sobre aluviales gruesos del Pleistoceno aluvional; entre ambos eventos ha mediado una prolongada calma con características de desertificación y cobertura eólica procedente del litoral, la fase de conos cuaternarios han formado terrazas laterales al drenaje de la Quebrada San Ildefonso, que tuvieron variaciones positivas del nivel hasta las inmediaciones del Ovalo Papal – Universidad Nacional de Trujillo. El basamento rocoso es sedimentario marino y continental del Jurásico con intrusiones cristalinas del Cretáceo que conforman estribaciones costeras del Contrafuerte Andino representada por cuerpos de granodioritas. Los depósitos clásticos han conformado terrazas continentales que estuvieron afectas a movimientos isostáticos posttectónicos con alternancia de una lenta colmatación local en un ambiente de saturación parcial que aumentó la potencia de los finos sobre las terrazas pleistocénicas, el manto acuífero se encuentra confinado a más de 20.00 m de profundidad en depósitos aluviales y arenas residuales representativos en conglomerados del Pleistoceno. Según Wilson (1963), regionalmente Trujillo se encuentra entre segmentos paleo tectónicos que limitan las Estructuras del Arco de Olmos hacia el Norte y la Gran Cuenca volcánica sedimentaria occidental de la costa que se extiende al sur, considerando a esta zona como de transición con características especiales de esfuerzos tectónicos coincidentes con el proceso de intrusión e inyección volcánica que suturó las estructuras que estuvieron comprometidas, definiendo



como Pilares Tectónicos las intrusiones plutónicas con cámara profunda a las estructuras rocosas de Cerro La Virgen en Huanchaco y el Cerro Alto de Salaverry. El área de estudio se ubica en una planicie de terraza con suaves cambios en la pendiente local, superficie de suelos desarrollados sobre suelos fluvio aluviales y el último cono aluvial de la quebrada San Ildefonso, que fuera anastomosada por deposiciones eólicas e inundación posteriores de limos arenosos, durante los últimos milenios el drenaje superficial ha sido alterado por acción antrópica para ser acondicionadas al uso agrícola, encontrándose actualmente dentro del área de expansión urbana de la provincia de Trujillo.

Sus suelos evolucionaron en un ambiente de oxidación química generando regolitos en depósitos superficiales de terraza, el nivel freático se encuentra a más de 20.00 metros de la superficie en conglomerados fluvio aluviales. Como se puede apreciar, el aumento de la población en los últimos años ha sido muy rápido. Según Erviti y Segura (2000), se considera que desde el año cero hasta 1650 es que se duplica la población, o sea, se necesitaron 1600 años para que la población doblara el número de efectivos. A partir de aquí comienza el aumento vertiginoso de la población, que se duplicó en los 200 años que median entre 1650 y 1850 y lo hizo nuevamente en los 2 100 años siguientes. Hoy día con una tasa de crecimiento promedio anual de la población ( $r$ ) de 1.4 %, el período de duplicación de ésta es de 50 años, aunque se debe destacar que mientras que la población de los países desarrollados se duplicará en 233 años, ( $r = 0.3$  %) la de los países subdesarrollados lo hará en 41 años ( $r = 1.7$  %).

La población total beneficiaria actual se estima en 1000 habitantes (190 familias), los mismos que están comprendidos dentro del grupo socioeconómico pobre.

De los trabajos de Campo, se deduce una marcada secuencia de arcillas medianamente plásticas y conglomerados aluviales de origen volcánico andesítico transportadas por acción fluvial propio de las deposiciones secuenciales desde el Pleistoceno al cuaternario reciente, sedimentadas en una cuenca de deposición continental ribereña en proceso de levantamiento epirogénico cortical de las estructuras locales y regionales.

Los suelos expansivos resultan ser un gran problema para la construcción, porque los incrementos del volumen en base a su expansión no se presentan de una manera uniforme, sino todo lo contrario al producirse incrementos en distintas zonas del lugar y al momento de contraerse generan asentamientos, que pueden dañar severamente las estructuras.

In situ se aprecia estructuras hechas empíricamente, vecinos comentan que no hicieron estudio de suelos, podría verse afectada a mediano y largo plazo, en base a ello, que en esta investigación se plantea un mejoramiento de suelo para dar mayor estabilidad al suelo, trabajo y rendimiento, y así evitar posibles fallas en futuras construcciones.

## **1.2 Formulación del problema.**

¿Qué porcentajes de mezclas serian adecuadas para el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo arcilloso adicionando Hormigón en el Sector Nuevo Barraza, distrito de Laredo - Trujillo, 2021?

## **1.3 Justificación.**

Cuando en la construcción de ciertas obras civiles se presentan suelos arcillosos se necesita, en algunos casos, la substitución de dicho material

entonces lo que realmente se quiere con esta investigación es de poner en práctica la mejora de las propiedades de éste para asegurar la calidad y buen funcionamiento de las mismas mediante la estabilización con hormigón.

Al realizar la presente investigación, se dará un mayor alcance a la población sobre el mejoramiento de los suelos y evitar posibles asentamientos indeseados y/o desplomes estructurales, es necesario realizar todos los ensayos pertinentes para dar una mejor precisión y así promover el beneficio y la confianza a los lugareños que los suelos donde edifiquen les servirán de gran provecho a corto, mediano y largo plazo.

#### 1.4 Limitaciones

LIMITACIONES	SOLUCIÓN
Robos en la zona	Contar con seguridad en lo previsto
Distancia para trasladarse hasta el lugar del proyecto.	Contar con movilidad personalizada para el traslado del personal especializado.
Desconfianza a la presencia para la investigación realizada	Prevenir con los permisos necesarios.

#### 1.5 Objetivo General.

Mejorar las propiedades mecánicas del suelo arcilloso adicionando diferentes porcentajes de Hormigón en el Sector Nuevo Barraza, distrito de Laredo - Trujillo, 2021

#### 1.6 Objetivos Específicos.

O.E. 1 Realizar calicatas in situ para extraer las muestras de suelo.

O.E. 2 Determinar las propiedades mecánicas del suelo in situ.

O.E. 3 Determinar las propiedades mecánicas del suelo tipo hormigón a adicionar.

O. E. 4 Realizar mezclas de suelo granular tipo hormigón con el suelo arcilloso extraído in situ y medir sus propiedades mecánicas.

#### **1.7 Antecedentes.**

**(Mejía, 2016), en su tesis para optar su título profesional en ingeniería civil titulada “Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad de El Salvador”**

Tuvo como objetivo analizar las mejoras en el comportamiento de un suelo arcilloso mediante la utilización de cal como agente estabilizador, para ser utilizado como subrasante de pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador.

Aplicando la metodología de la adición de cal al suelo natural se buscó aumentar su capacidad de soporte CBR, para que de este modo pueda cumplir con los valores mínimos para poder ser usado como capa subrasante. Para ello se debe añadir 5% de cal en peso al suelo en su estado natural ya que de este modo se logra aumentar su valor de soporte de 1.93% al 54.00%. Confirmando así que el material con suelo-cal al 5% es factible para formar parte de la capa subrasante de un pavimento rígido, me sirvió para ampliar mis bases teóricas.

---

**(Torres, 2019), en su tesis para optar el grado de bachiller en ingeniería civil, titulada “Mejoramiento de Suelos Arcillosos en Subrasante mediante el uso de Cenizas volantes de Bagazo de Caña de Azúcar y Cal”**

Tuvo por objetivo la aplicación del material de ceniza del bagazo como parte del aglomerado estabilizador, es necesario que esta cumpla con los requerimientos que prevean su comportamiento adecuado en la mezcla con la cal y el suelo en estudio.

Aplicando La estabilización con Cal del Suelo Arcilloso tipo CL o A-6(8), presenta un incremento sustancial de CBR a 7.5% para la aplicación de 5% de Material Estabilizante. Sin embargo, para la aplicación de 15% y 25% resulta un CBR de 7.8% y 8.2% respectivamente. El poco incremento se debe a que el Ca (OH)<sub>2</sub> en altas proporciones no puede reaccionar de forma rápida con el suelo. Entonces, al reemplazar la Cal en un 50% por CBCA, y esta última como resultado aporta un buen porcentaje de Sílice; de modo que la Cal Hidratada tiene más material con el cual reaccionar. Por ello, para la mitad de Cal Hidratada en combinación con la CBCA se puede obtener un CBR mayor a la inicial, me sirvió para ampliar mis bases teóricas.

**(Cusquisibán, 2014), en su tesis para optar el título profesional en ingeniería civil, titulada “Mejoramiento de Suelos Arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento”**

Tuvo por objetivo subir la capacidad del soporte de los suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para contribuir a la protección del sistema ambiental; y que sea utilizable para la construcción de pavimentos y duraderos,



cumpliendo las especificaciones mínimas del Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Aplicando mediante la adición de caucho granular a suelos arcillosos, será posible mejorar la capacidad de soporte y el efecto será directamente proporcional al porcentaje de caucho que excluya el mejoramiento con material de cantera para contribuir a la protección del medio ambiente; y que sea utilizable para la construcción de pavimentos, cumpliendo las especificaciones mínimas del "manual de carreteras -suelos, geología, geotecnia y pavimentos -2013, y esta última como resultado que los tratamientos de mejora de suelos arcillosos realizados con porcentajes de caucho granular añadidos en valores de 20, 40 y 60 por 67 ciento sobre el suelo, los efectos que se consiguen son directamente proporcionales a dichas cantidades, me sirvió para ampliar mis bases teóricas.

**(Vásquez, 2018), en su tesis para optar el título profesional en ingeniería civil, titulada “Capacidad de soporte al estabilizar el suelo de la Vía Cascajal con adición de carbón y cal a nivel de subrasante”**

Tuvo el objetivo de este estudio es identificar el uso de la cal como material alternativo para la estabilización de suelos arcillosos de la región amazónica del Perú, donde abunda la humedad y determinar la capacidad de soporte al estabilizar el suelo de la vía Cascajal con la adición del 7% de carbón mineral y 4% de cal a nivel de subrasante.

Aplicando que, al mezclar el suelo con la cal, se produce una reacción de floculación e intercambio iónico, seguida de otra muy lenta de tipo puzolánico, con formación de nuevos productos químicos. La sílice y alúmina de las partículas del suelo se mezclan con la cal en presencia de agua para formar silicatos y



aluminatos cálcicos insolubles. También aumenta la humedad óptima al momento de la compactación, lo que permite la densificación de suelos de elevada humedad natural, que de otro modo no permitirían la construcción de la capa de rodadura sobre ellos., y esta última como resultado que al adicionarse cenizas de carbón mineral al suelo arcilloso esta mejora su resistencia al corte, me sirvió para formular mi hipótesis.

**(Ramos, 2014), en su tesis para optar el título profesional en ingeniería civil, titulada “Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará, Huancavelica 2014”**

Tuvo el objetivo de este estudio es mejorar la subrasante de poca capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras

Aplicando la adición de la cal se obtiene un incremento de 350% de la capacidad portante expresado en valor de CBR. En la tabla 38 se presenta el resumen de resultados de CBR del ensayo realizado con la adición de la cal, y esta última como resultado que con la adición de los polímeros reciclados (PR) se logró incrementar porcentualmente la capacidad portante en términos de CBR en 26% y disminución de la expansión del suelo en 1.5%, la expansión disminuye porque la mezcla suelo- polímero es menos denso e incrementa la capacidad de filtración del suelo mezclado. En el primer tramo con la adición de los PR se logró el objetivo de incrementar el CBR a más del 6% como estipula la norma para suelos de subrasante, en el segundo tramo se incrementó el CBR a 4.8% siendo menor a lo normado, por tal razón se utilizó otro método de estabilización como es el suelo-cal, obteniendo así un suelo cuyo CBR es de 16.9% y para poder comprobar el efecto de los polímeros reciclados se hizo un último ensayo con la adición de cal





y polímeros, en la tabla 41 se resume el incremento de CBR y el porcentaje de disminución de la expansión para suelos con polímeros y cal, me sirvió para establecer el procedimiento de análisis de la información.

