



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6%, EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS”.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Juan Carlos Salazar Arribasplata.

Asesor:

Mg. Ing. Gabriel Cachi Cerna.

Cajamarca - Perú

2019

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Mg. Ing. Gabriel Cachi Cerna., docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Salazar Arribasplata, Juan Carlos.

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGA SOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS". para aspirar al título profesional de: **Ingeniero Civil** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o al interesado para su presentación.

---

Mg. Ing. Gabriel Cachi Cerna.  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Juan Carlos Salazar Arribasplata, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGA SOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS".

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Dr.Ing. Miguel Mosqueira Moreno  
Jurado  
Presidente

---

Mg. Ing. Gerson Quispe Rodríguez.  
Jurado

---

Mg. Ing. Iván Mejía Díaz.  
Jurado

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi Padre, gracias a su amor, cariño, comprensión y su apoyo ciego e incondicional, el cual ha permitido que yo me convierta en profesional, a mi Madre por darme la vida para poder vivir este logro, a mi compañera, amiga y mujer Jovanna por aguantarme y apoyarme sin condiciones, a mis hijos Yamila, Joao, Fernanda, Nano estímulo de superación y lucha constante, a mis hermanas Milagros y Eliana las cuales me alentaron en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecimiento especial a todos los docentes de esta prestigiosa Universidad Privada del Norte, quienes me impartieron el conocimiento, valores, consejos, métodos, procedimientos, etc. Para que pueda desarrollarme como buen profesional y salir capacitado a enfrentar una vida laboral la cual es cada día más competitiva.

Un agradecimiento especial a mi asesor de tesis el Mg. Ing. Gabriel Cachi Cerna quien, gracias a sus ideas, tiempo, paciencia en la asesoría brindada pude terminar la presente tesis.

## Tabla de contenidos

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS</b>	<b>2</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	<b>3</b>
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>55</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>61</b>
REFERENCIAS	65
ANEXOS	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Red Vial Existente Macro Región Norte – 2018	13
Tabla N° 2 Operacionalización de Variables	19
Tabla N° 3 Población de Especímenes de Estudio	20
Tabla N° 4 Coordenadas de Ubicación de Cantera	21
Tabla N° 5 Tamaño de Abertura de Tamices	29
Tabla N° 6 Cantidad mínima de material húmedo seleccionado	31
Tabla N° 7 A-1 Factor K	33
Tabla N° 8 Sistema de Clasificación AASHTO	36
Tabla N° 9 Sistema de Clasificación SUCS	38
Tabla N° 10 Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR)	42
Tabla N° 11 Lectura de penetración	54
Tabla N° 12 Resultado de ensayo de análisis granulométrico por tamizado	55
Tabla N° 13 Resultado del ensayo de limite líquido	56
Tabla N° 14 Resultado del ensayo de limite plástico	56
Tabla N° 15 Comparativo de los ensayos de Límites de Atterberg	56
Tabla N° 16 Comparativo de los ensayos de próctor modificado y CBR	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Red Vial Existente Pavimentada por Regiones – 2016.	14
Figura N° 2: Ubicación de la Cantera	21
Figura N° 3: Tamices	24
Figura N° 4: Copa de Casagrande	25
Figura N° 5: Balanza	25
Figura N° 6: Horno	25
Figura N° 7: Bandeja	25
Figura N° 8: Capsula de porcelana	25
Figura N° 9: Tamiz N° 40	25
Figura N° 10: Taras	26
Figura N° 11: Vidrio pavonado	26
Figura N° 12: Molde próctor modificado	26
Figura N° 13: Pisón o martillo	27
Figura N° 14: Curva para cálculo de índice CBR	43
Figura N° 15: Curva granulométrica muestra patrón	56
Figura N° 16: Comparativo de Límite Líquido	57
Figura N° 17: Comparación de la Densidad Máxima Seca	59
Figura N° 18: Comparación del Optimo Contenido de Humedad	60
Figura N° 19: Comparación del CBR a 0.1"	60
Figura N° 20: Comparación del CBR a 0.2"	60