#### **FUNDAMENTACION CIENTIFICA:**

Para la caracterización de suelos es importante seleccionar un sitio en el que esté permitido cavar un hoyo con una pala o barrena hasta llegar a cierto punto donde se puede extraer el material. El objetivo es obtener un perfil estratigráfico de suelo de un metro de profundidad. Si no es posible, el alumnado tiene la opción de coger una muestra de 10 cm. de profundidad del perfil. Es importante asegurarse, a través de las empresas de servicio locales, que no hay ni tuberías ni cables enterrados en el sitio elegido para cavar el hoyo. Si se elige un sitio cercano al sitio donde se realizarán las mediciones de humedad y temperatura, será más fácil comprender los resultados de todas las mediciones. Si se elige un sitio para estudiar la caracterización del suelo cercano al sitio de estudio de Cobertura Terrestre, se interpretará más fácilmente el papel que desempeñan las propiedades del suelo en el control del tipo y la cantidad de plantas que crecen en ese lugar. Para la realización de contenido de humedad del suelo debe considerarse si el sitio está abierto o no. El sitio no debe estar irrigado, debe tener características uniformes, estar lo menos alterado posible, y que sea seguro para realizar la calicata. Las muestras para la humedad del suelo se toman de la superficie a 10 cm de profundidad. Para completar el perfil se pueden recoger también muestras a 30 cm, 60 cm y 120 cm de profundidad. Si es posible, el sitio debería estar no más lejos de 100 m del Sitio de Estudio GLOBE de Atmósfera o de otro lugar donde se estén recogiendo muestras de precipitación. Para las mediciones de la temperatura del suelo, se debe seleccionar un sitio adyacente al Sitio de Estudio GLOBE de

Atmósfera, o bien cualquier otro lugar donde se estén tomando mediciones de la temperatura del aire. También puede medirse la temperatura del suelo en el sitio de estudio de la humedad del suelo. El sitio debe estar abierto y debe ser representativo de los suelos de la zona.

## **1.8 Bases Teóricas.**

### **1.8.1 Suelo in situ.**

La subrasante es la primera capa superficial de terreno natural, es el soporte que tendrá la carga de la estructura del pavimento, para el mejoramiento de la subrasante se deberá evaluar las propiedades mecánicas, físicas y químicas, en campo y laboratorio. (MTC, 2013b):

La problemática planteada en la presente investigación radica en la subrasante debido a que presenta un suelo medianamente arcilloso y con ello conlleva a una serie de problemas como la expansión y la baja capacidad portante que presenta. (MTC, 2013b):

**Montejo (2002)** afirma que: Con frecuencia el profesional en el campo debe enfrentarse con suelos que tiene que utilizar para una obra determinada y cuyas características le obligan a tomar una de las siguientes posibles decisiones: • Aceptar el material como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño las restricciones impuestas por su calidad. (MTC, 2013b):

- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requisitos deseados o cuando menos que la calidad obtenida sea la deseada. (MTC, 2013b):

Las propiedades importantes para analizar en la subrasante son las propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, contenido de agua), propiedades de rigidez (Proctor, CBR),

Según el CBR: se identificarán seis categorías de subrasante (MTC, 2013b):

- SO: Subrasante Inadecuada CBR < 3%
- S1: Subrasante pobre CBR = 3%-5%
- S2: Subrasante regular CBR = 6 - 10%
- S3: Subrasante buena CBR = 11 - 19%
- S4: Subrasante muy buena CBR = 20 - 29%
- S5: Subrasante Excelente CBR > 30%

### 1.8.2 Clasificación.

Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta son:

#### a. GRANULOMETRÍA:

La granulometría de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes cantidades de elementos que lo constituyen, clasificados en función de su tamaño. En suelos gruesos (gravas, arenas y limos no plásticos), de estructura simple, la característica más importante para definir su resistencia es la compacidad y la angulosidad de los granos, evidentemente, cualquier análisis por mallas no da ninguna información sobre estos aspectos, pero si dan una referencia acerca de las distribuciones granulométricas. (Rico y Del Castillo, 1988). Una adecuada distribución granulométrica garantiza un buen comportamiento de suelo ante el efecto de las cargas. El suelo requiere de un porcentaje

importante de grava para soportar las cargas, un porcentaje de arena para llenar los vacíos entre las gravas y, necesariamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales del suelo. (MTC, 2013 b)

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se puede denominar así según la tabla 1

**Tabla 1: Tamaño de las partículas**

Tipo de Material Tamaño de las partículas		
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena	Arena gruesa	4.75 mm – 2.00 mm
	Arena media	2.00mm – 0.425mm
	Arena fina	0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: MTC 2013b

La curva granulométrica puede proporcionar información acerca del comportamiento del suelo. Si estudiamos la regularidad de la curva podremos diferenciar dos tipos de granulometría:

- **GRANULOMETRÍA DISCONTINUA:** La curva presenta picos y tramos planos, que indican que varios tamices sucesivos no retienen material, en este caso se habla de suelos mal graduados. Los suelos arcillosos es un claro ejemplo de ese tipo de suelos. (MTC, 2013 b)

- **GRANULOMETRÍA CONTÍNUA:** todos los tamices retienen material por lo que la curva adopta una disposición suave y continua. A este tipo de suelos se le denomina bien graduados. (MTC, 2013 b)

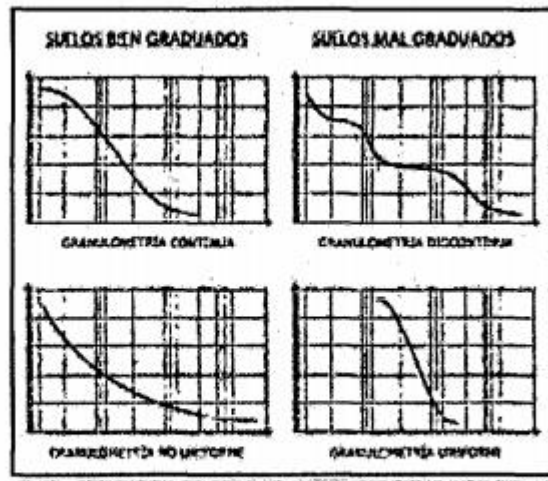
**COEFICIENTE DE CURVATURA:** Es la relación del diámetro efectivo por donde pasa el 30% en peso de la totalidad de la muestra al cuadrado, entre el producto de los diámetros efectivos por donde pasa el 60% y 10%. (MTC, 2013 b)

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Dónde:  $D_{30}$  = Diámetro efectivo (mm) por donde pasa el 30% en peso de la totalidad de la muestra de suelo analizada.  $D_{10}$  = Diámetro efectivo (mm) por donde pasa el 10% en peso de la totalidad de la muestra de suelo analizada.  $D_{60}$  = Diámetro efectivo (mm) por donde pasa el 60% en peso de la totalidad de la muestra de suelo analizada. En carreteras es importante que el suelo este bien graduado para que al compactarlo, las partículas más finas ocupen los huecos que dejan los de mayor tamaño, reduciendo de esta forma el número de huecos y alcanzando una mayor estabilidad y capacidad portante. Un suelo bien graduado presenta valores de  $C_c$  comprendidos entre 1 y 3.

**COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD:** Definido por Hazen como la relación entre las aberturas de tamices por donde pasan el 60% y el 10% en peso de la totalidad de la muestra analizada, si el coeficiente es menor a 2 se considera muy uniforme y si es menor a 5 se define como suelo uniforme. En la figura 1 se puede apreciar el comportamiento de las distribuciones granulométricas con una comparación entre los suelos bien y mal graduados. (MTC, 2013 b)

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$



**Figura 1** : Interpretación de la curva granulométrica.

(Fuente: BAÑON, BEVÍA, s.f.)

#### b. LA PLASTICIDAD:

La plasticidad del suelo se obtiene como un índice de la diferencia porcentual entre el límite líquido y el plástico. El Índice plástico representa el rango de humedad en el cual una fracción fina se encuentra en estado plástico. (Das, 2001) El límite líquido se determina mediante el método de la copa de Casagrande, el ensayo se basa en la determinación de la cantidad de agua mínima que pueda contener una pasta formada por 100 g. de suelo seco (MTC, 2013 b)

pasante la malla No 40. Casagrande (1932) concluyó que cada golpe en un depósito estándar para limite liquido corresponde a una resistencia cortante del suelo de aproximadamente 1 g/cm<sup>2</sup>; por consiguiente, el límite liquido de un suelo de grano fino da el contenido de agua para el cual la resistencia cortante del suelo es

aproximadamente de 25 g/cm<sup>2</sup>. El límite líquido se toma como el valor de la humedad, para el cual la cohesión es aprox. 2 kpa. (Kraemer et, al. 2004) El límite plástico, se define como el contenido del agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2mm de diámetro se desmorona, el límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo. (Das, 2001). El límite plástico corresponde al valor de la humedad, para el cual la cohesión es aprox. 200 kpa. (Kraemer et, al. 2004) Resulta muy útil estudiar los límites entre los diversos estados de consistencia que pueden darse en los suelos en función de su grado de humedad: líquido, plástico, semisólido y sólido. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg. A través de este método, se definen los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites, llamados límites de Atterberg, son: el límite líquido (LL) determinación según norma MTC E 11 O, el límite plástico (LP) determinación según norma MTC E 111 y el límite de contracción (LC) determinación norma MTC E 112. Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso similar a los

suelos de la presente investigación. Por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. (MTC 2008 a)

En la tabla 2 se puede caracterizar a un suelo en función del índice de plasticidad

**Tabla 2:** Índice de plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
7 < IP < 20	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: (MTC, 2013b)

**c. ÍNDICE DE GRUPO:**

Es un índice adoptado por AA\$HTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. Braja M. Das (2001) menciona que, para la evaluación de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras, se incorpora también un número llamado índice de grupo (IG). El índice de grupo está dado por la siguiente formula:

$$IG = (F - 35) (0.2 + 0.005(LL - 40)) + 0.01(F - 15) (P - 10)$$

Dónde:

F: Por ciento que pasa la malla No 200

LL: Limite líquido

IP: Índice de plasticidad

El primer término de la ecuación es el índice de grupo parcial determinado a partir del límite líquido. El segundo término a partir del índice de plasticidad. EIIG de suelos que pertenecen a los grupos



A-1-a, A-1-b, A-2-4., A-2-5 y A3, siempre es cero. Al calcular IG para suelos que pertenecen a los grupos A2-6 y A-2-7, se usa solo el segundo componente de la formula. (Das, 2001)

MDBT- MTC (2008a) menciona que el índice de grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando  $i_{iG}$  calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice igual o mayor a 20, un suelo no utilizable para carreteras. En general, la calidad del comportamiento de un suelo como material para subrasante es inversamente proporcional a  $i_{iG}$ .

En la tabla 4 se puede categorizar la calidad del suelo de subrasante en función del valor del IG, para lo cual nos dan un rango de valores.

**Tabla 4: Índice de grupo y Suelo de subrasante**

Índice de grupo	Suelo de subrasante
IG > 9	Muy pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy bueno

Fuente: (MTC, 2008a)

**d. HUMEDAD NATURAL:**

El contenido de humedad de un suelo es muy importante pues depende la resistencia de los suelos de subrasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten. Se determinará mediante la norma MTC E 108. La determinación de la humedad natural permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá

en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo. Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el especialista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y, según la saturación del suelo, se propondrá aumentar la energía de compactación, airear el suelo o reemplazar el material saturado. (MTC, 2013b)

**e. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS:**

"Una adecuada y rigurosa clasificación permite al ingeniero de carreteras tener una primera idea acerca del comportamiento que cabe esperar de un suelo como cimiento del firme". (Bañón, 2010)

Determinadas las características de los suelos, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo y, luego clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en el siguiente cuadro. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos que ayudará a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

A continuación, en la tabla 5 se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM:

**Tabla 5: Clasificación de suelos AASHTO y ASTM**

Clasificación de suelos AASHTO	Clasificación de suelos ASTM
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: (MTC, 2008a)

**f. ENSAYOS CBR (California Bearing Ratio):**

El CBR es un ensayo de prueba semi-empírica para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia al corte. El índice de CBR se define como la relación entre la presión necesaria para que el pistón penetre al suelo una determinada profundidad y la necesidad para conseguir esa misma penetración en una muestra patrón de grava machacada, expresada en tanto por ciento (Bañan Luis & Bevíá José, 201 O). La capacidad portante de una subrasante se define como la carga que este es capaz de soportar sin que se produzcan asientos excesivos. El indicador para cuantificar es el índice CBR. Una vez que se hayan clasificado los suelos por el sistema AASHTO para carreteras, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos y/o correlaciones para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, referido al 95% de la

MOS (Máxima densidad seca) y a una penetración de carga de 2.54mm (MTC 2008 b).

### **1.8.3 SUBRASANTES DE SUELOS ARCILLOSOS:**

Al hablar de suelos de baja capacidad portantes, generalmente es cuando encontramos suelos con gran presencia de partículas finas. Se pueden definir como arcillosos aquellos suelos en cuya composición granulométrica tienen un peso especial las partículas pequeñas (tamaño inferior a dos micras). Estas partículas están compuestas en su mayoría por minerales arcillosos, silicatos de hierro, aluminio, magnesio, etc., originados por la alteración química de otros minerales originales. (Gamica et, al 2002)

#### **1.8.3.1 PROPIEDADES DE LAS ARCILLAS:**

Las principales peculiaridades de los suelos arcillosos en su comportamiento como material estructural derivadas de su estructura y composición se pueden resumir en lo siguiente: el comportamiento diferente según el nivel de humedad, inestabilidad volumétrica, baja resistencia, alta expansión y baja capacidad portante. (Valle 201 O).

**EXPANSIÓN:** Se considera suelos expansivos aquellos en los que en una muestra remodelada y compactada con la densidad y humedad óptimas del ensayo Proctor, supere un hinchamiento del 3%. (Valle, 201 O)

Según el porcentaje de expansión del suelo se puede categorizar en "Baja" cuando el porcentaje de expansión es menor a 1.5%, "Media" cuando esta entre el 1.5 y 5%, "Alta" comprendido entre el 5 y 25% y "muy alta" cuando es mayor al 25%.

#### **1.8.3.2 TIPOS DE ARCILLAS:**

Existen más de una decena de tipos de arcillas, pero las importantes y frecuentes

a encontrar en el campo son la caolinita, la illita y el grupo de las montmorillonitas (esmeclitas), se diferencian principalmente por la plasticidad que presentan, la caolinita tiene baja plasticidad, la illita media plasticidad y las montmorillonitas tienen alta plasticidad. (Valle 2010) Skempton definió la actividad coloidal (AC) de la arcilla como la relación entre el índice de plasticidad y el porcentaje partículas con diámetros menores a 0.002 milímetros, la clasificación según el autor mencionado es:

Inactivas: cuando la  $AC < 0.75$  (caolinitas)

Normales: cuando la AC se encuentra entre 0.75 y 1.25 (illitas)

Activas: cuando la  $AC > 1.25$  (montmorillonitas)

#### **1.8.4 ESTABILIZACION DE SUELOS:**

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tal es estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo.

Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes.

Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

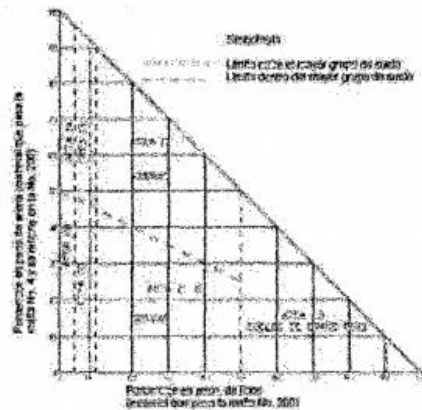
A continuación, se describen algunos criterios que recomienda el MTC (2013 b) para establecer la estabilización de suelos:

- Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR; 6%. En caso de ser menor, será materia de un estudio para la estabilización, mejoramiento o reemplazo.
- Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10cm. de espesor como mínimo o un geotextil.
- Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas

A continuación, se presentan dos guías referenciales para la selección del tipo de estabilizador, que satisface las restricciones y observaciones de cada tipo de suelo.

En la tabla 6 nos recomiendan seleccionar un tipo de estabilizador a partir del tipo de suelo, en la primera columna de la tabla 6 nos muestra la clasificación por área, esto se obtiene del triángulo de gradación obtenido de las intersecciones del porcentaje fino que pasa la malla N°200 y el porcentaje de arena (pasante malla N°4 y retenido, en la N°200) así como se muestra en la figura 2, una vez obtenido el área y con el dato del tipo de suelo elegimos la fila adecuada para determinar el tipo de estabilizador recomendado y también gracias a las propiedades plásticas del suelo podemos descartar algunos estabilizadores y quedarnos con solo algunos de los que se nos recomienda.

Una vez seleccionado el tipo de estabilizador en la Tabla 7 nos resumen algunas sugerencias para poder aplicar el tipo de estabilizador seleccionado. MTC (2013 b)



**Figura 2:** Triángulo de graduación

Fuente: Garnica et al.(2002)

#### 1.8.4.1 METODOS DE ESTABILIZACIÓN SEGÚN EL MTC:

A continuación, se describen diferentes tipos de estabilizaciones recomendados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Cada tipo de estabilización se describe de forma resumida y se profundiza más en la estabilización suelo cal por adaptarse más al tipo de suelo estudiado para poder comparar con la estabilización de la presente investigación.

##### i. ESTABILIZACIÓN MECÁNICA DE SUELOS

Con la Estabilización Mecánica de Suelos se pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo. Al compactar un suelo se obtiene: una mayor densidad, por lo que tendremos una mejor distribución de fuerzas que actúan sobre el suelo; una mayor estabilidad, pues al no compactar un suelo se tendrán asentamientos desiguales por lo tanto inestabilidad de la estructura; una disminución de la contracción del suelo, al existir espacios vacíos, provocando en suelos arcillosos la contracción y

dilatación del suelo y por último ocasionará una disminución de los asentamientos.  
(Ravines 201 O)

## **ii. ESTABILIZACIÓN POR COMBINACIÓN DE SUELOS**

La estabilización por combinación de suelos considera la combinación o mezcla de los materiales del suelo existente con materiales de préstamo, con el objetivo de suplir las carencias de gravas o arenas. Los suelos de subrasante analizados en la presente investigación presentan gran presencia de partículas finas y poco de gravas, razón por la cual se adiciona el PET para que pueda cumplir similar función que la grava. El suelo existente se disgregará o escarificará, en una profundidad de quince centímetros (15 cm) y luego se colocará el material de préstamo o de aporte. Los materiales disgregados y los de aporte se humedecerán o airearán hasta alcanzar la humedad apropiada de compactación y previa eliminación de partículas mayores de setenta y cinco milímetros (75 mm), sí las hubiere. Luego se procederá a un mezclado de ambos suelos, se conformará y compactará cumpliendo las exigencias de densidad y espesores hasta el nivel de subrasante fijado en el proyecto. (MTC 2013 b)

## **iii. ESTABILIZACIÓN POR SUSTITUCIÓN DE LOS SUELOS**

Cuando se prevea la construcción de la subrasante mejorada solamente con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que éste deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición. En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada para cuerpos de terraplén, en una profundidad de quince centímetros (15 cm). Una vez se considere que el suelo de soporte esté debidamente preparado, autorizará la colocación de los materiales, en espesores que garanticen la obtención del nivel de subrasante y densidad exigidos, empleando el equipo de compactación adecuado. Dichos materiales se humedecerán o



airearán, según sea necesario, para alcanzar la humedad más apropiada de compactación, procediéndose luego a su densificación. En el segundo caso, el mejoramiento con material totalmente adicionado implica la remoción total del suelo natural existente, de acuerdo al espesor de reemplazo. (MTC 2008 a) El MTC 2013b nos muestra un procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función al valor de soporte, el espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de subrasantes pobres, con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre  $CBR > 3\%$  y  $CBR < 6\%$ . (MTC 2013 b)

### **1.9 Definición de términos básicos.**

#### **MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO ARCILLOSO ADICIONANDO HORMIGON EN EL SECTOR NUEVO BARRAZA - LAREDO - TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD, 2021.**

**Mejoramiento:** Es el cambio o progreso de un material en condición precaria hacia un estado mejor.

**Propiedades Mecánicas:** Son aquellas propiedades del material que se manifiesta cuando aplicamos una fuerza, es decir a la capacidad de los mismos de resistir acciones de cargas.

**Suelo Arcilloso:** Es un material em el que predomina la arcilla sobre otras partículas de otros tamaños, es un conjunto de partículas minerales muy pequeñas, de menos de 0.001mm de diámetro.

**Hormigón:** Es un producto resultante de la mezcla de un aglomerante, arena, grava o piedra machacada y agua. Se usa como un agregado para dar mejor estabilidad.

**Sector Nuevo Barraza:** El sector nuevo Barraza se encuentra ubicado dentro del distrito de Laredo, es una división territorial genérica para cualquier núcleo de población, con identidad propia. Tiene un núcleo de pequeño tamaño y pocos habitantes.