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 1: Ecuación para el cálculo del porcentaje total que pasa por el tamiz N° 200.	29
Ec. 2: Ecuación para encontrar el porcentaje retenido sobre cada tamiz.	29
Ec. 3: Ecuación para encontrar el porcentaje pasante de cada tamiz.	29
Ec. 4: Ecuación para encontrar el porcentaje de la humedad higroscópica	30
Ec. 5 Ecuación para encontrar el porcentaje del contenido de humedad.	31
Ec. 6: Ecuación para encontrar el porcentaje de humedad.	31
Ec. 7: Ecuación para encontrar el límite líquido.	33
Ec. 8: Ecuación para encontrar el límite líquido.	33
Ec. 9: Ecuación para encontrar el límite plástico.	34
Ec. 10: Ecuación para encontrar el índice de plasticidad.	35
Ec. 11: Ecuación para encontrar la densidad húmeda del espécimen compactado	40
Ec. 12: Ecuación para encontrar la Densidad seca del espécimen compactado	40
Ec. 13: Ecuación para encontrar el peso unitario seco del espécimen compactado.	40
Ec. 14: Ecuación para encontrar el contenido de agua para una saturación completa (%).	41
Ec. 15: Ecuación para encontrar porcentaje de agua a añadir (%)	41

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal evaluar la influencia de la adición del polímero Mega Soil en material de cantera para afirmados con adición de los porcentajes al 2%, 4% y 6% y evaluar cuál es la influencia en su CBR con respecto a su resistencia mecánica. El desarrollo de la presente investigación se desarrolló de la siguiente manera, se procedió a extraer la muestra de material de la cantera Bazán ubicada a la altura del kilómetro tres (Km 03+500), carretera a Bambamarca en el Distrito de Cajamarca, Provincia de Cajamarca, Región Cajamarca, de la cual se procedió a determinar sus propiedades físicas y mecánicas tales como: granulometría, abrasión, compactación, límite líquido, límite plástico (Límites Atterberg) y California Bearing Ratio (CBR) en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte, utilizando el Manual de Ensayos de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (EM-2016-MTC) y la Norma Técnica Peruana (NTP). Se procedió a tomar una muestra patrón con 0% de aditivo Megasoil y se le realizó su CBR, el cual ha servido para medir las variaciones de las propiedades mecánicas que adquieren las muestras cuando se les incorpora los porcentajes de (2%, 4% y 6%) del aditivo Megasoil. Se obtuvo los siguientes resultados, para un CBR de la D.S.M. a 0.1" de penetración de 72% para la muestra patrón, un CBR de 86% para la adición de 2% de Megasoil, CBR de 98% con adición de 4% de Megasoil y CBR de 105% para la adición de 6% de polímero Megasoil.

## ABSTRACT

This research had as main objective to evaluate the influence of the addition of the Mega Soil polymer in quarry material for affirmations with the addition of the percentages at 2%, 4% and 6% and to evaluate what is the influence on its CBR with respect to its resistance mechanics. The development of the present investigation was carried out as follows, the material sample was extracted from the Bazán quarry located at kilometer three (Km 03 + 500), road to Bambamarca in the District of Cajamarca, Province of Cajamarca, Cajamarca Region, from which its physical and mechanical properties were determined such as: granulometry, abrasion, compaction, liquid limit, plastic limit (Attenberg Limits) and California Bearing Ratio (CBR) in the University's soil laboratory Privada del Norte, using the Materials Testing Manual of the Ministry of Transportation and Communications (EM-2016-MTC) and the Peruvian Technical Standard (NTP). A standard sample with 0% of Megasoil additive was taken and its CBR was performed, which has been used to measure the variations of the mechanical properties acquired by the samples when the percentages of (2%, 4% and 6%) of the additive Megasoil. The following results were obtained, for a CBR of the D.S.M. at 0.1 "of 72% penetration for the standard sample, a CBR of 86% for the addition of 2% of Megasoil, CBR of 98% with the addition of 4% of Megasoil and CBR of 105% for the addition of 6% of Megasoil polymer.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La red vial nacional asfaltada representa un porcentaje cada vez mayor de la red vial nacional total. El objetivo del Gobierno es lograr la pavimentación del 91% de la Red Vial Nacional al 2021, con la cobertura de 24,532 kilómetros. Actualmente, la Red Vial Nacional comprende 26,976 kilómetros, de los cuales 20,368 kilómetros (76%) se encontraban asfaltados al cierre del 2017. Asimismo, entre enero y octubre del 2018 se avanzó con 870 kilómetros pavimentados, y al cierre del 2018 se asfaltó un total de 1,124 kilómetros (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC, 2018)