### **1.10 Formulación de la hipótesis.**

El adiconamiento de hormigón mejora las propiedades mecánicas del suelo arcilloso in situ de baja estabilidad.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1 Material:**

#### **a) Materiales**

##### **1. Materiales de escritorio**

- Hojas de papel bond
- Lapiceros
- Laptop

##### **2. Instrumentos secundarios o auxiliares**

- Wincha
- Barreta
- Palana
- Bolsas de plástico

##### **4. Software**

- Excel office 2010
- Word office 2010

## 5. Fuentes

- Norma E.050 Suelos y Cimentaciones (MTC)
- Libros
- Tesis
- informes

### b) Humano.

- Bach. George Bryan Quipuzcoa León (asesorado)
- Ing. Enrique Manuel Durán Bazán (asesor)

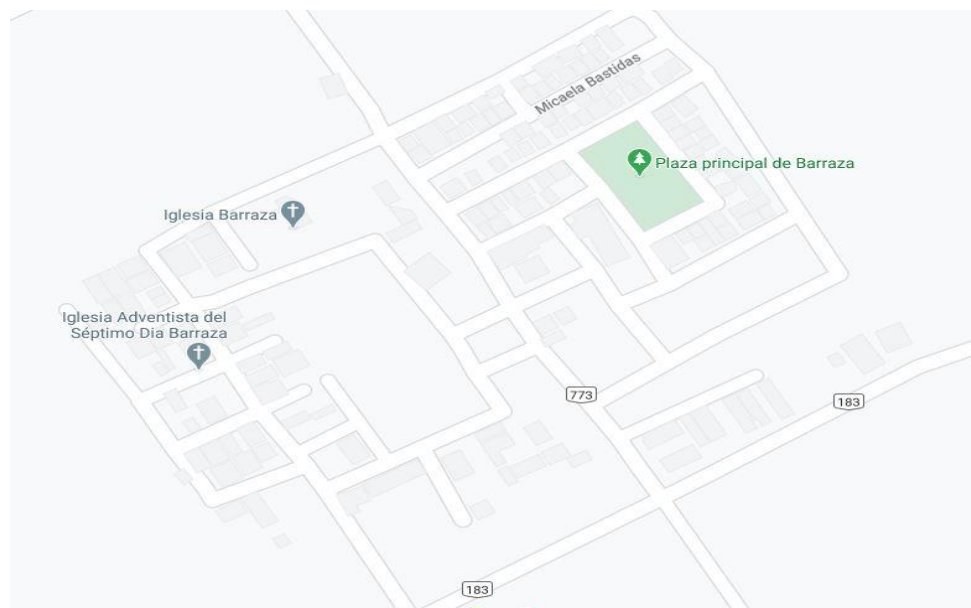
### c) Servicios.

- Para la presente investigación no se requerirá servicios adicionales

## 2.2 Material de estudio.

### 2.2.1 Población.

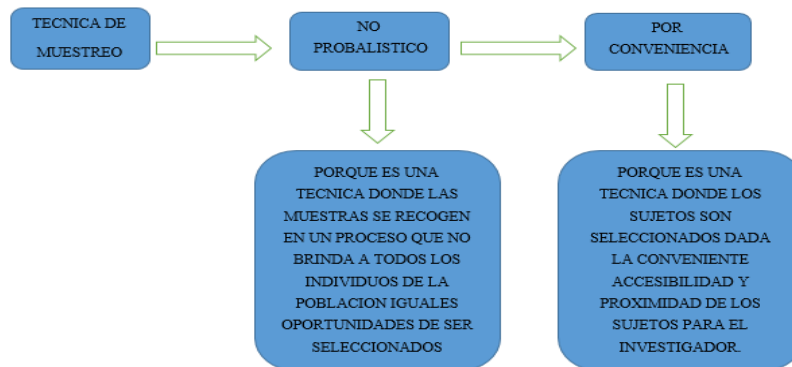
La población total beneficiaria actual se estima en 1000 habitantes (190 familias), los mismos que están comprendidos dentro del grupo socioeconómico pobre.



### 2.2.2 Muestra (Muestreo)

Sector Nuevo Barraza: calle Micaela Bastidas, calle frontal de iglesia adventista, calle lateral iglesia Barraza.

La presente investigación es de carácter no probabilístico



La presente investigación es NO PROBABILISTICA, porque éste estudio no tiene una muestra que varía en el tiempo para analizarla probabilísticamente. Así, esto sería un muestreo no Probabilístico por Conveniencia, ya que la muestra fue seleccionada, como el nombre lo indica, por conveniencia de la persona que realiza la investigación, porque los elementos de muestra están fácilmente disponibles para su estudio.

El número de sondajes a realizar esta establecido por el RNE en su Norma Técnica de Edificaciones E.050 de Suelos y Cimentaciones, Tabla N°6, en donde se establece, (Ver Tabla N°06 extraída RNE):

NUMERO DE PUNTOS A INVESTIGAR	
Tipo de edificación	Número de puntos a investigar (n)
A	1 cada 225 m <sup>2</sup>
B	1 Cada 450 m <sup>2</sup>
C	1 cada 800 m <sup>2</sup>
Urbanizaciones	3 por cada Ha. de terreno habilitado

Para el proyecto como referencia para el mejoramiento, hemos tomado como referencia 3 calles, 1 cada 225 m<sup>2</sup>, por lo tanto 1 calicata por calle.

## 2.3 Técnicas, procedimientos e instrumentos.

### 2.3.1 Para recolectar datos.

#### A. Técnica de recolección

Entendemos como una técnica de investigación al procedimiento o manera para poder conseguir algún dato o información. Existen diversos tipos de técnicas de acuerdo al diseño de investigación; si es documental están las técnicas de análisis documental y el análisis de contenido; en el diseño de investigación de campo existen tres técnicas que son: la observación, encuesta y la entrevista. (Arias 2012) (p. 68).

En nuestro proyecto las técnicas que se emplearán son las siguientes:

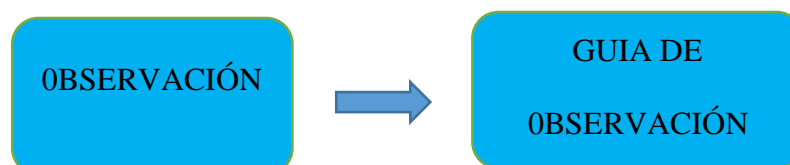
- Observación en campo: es un proceso con una estructura para captar información para poder analizarlos de manera estadística en cualquiera de las técnicas de obtención cuantitativa de información primaria.

- Realización de calicatas: consiste en excavar un pozo a una determinada profundidad para extraer las muestras del suelo.
- Extracción de muestras de las calicatas: después de hacer las calicatas de 1.00m x 1.20 m se extrae la muestra (tierra) de la subrasante
- Recolección de datos y resultados en el laboratorio.
- Resultados realizados en computadora con los programas requeridos.

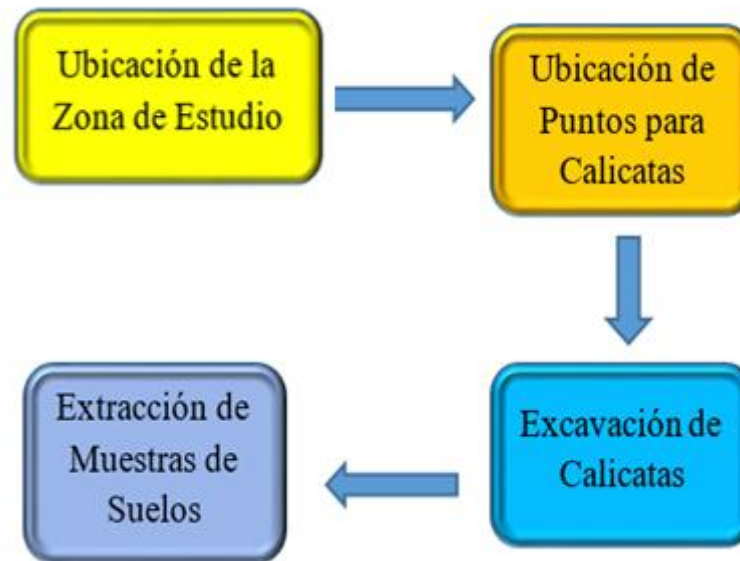
### **B. Instrumento de recolección**

El instrumento para recolectar los datos de los diferentes medios o formatos ya sea en digital o escrito que es empleada para almacenar, registrar y obtener información. (Arias 2012) (p. 68).

- Ficha de datos: se puede recolectar los datos y poder anotar toda la información que serán complementadas con la observación. Se utilizó una Guía de Observación para poder llevar a cabo las excavaciones.
- Para la realización de calicatas, se utilizaron las herramientas barreta, pico y palana.
- Para obtener los resultados de mecánica de suelos se utilizó las normas y formatos del manual del MTC.



### 2.3.1.1 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS



Organigrama N°01. Procedimiento de Recolección de datos

## 1. Ubicación de la Zona de Estudio

Inicialmente, como en todo proyecto ingenieril, se localizó la zona de estudio, dirigiéndose en auto hacia la zona de trabajo.

## 2. Ubicación de Puntos para Calicatas

Recorriendo el sector Nuevo Barraza, se ubicaron 3 puntos para la excavación de Calicatas. Una en la calle Micaela Bastidas, otra en la calle frontal de la iglesia adventista y la última en la calle lateral de la iglesia Barraza.

## 3. Excavación de Calicatas

Se excavaron las calicatas con una superficie de 1.00 x 1.00 metros y una altura de 1.20 metros de profundidad, con una profundidad inicial de 0.60 metros y un descanso de 0.60 metros, para finalmente acabar con los 0.60 metros de profundidad finales.

## 4. Ubicación de Napa Freática

Al realizar la excavación de las calicatas, y al tener una profundidad no menor a 1.20 metros por cada una, se llegaron a niveles donde no se encontró NAF.

## 5. Extracción de muestras de Suelos

Se procedió a extraer 5 kilogramos de muestra de Suelo por cada Calicata para el respectivo análisis de Mecánica de Suelos.

### 2.3.2 Para procesar datos.

#### A. Método de análisis de datos

Al ser un proyecto de tesis del tipo Diseño Experimental verdadera, y se buscará establecer la causa y el efecto de un fenómeno, lo que significa que debe ser claro que los efectos observados en un experimento se deben a la causa.



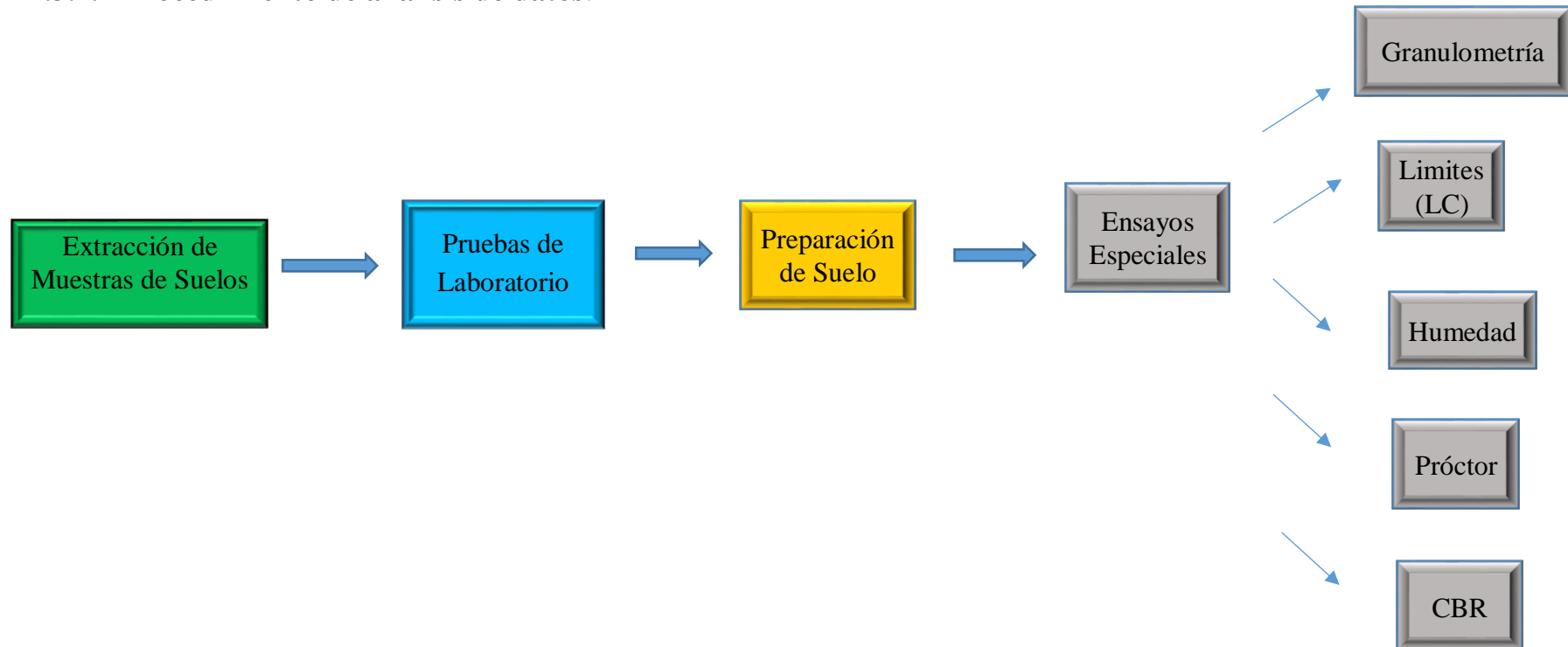
## **B. Instrumento de análisis de datos**

Se utilizará el instrumento de Gráficos de Barras, que está dentro de los Gráficos estadísticos admisibles para este tipo de estudio.