Las carreteras no pavimentadas actualmente constituyen el 89% del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), y las superficies de rodadura aun cuando se encuentren afirmadas, se deterioran rápidamente por efecto del tránsito y las condiciones climatológicas, formándose baches, ahuellamiento y emisión de polvo; repercutiendo en un deficiente nivel de servicio, llegando incluso a suspenderse el tránsito durante las épocas de lluvias, como en el caso de las carreteras no pavimentadas en zonas de la Costa, Sierra y Selva (MTC, 2018).

Las regiones con mayores porcentajes de carreteras pavimentadas son Lambayeque (32,2%) y Piura (28,7%). Mientras que las regiones con menores porcentajes de pavimentación son La Libertad (5%) y Cajamarca (4,3%) (Cámara Nacional de Comercio, Producción, Turismo y Servicios, PERUCAMARAS, 2018)

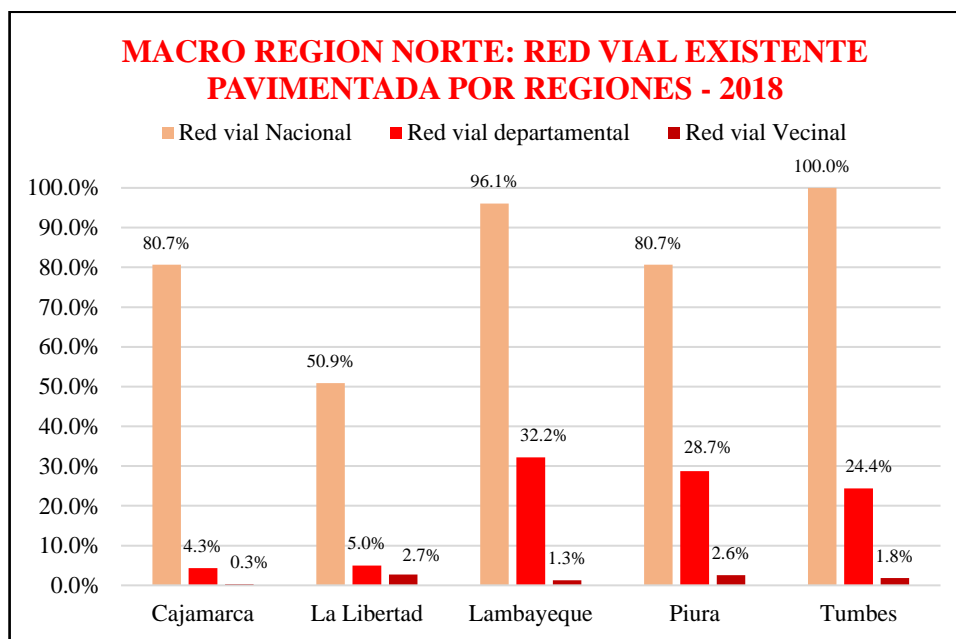
**Tabla N° 1 Red Vial Existente Macro Región Norte - 2018**

Red Vial	Nacional		Departamental		Vecinal		Total	
	Km	Par.%	Km	Par.%	Km	Par.%	Km	Par.%
Pavimentada	4040.50	75.50	574.50	14.00	404.40	1.50	5019.40	13.80
No Pavimentada	1310.20	24.50	3516.70	86.00	26559.40	98.50	31386.20	86.20
Total	5350.60	100.00	4091.20	100.00	26963.80	100.00	36405.70	100.00

Fuente: Adaptado de PERUCAMARAS.