En base a que este proyecto cuenta con un tipo de variable según su operatividad es una variable Cuantitativa, donde es posible asignar diferentes números a los valores de la variable, pudiendo realizar diferentes procedimientos matemáticos con ellos de tal manera que se pueden establecer distintas relaciones entre sus valores.

Y según su relación con otras variables, es una variable dependiente porque en la investigación, va a ser escogida y generada a partir de la independiente. Por ejemplo, si medimos la mezcla del material arcilloso adicionando hormigón, hormigón será variable independiente cuya modificación va a generar alteraciones en la dependiente, en este caso el material arcilloso.

### 2.3.2.1 Procedimiento de análisis de datos.



## 2.4 Operacionalización de variables.

PROYECTO	DESCRIPCIÓN					
TITULO	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO ARCILLOSO ADICIONANDO HORMIGON EN EL SECTOR NUEVO BARRAZA - LAREDO - TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD, 2020.			Nº DE PALABRAS	ESPACIO	TIEMPO
				21	NUEVO BARRAZA	2020
LINEA DE INVESTIGACIÓN	MEDIO AMBIENTE					
VARIABLES	UNIDAD DE ESTUDIO	VARIABLES		¿CÓMO LO MIDO?	HERRAMIENTAS PARA MEDIR	
	SUELO ARCILLOSO	PROPIEDADES MECÁNICAS		UTILIZANDO ENSAYOS	INSTRUMENTOS DE LAB. DE SUELOS	
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES/ITEMS	
	<b>INDEPENDIENTE:</b>					
	PROPIEDADES MECÁNICAS	Consiste en estudiar las propiedades mecánicas del suelo arcilloso.	Se hará tres calicatas para extraer las muestras del suelo posteriormente se analizará mediante ensayos de laboratorio	Propiedades del suelo in situ	Estudio de mecánica de suelos: contenido de humedad, granulometría, límites de consistencia con su respectiva clasificación SUCS y AASHTO, Proctor y CBR. / Los resultados estarán dados en porcentajes (%)	
	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES/ITEMS	
	<b>DEPENDIENTE:</b>					
SUELO ARCILLOSO CON DIFERENTES PORCENTAJE DE HORMIÓN	Consiste en analizar y obtener la mezcla adecuada adicionando hormigón para el mejoramiento del material arcilloso	Se procederá hacer distintos porcentajes de mezclas en laboratorio para hallar la mas adecuada mediante ensayos de laboratorio	Mezcla de suelo arcilloso mas hormigón	Estudio de mecánica de suelos: Sales solubles, contenido de humedad, granulometría, límites de consistencia con su respectiva clasificación SUCS y AASHTO, Proctor y CBR. / Los resultados estarán dados en porcentajes (%)		

### **3. RESULTADOS.**

#### **3.1 GENERALIDADES**

La presente tesis tiene por objeto realizar el Proyecto “MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO ARCILLOSO ADICIONANDO HORMIGON EN EL SECTOR NUEVO BARRAZA - LAREDO - TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD, 2021” el mismo que se ha efectuado por medio de trabajos de exploración de campo y ensayos de laboratorio, así como sus propiedades y características de la subrasante.

##### **3.1.1 Ubicación del Área en Estudio**

El Sector Nuevo Barraza se encuentra ubicado en el Distrito de Laredo, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad, a 9 Km. y aproximadamente 20 minutos del centro urbano de la ciudad de Trujillo, teniendo como vía de acceso la carretera industrial a Laredo. Se sitúa a una altitud media de 90 m.s.n.m.

El acceso principal lo constituye la carretera industrial que une al distrito de Trujillo con el distrito de Laredo.

Políticamente el área del proyecto se ubica en:

Departamento : La Libertad.

Provincia : Trujillo.

Distrito : Laredo.

Zona del proyecto : Sector Nuevo Barraza

Calles : Ca. Micaela Bastidas,

Ca. Frontal iglesia adventista

Ca. Lateral iglesia Barraza.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO Y UBICACIÓN DE LA  
PROVINCIA DE TRUJILLO EN EL DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

MAPA N° 01

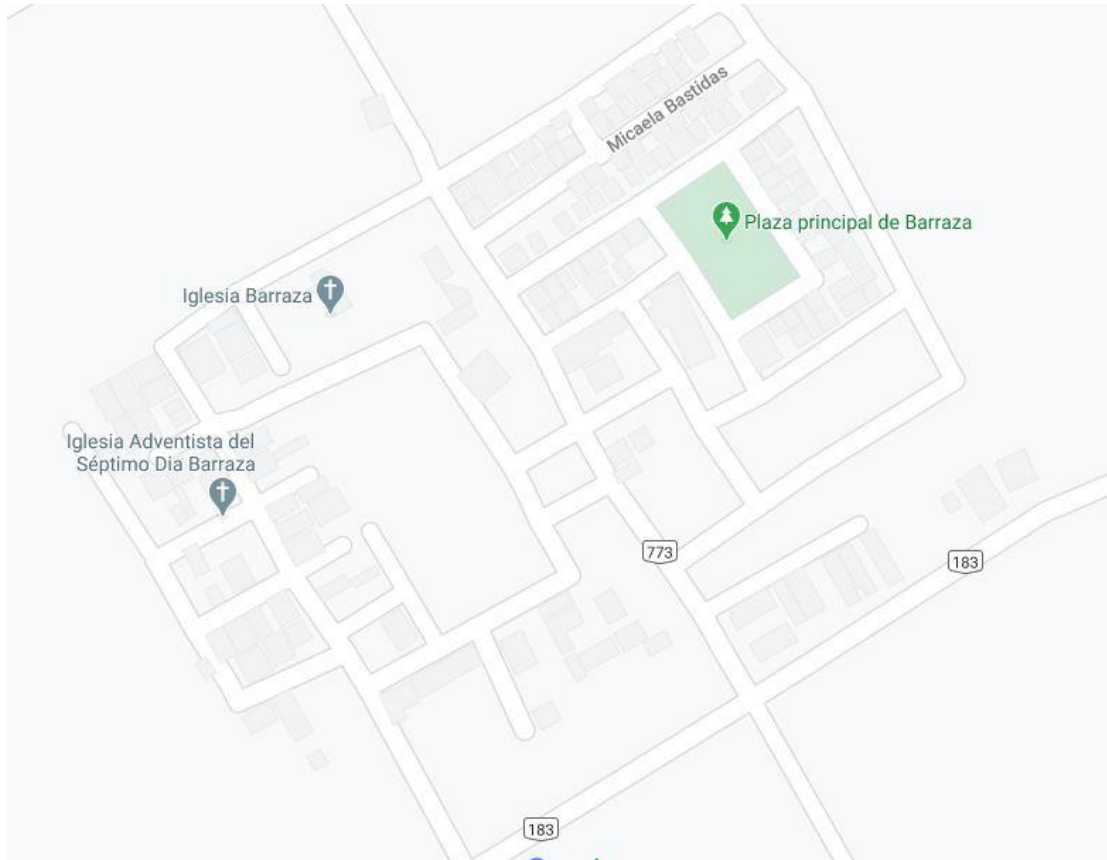


UBICACIÓN DEL DISTRITO DE LAREDO EN LA PROVINCIA DE TRUJILLO  
MAPA N° 02



### UBICACIÓN DEL SECTOR NUEVO BARRAZA

MAPA N° 03



### 3.2 PROGRAMA DE TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO

El trabajo de campo se programó de manera que para la determinación de las características del sub. Suelo, se dispuso 03 calicatas o excavaciones a cielo abierto distribuidas convenientemente en el terreno, alcanzando una profundidad de 1.20 m. obedeciendo la intensidad y los tipos carga, que transmitirán al sub. suelo, la ubicación de las calicatas nos permite obtener una información confiable y representativa de los suelos considerada como sub. Rasante.

#### CUADRO DE CALICATAS N°1

Calicata No.	Ubicación	Profundidad (m.)
PC-1	CA. Micaela Bastidas	1.20
PC-2	Ca. Frontal iglesia ad.	1.20
PC-3	Ca. Frontal iglesia Ba.	1.20

#### 3.2.1 Muestreo Disturbado

Se tomarán muestras disturbadas de cada uno de los tipos de los tipos de suelos encontrados, en cantidad, suficiente como para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

Se extrajo así mismo muestras representativas de la subrasante a fin de determinar las propiedades de esfuerzo y de formación, mediante ensayos de Proctor Modificado y CBR (California Bearing Ratio).

#### 3.2.2 Registros de Excavaciones

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de cada una de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como: espesor, humedad, plasticidad, compacidad, etc.

### 3.3 ENSAYOS REALIZADOS IN SITU

Los ensayos que se han tenido en consideraciones para el presente estudio son los que a continuación se detalla:

**ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS**

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	METODO AASHTO	ENSAYO ASTM	TAMAÑO DE MUESTRA	PROPOSITO ENSAYO
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	CLASIFICACION	T88	D422	2.50 KG	determina la distribución del tamaño de las partículas
CONTENIDO DE HUMEDA	CLASIFICACION		D2216	2.50 KG	
LIMITE LIQUIDO	CLASIFICACION	T89	D4318	2.50 KG	hallar el contenido de agua entre los estados líquido y plástico
LIMITE PLASTICO	CLASIFICACION	T90	D4318	2.50 KG	hallar el contenido de agua entre los estados plástico y semi sólido
INDICE PLASTICO	CLASIFICACION	T90	D4318	2.50 KG	hallar el rango de contenido de agua por encima del cual el suelo está en un estado plástico

#### a. Humedades Naturales:

Se han determinado los contenidos de humedad natural.

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO HUMEDA
PC - 1	M-1	-1.20	11.59
PC - 2	M-1	-1.20	10.24
PC - 3	M-1	-1.20	10.50

#### b. Análisis Mecánicos por Tamizado:

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño, que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz N° 200 (de diámetro 0.074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global. Para conocer su distribución granulométrica por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación.

**RESUMEN DEL ANALISIS GRANULOMETRICO**

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	% GRAVA	% ARENA	% FINO
PC - 1	M-1	-0.10 a -1.20	2.22	31.91	65.88
PC - 2	M-1	-0.10 a -1.20	1.99	32.54	65.47
PC - 3	M-1	-0.10 a -1.20	2.01	33.56	64.44



**c. Limite Liquido (ASTM D-423) y Limite Plástico (ASTM D-424)**

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este de ser moldeable. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N° 200, porque es este material el que actúa como ligante.

Un material, de acuerdo al contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquidos, plásticos y secos. Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo que no puede ser moldeable, se dice que está en estado semilíquido. Conforme se le va quitando agua, llega un momento en el que el suelo, sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico.

Al seguir quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuarteo al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en estado semi-seco. El contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico es el Limite Liquido (ASTM D-423), y el contenido de humedad es el que pasa del estado plástico al semi-seco es el Limite Plástico (ASTM D-424).

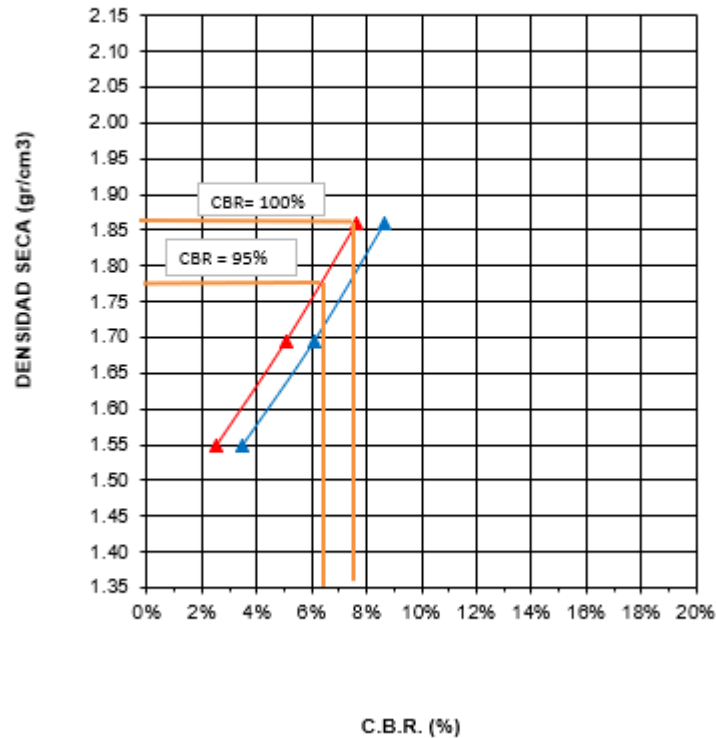
**RESUMEN DE LIMITES LIQUIDOS**

<i>CALICATA</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>PROFUNDIDAD (m)</i>	<i>LL</i>	<i>LP</i>	<i>IP</i>
<i>PC - 1</i>	<i>M-1</i>	<i>-0.10 a -1.20</i>	<i>26.50</i>	<i>14.86</i>	<i>11.64</i>
<i>PC - 2</i>	<i>M-1</i>	<i>-0.10 a -1.20</i>	<i>26.98</i>	<i>14.50</i>	<i>12.49</i>
<i>PC - 3</i>	<i>M-1</i>	<i>-0.10 a -1.20</i>	<i>27.88</i>	<i>14.63</i>	<i>13.25</i>

**d. Ensayos de CBR:**

Se establece en él una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte.

**CURVA DENSIDAD SECA - CBR**



<b>95 % DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3):</b>	<b>1.77</b>
<b>C.B.R. 95 (%):</b>	<b>6.50 %</b>
<b>C.B.R. 100 (%):</b>	<b>7.60 %</b>

**e. Ensayos de Proctor /Densidad Seca Máxima:**

Se realizó ensayos de Proctor Modificado, para conocer valores de densidad seca máxima y contenido de humedad óptimo de la subrasante.

**VALORES PROCTOR MODIFICADO:**

<b>DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm</b>	<b>1.86</b>
<b>HUMEDAD OPTIMA (%):</b>	<b>15.06</b>

**f. Clasificación SUCS:**

Los suelos han sido clasificados de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) según se muestra en el siguiente cuadro:

### CLASIFICACION DE SUELOS

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION SUCS
PC - 1	M-1	-0.10 a -1.20	CL
PC - 2	M-1	-0.10 a -1.20	CL
PC - 3	M-1	-0.10 a -1.20	CL

### Especificación del agregado grueso (Hormigón)

Se denominará así a los materiales retenidos en la Malla N° 4, los que consistirán de partículas pétreas durables y trituradas capaces de soportar los efectos de manipuleo, extendido y compactación sin producción de fines contaminantes.

Deberán cumplir las siguientes características:

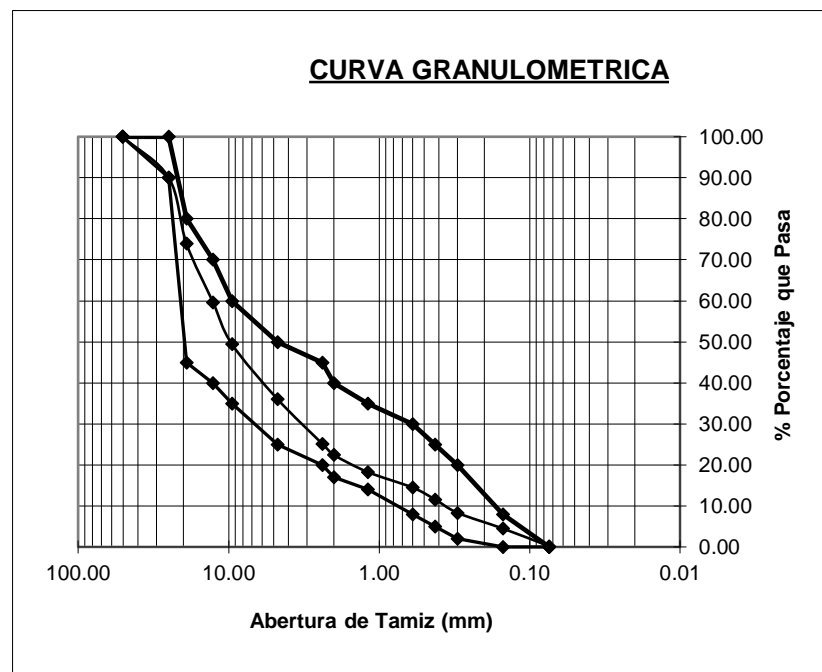
Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos	
				Altitud	
				≤ Menor de 3000 msnm	≥ 3000 Msnm
Partículas con una cara fracturada	MTS E 210	D 5821		80% min.	80% min.
Partículas con dos caras fracturadas	MTS E 210	D 5821		40% min.	50% min.
Abrasión los Angeles	MTS E 207	C 131	T 96	40% min.	40% min.
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTS E 221	D 4791		15% min.	15% max.
Sales solubles Totales	MTS E 219	D1888		0.5% min.	0.5% max.
Pérdida con Sulfato de Sodio	MTS E 209	C88	T 104	--	12% max.
Pérdida con Sulfato de Magnesio	MTS E 209	C88	T 104	--	18% max.

(1) La relación ha emplearse para la determinación es : 1/3 (espesor/longitud)

### Granulometría del hormigón

TAMIZ N°	ABERTURA mm	PESO RET. RET.	% RET. PARC.	% RET. ACUM.	% PASA	Especificaciones Límites (%)		Descripción de la Muestra
						Inferior	Superior	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00			<b>Clasificación SUCS</b> <b>GRAVA UNIFORME (GP)</b>
1 "	25.00	293.00	9.92	9.92	90.08	<b>90</b>	<b>100</b>	
3/4"	19.05	475.62	16.11	26.03	73.97	<b>45</b>	<b>80</b>	
1/2"	12.70	422.31	14.30	40.34	59.66			L.L.: NP
3/8"	9.53	299.85	10.16	50.49	49.51			L.P.: NP
N° 4	4.75	395.62	13.40	63.89	36.11	<b>25</b>	<b>50</b>	I.P. : NP
N° 8	2.38	324.06	10.98	74.87	25.13			
N° 10	2.00	78.66	2.66	77.53	22.47			
N° 16	1.19	123.94	4.20	81.73	18.27			
N° 30	0.60	111.58	3.78	85.51	14.49	<b>8</b>	<b>30</b>	
N° 40	0.425	85.62	2.90	88.41	11.59			
N° 50	0.30	97.26	3.29	91.71	8.29			
N° 100	0.15	112.85	3.82	95.53	4.47	<b>0</b>	<b>8</b>	
N° 200	0.074	126.95	4.30	99.83	0.17			
PLATO	0.00	5.10	0.17	100.00	0.00			
TOTAL		2,952	100.00					

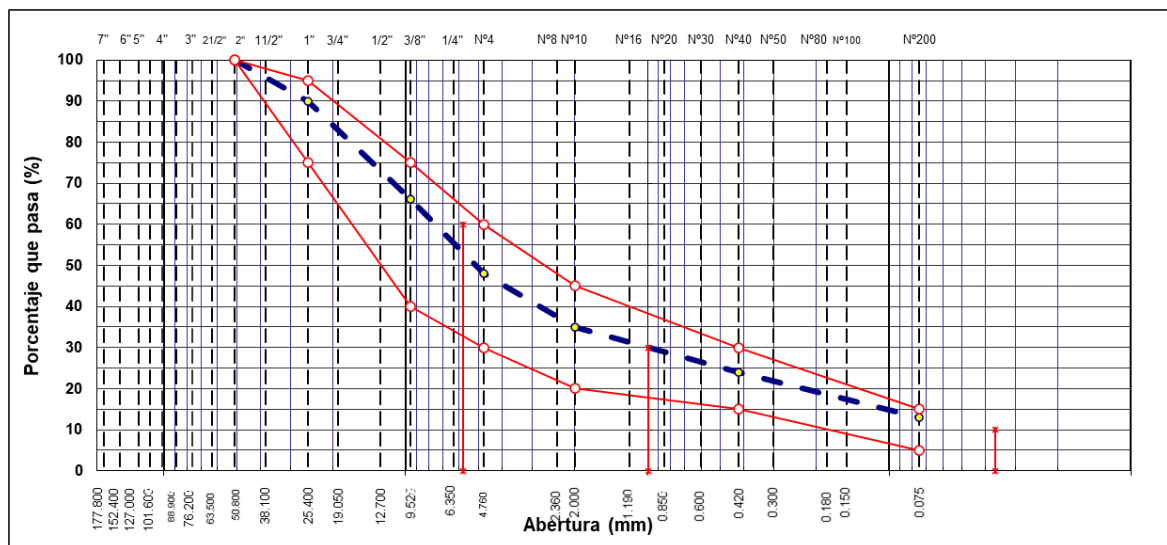
Curva



### 3.4 ENSAYOS REALIZADOS A LAS MEZCLAS

#### GRANULOMETRIA Hormigón (80%) + arcilla (20%)

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO B	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA				
7"	177.800										
6"	152.400										
5"	127.000						PESO TOTAL	=	7,000.0	gr	
4 1/2"	114.300						PESO GRAVA	=	3643.2	gr	
4"	101.600						PESO ARENA	=	3356.8	gr	
3 1/2"	88.900						PESO FINO	=	800.0	gr	
3"	76.200						LÍMITE LÍQUIDO	=	24.65	%	
2 1/2"	63.500						LÍMITE PLÁSTICO	=	15.99	%	
2"	50.800					100 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	8.66	%	
1 1/2"	38.100	241.30	3.5	3.5	96.6		CLASF. AASHTO	=	A-2-4	(0)	
1"	25.400	465.10	6.6	10.1	89.9	75 - 95	CLASF. SUCCS	=	GP-GM		
3/4"	19.050	423.90	6.1	16.2	83.9		MAX. DENS. SECA	=			
1/2"	12.700	640.80	9.2	25.3	74.7		OPT. CONT. HUM.	=			
3/8"	9.525	606.90	8.7	34.0	66.0	40 - 75	CBR 0.1" (100%)	=			
1/4"	6.350	0.00					CBR 0.2" (100%)	=			
# 4	4.760	1265.20	18.1	52.0	48.0	30 - 60					
# 8	2.360	0.00					% Grava	=	52.0	%	
# 10	2.000	216.70	13.0	65.0	35.0	20 - 45	% Arena	=	35.0	%	
# 20	0.850						% Fino	=	13.0	%	
# 40	0.420	184.80	11.1	76.1	23.9	15 - 30	% HUMEDAD		P.S.H.	P.S.S	% Humedad
# 50	0.300								228.8	226.2	1.1%
# 80	0.180	0.00					Observaciones :				
# 100	0.150	133.70	8.0	84.1	15.9						
# 200	0.075	47.80	2.9	87.0	13.0	5 - 15					
< # 200	FONDO	217.00	13.0	100.0	0.0						
FRACCIÓN		800.0					Coef. Uniformidad	-	Índice de Consistencia		
TOTAL		7,000.0					Coef. Curvatura	-			
Descripción suelo:	Grava arcillosa con arena						Pot. de Expansión	Bajo			

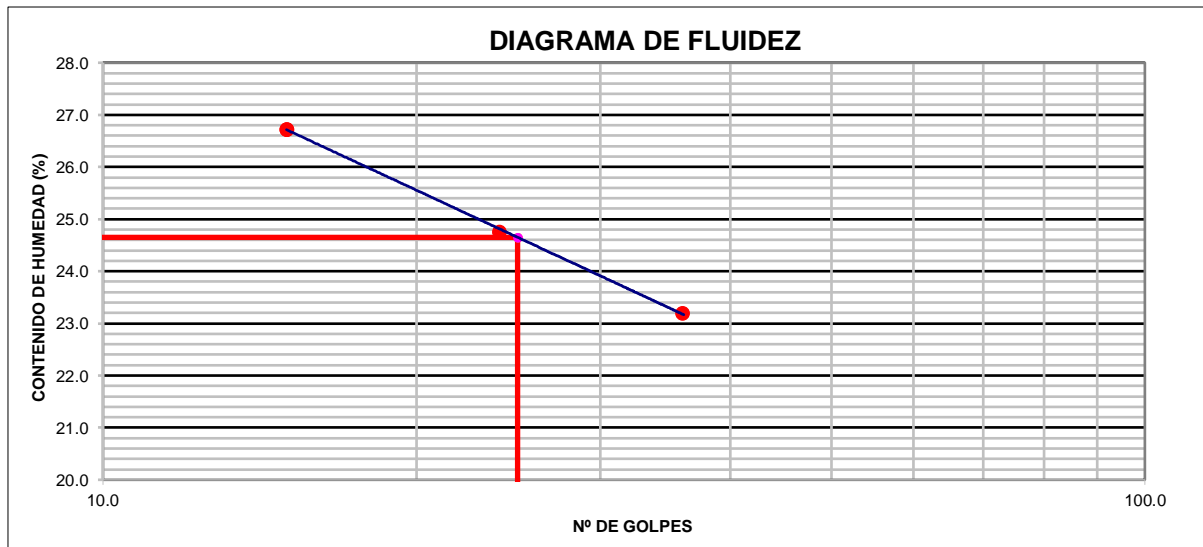


**LIMITES DE CONSISTENCIA Hormigón (80%) + arcilla (20%)**

<b>LÍMITE LÍQUIDO (MALLA Nº 40)</b>				
Nº TARRO	1	2	3	
TARRO + SUELO HÚMEDO	33.30	34.56	33.65	
TARRO + SUELO SECO	32.33	33.25	32.49	
AGUA	0.97	1.31	1.16	
PESO DEL TARRO	28.15	27.96	28.15	
PESO DEL SUELO SECO	4.18	5.29	4.34	
% DE HUMEDAD	23.21	24.76	26.73	
Nº DE GOLPES	36	24	15	

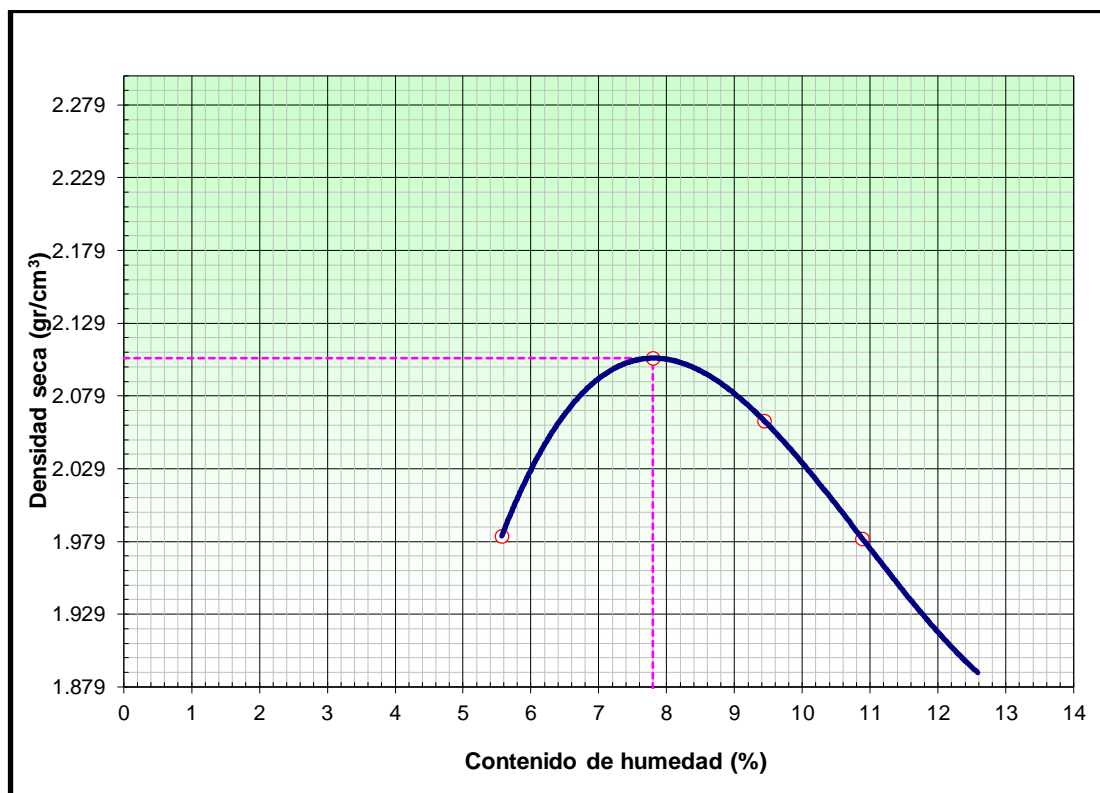
<b>LÍMITE PLÁSTICO (MALLA Nº 40)</b>				
Nº TARRO	5	6		
TARRO + SUELO HÚMEDO	30.86	25.66		
TARRO + SUELO SECO	30.32	25.05		
AGUA	0.54	0.61		
PESO DEL TARRO	26.93	21.25		
PESO DEL SUELO SECO	3.39	3.80		
% DE HUMEDAD	15.93	16.05		



<b>CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA</b>	
LÍMITE LÍQUIDO	24.65
LÍMITE PLÁSTICO	15.99
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	8.66

**PROCTOR Hormigón (80%) + arcilla (20%)**

NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	
MASA (SUELO + MOLDE) (gr)	11476	11842	11815	11690	
MASA DE MOLDE (gr)	7110	7110	7110	7110	
MASA SUELO HÚMEDO (gr)	4366	4732	4705	4580	
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2085	2085	2085	2085	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.094	2.270	2.257	2.197	
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.983	2.105	2.062	1.981	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nº	s/n	s/n	s/n	s/n	
MASA (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)	110.1	89.1	79.4	100.0	
MASA (SUELO SECO + TARA) (gr)	105.5	84.2	74.5	93.1	
MASA DE LA TARA (gr)	22.4	21.3	22.9	29.7	
MASA DE AGUA (gr)	4.63	4.90	4.88	6.90	
MASA DE SUELO SECO (gr)	83.10	62.83	51.66	63.39	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.57	7.80	9.44	10.88	
<b>MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.105</b>		<b>ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>		<b>7.80</b>



### CBR Hormigón (80%) + arcilla (20%)

#### DATOS

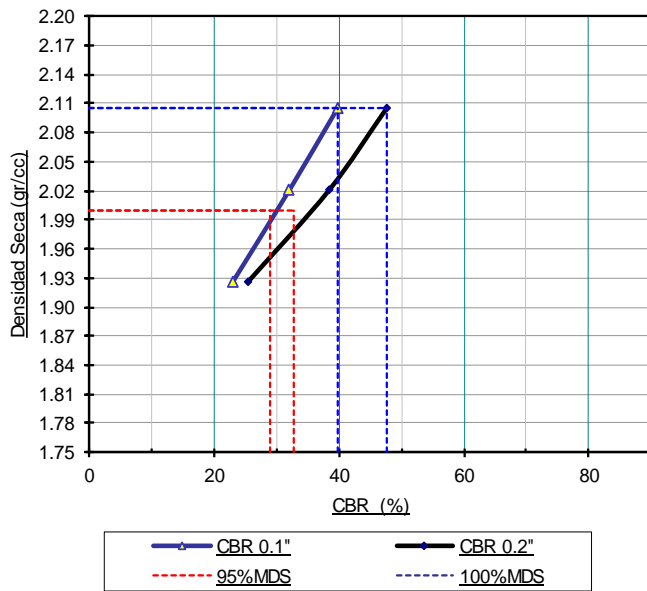
ENSAYO DE CBR													
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193													
Molde Nº	5				5				5				
Nº Capa	56				25				12				
Golpes por capa Nº	56				25				12				
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		
Masa molde + suelo húmedo (gr)	12360	11632		12605	11539		12130						
Masa de molde (gr)	7628			7979			7703						
Masa del suelo húmedo (gr)	4732			4626			4427						
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2099			2138			2140						
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.254			2.164			2.069						
Humedad (%)	7.05			7.08			7.36						
<b>Densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.106</b>			<b>2.021</b>			<b>1.927</b>						
Tarro Nº	S/N	65		S/N	67		S/N						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	257.13	1161.00		328.01	1073.10		230.20						
Tarro + Suelo seco (gr)	242.50	1043.00		308.49	967.00		215.78						
Masa del Agua (gr)	14.63			19.52			14.42						
Masa del tarro (gr)	34.98			32.91			19.80						
Masa del suelo seco (gr)	207.52			275.58			195.98						
<b>Humedad (%)</b>	<b>7.05</b>			<b>7.08</b>			<b>7.36</b>						
Promedio de Humedad (%)	7.05			7.08			7.36						
<b>EXPANSION</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
3/03/2020	16:00												
4/03/2020	16:00	24	0.26	0.007	0.006	0.27	0.007	0.006	0.36	0.009	0.008		
5/03/2020	16:00	48	0.35	0.009	0.008	0.40	0.010	0.009	0.47	0.012	0.010		
6/03/2020	16:00	72	0.41	0.010	0.009	0.59	0.015	0.013	0.62	0.016	0.013		
<b>PENETRACION</b>													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 8				MOLDE Nº 11			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
			0				0				0		
0.025		190	9			160	8			100	5		
0.050		300	15			253	12			177	9		
0.075		450	22			365	18			250	12		
0.100	70.5	600	29	28.0	39.7	499	24	22.50	31.9	350	17	16.18	23.0
0.150		780	38			630	31			450	22		
0.200	105.7	1010	49	50.3	47.6	800	39	40.48	38.3	534	26	26.85	25.4
0.250		1180	58			950	46			633	31		
0.300		1435	70			1150	56			698	34		
0.400		1526	74			1340	65			750	37		
0.500		1600	78			1460	71			810	40		



**CBR Hormigón (80%) + arcilla (20%)**

**GRAFICOS**

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



Generar gráfico

**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	39.7	0.2":	47.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	28.8	0.2":	32.8

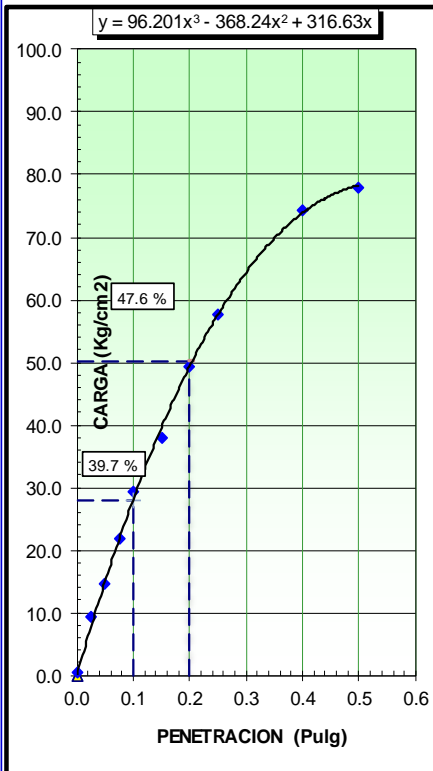
**Datos del Proctor**

Densidad Seca	2.105	gr/cc
Optimo Humedad	7.80	%

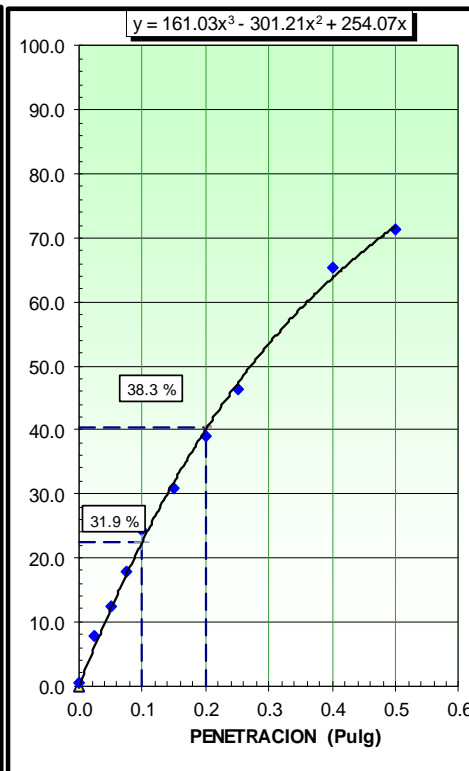
**OBSERVACIONES:**

Limite superior

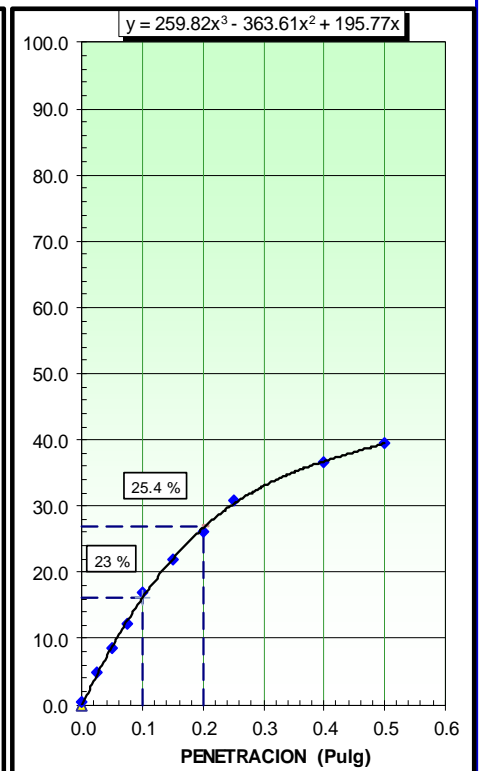
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



## SALES SOLIUBLES

### Hormigón y arcilla, respectivamente

AGREGADO GRUESO					
MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
ENSAYO N°	1	2	3	4	
(1) Peso muestra (gr)	332.30				
(2) Volumen aforo (ml)	500.00				
(3) Volumen alicuota (ml)	50.00				
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.02				
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1)/(4) \times (2)))$	0.06				
AGREGADO FINO					
MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
ENSAYO N°	1	2	3	4	
(1) Peso muestra (gr)	285.00				
(2) Volumen aforo (ml)	500.00				
(3) Volumen alicuota (ml)	50.00				
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.02				
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1)/(4) \times (2)))$	0.07				<b>0.07</b>

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- El lugar de estudio se encuentra dentro del sector Nuevo Barraza, distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. Se realizaron 3 calicatas en las diferentes calles de Micaela Bastidas, otra en la calle frontal de la iglesia adventista y la última en la calle lateral de la iglesia Barraza, con lo que se cumplió con la norma E-050 que indica 1 calicata por 225 m<sup>2</sup> de calle. La presencia de nivel freático no se encontró a la profundidad estudiada.
- El subsuelo del área que predomina es una arcilla de mediana plasticidad clasificada según SUCS (CL) y AASHTO (A-6(5)), con un CBR de xx%. Las sales solubles de los materiales a trabajar se encuentran en **insignificante**.
- El hormigón para adicionar provino de la cantera El Milagro, la granulometría cumplió con los valores requeridos, según los datos obtenidos y su curva granulométrica.
- Para el tratamiento de la subrasante el mejoramiento se realizó mezclando suelo natural arcilloso (20%) con material adicional hormigón (80%) para el mejoramiento de su estabilidad de acuerdo al CBR. Para el terreno arcilloso mejorado con hormigón, los resultados obtenidos del ensayo de **CBR al 95%** de la máxima densidad seca y a una penetración de 2.54mm, se registra que al adicionarse 80% de hormigón al suelo, esta mejora su capacidad de soporte de 6.50 a 32.8 lo cual hace que la categoría de la subrasante cambie de regular a excelente según el cuadro **N°4.10 categoría de subrasante del MTC (2014)**. Este aumento en su capacidad de soporte se debe a que el hormigón produce una estabilidad muy dura

- Para el terreno arcilloso mejorado con hormigón, los resultados obtenidos del ensayo de **CBR al 100%** de la máxima densidad seca y a una penetración de 2.54mm, se registra que al adicionarse 80% de hormigón al suelo, esta mejora su capacidad de soporte de 7.60 a 47.6 lo cual hace que la categoría de la subrasante cambie de regular a excelente según el cuadro **N°4.10 categoría de subrasante del MTC (2014)**. Este aumento en su capacidad de soporte se debe a que el hormigón produce una estabilidad muy dura.

### RECOMENDACIONES

- El material debe ser extraído y almacenado en recipientes que no tengan agentes contaminantes que puedan variar la composición química del material.
- Secar al aire libre la mezcla de suelo si esta tiene mucha humedad.
- Los controles y especificaciones técnicas deberán estar de acuerdo a las normas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Se recomienda evitar el aniego de la vía, debe tenerse en consideración que el agua es un agente peligroso para cualquier estructura, la saturación compromete su estabilidad y disminuye su vida útil.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- MTC (2014). *Reglamento Nacional de Construcciones - Norma E-050 "Suelos y Cimentaciones"*. Perú. Obtenido de <file:///C:/Users/Lenovo/Documents/PAGIANS/NORMA%20TECNICA%20E050%20SUELOS.pdf>
  
- Torres, S., & Landa, J. (2019). *Tesis sobre el Mejoramiento de Suelos Arcillosos en subrasante mediante el uso de Cenizas Volantes de Bagazo de Caña de Azúcar y Cal*. Lima. Obtenido de: [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626177/LandaA\\_J.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626177/LandaA_J.pdf?sequence=6&isAllowed=y)
  
- Cusquisibán, D. (2014). *Tesis sobre el mejoramiento de Suelos Arcillosos utilizando Caucho Granular de Neumáticos para fines constructivos de pavimento*. Cajamarca. Obtenido de : <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/685/T%20631.4%20C984%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  
- Zelaya, C., Mejía, D., & Hernández, J. (2016). *Tesis sobre la propuesta de estabilización de Suelos Arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad de El Salvador*. El Salvador. Obtenido de: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14342/1/50108285.pdf>
  
- Vásquez, A. (2018). *Tesis sobre la capacidad de soporte al estabilizar el suelo de la Vía Cascajal con adición de carbón y cal a nivel de sub rasante*. Chimbote. Obtenido de: [http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/8013/Tesis\\_59023.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/8013/Tesis_59023.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  
- Geconsac (2020). *Métodos científicos con programación para resultados*. Trujillo.

- Achim Ellies Sch. (1995). *Efecto del manejo sobre las propiedades físicas de suelos arcillosos*. Valdivia, Chile. Obtenido de: <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=avVE5SNX63kC&oi=fnd&pg=PA101&dq=art%C3%ADculos+cientificos+sobre+suelos&ots=-DETZpcsrj&sig=X0qF3XUZVOEtp4pdtAUP4GMYB8g#v=onepage&q&f=false>
- Hernández, O., Ojeda, D., López, J. & Arras, A. ed. (2010). *Artículo científico sobre abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo*. Chihuahua, México. Obtenido de: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/49894182/abonos\\_organicos\\_y\\_su\\_efecto\\_en\\_las\\_propiedades\\_fisicas\\_quimicas\\_biologicas\\_del\\_suelo.pdf?1477521695=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAbonos\\_organicos\\_y\\_su\\_efecto\\_en\\_las\\_prop.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/49894182/abonos_organicos_y_su_efecto_en_las_propiedades_fisicas_quimicas_biologicas_del_suelo.pdf?1477521695=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAbonos_organicos_y_su_efecto_en_las_prop.pdf)
- Gómez de Santos, C. (2019). *Tesis doctoral sobre el comportamiento geotécnico de suelos arcillosos compactados, respuesta a cargas estáticas y dinámicas*. Madrid, España. Obtenido de: <https://eprints.ucm.es/55931/1/T41185.pdf>