Del total de carreteras no pavimentadas, el 54,2% se encuentra afirmado, el 28,9% sin afirmar y el 16,9% es trocha. Las regiones con mayores porcentajes de carreteras afirmadas son Cajamarca y La Libertad, y las que más cuenta con trocha son Lambayeque y Piura.

**Figura N° 1 Red Vial Existente Pavimentada por Regiones - 2018**



Fuente: MTC

En cuanto a Cajamarca, el 4,3% de la Red Vial Departamental o Regional está pavimentado, de un total de 734 kilómetros. En tanto en lo que respecta a la Red Vial Vecinal o Rural, solo el 0,3% se encuentra pavimentado, de 12,106.1 kilómetros (Perucamaras, 2016).

La administración de la red de carreteras de Bajo Volumen de Tránsito (BVT) en los países en desarrollo presenta un amplio rango de retos para los responsables de administrarlas y operarlas. Situaciones tales como altos niveles de precipitación, inundaciones y elevados niveles freáticos estacionales, materiales disponibles de baja calidad, problemas de transporte asociados con cargas vehiculares muy variables, así como la imposibilidad de proveer un mantenimiento oportuno debido a problemas de financiación, operacionales, de gestión y otras limitaciones, son aspectos que imponen retos a los diseñadores y a los administradores viales (Petts, Cook y Salter, 2008).

Así en los últimos años, tanto en Perú como en otros países sudamericanos como Ecuador, Argentina, Bolivia y Colombia, se han venido realizando estudios e investigaciones sobre métodos y alternativas para rehabilitación y mantenimiento de vías terciarias y de bajos volúmenes de tránsito, que permitan un uso y aprovechamiento de recursos naturales y nuevos materiales a menores costos, de forma que se logre un equilibrio económico, técnico y ambiental; llegando a proponer soluciones que favorezcan el desarrollo de las regiones donde se aplican tales soluciones en forma sostenible. En general, todos los países utilizan técnicas de mejoramiento de caminos de BVT que se han empleado tradicionalmente en diferentes partes del mundo con efectividad, incluyendo las estabilizaciones con cemento o cal, y los tratamientos superficiales bituminosos (CAF, 2010).

En respuesta a este problema, es que actualmente, gracias a la aparición de nuevas tecnologías, se puede habilitar caminos de buena transitabilidad a bajo costo por un periodo de vida determinado, en proyectos denominados Servicio de Gestión y Conservación Vial por Niveles de Servicio de Corredores Viales lo que viene a ser una buena primera solución, para fomentar el incremento del tránsito hacia estas zonas. Una de estas nuevas tecnologías es la elaboración de bases estabilizadas con algún tipo de agente aglomerante, ya sea químico o de otra índole, que comparadas al clásico sistema de construcción de carreteras con bases y sub bases, resulta óptima y rentable en el caso ya mencionado (Atarama, 2015).

La estabilización de suelos es el procedimiento realizado para hacer más estable a un suelo para lo cual, por lo general, se siguen dos procesos; el primero y el que siempre acompaña a todas las estabilizaciones, consiste en aumentar la densidad y por ende la resistencia de un suelo (CBR), compactándola mecánicamente (Gutiérrez, 2010).

Andrews y Duffy (2008), afirman que los estabilizadores tradicionales como la cal y el cemento, requieren largos tiempos de curado y cantidades considerables de aditivos a un costo significativo por lo que estabilizadores no tradicionales como los polímeros, ha ganado mayor atención, ya que es potencialmente más eficaz en campo

debido a que el polímero posee mayor trabajabilidad con los suelos estabilizados durante el proceso constructivo y sostenible, es decir, mantiene los niveles de servicio de los caminos tratados a lo largo del tiempo, comparados con los convencionales.

Georges (2014), En su investigación "Mejora del rendimiento de un pavimento con materiales granulares utilizando un aditivo a base de poliacrilamida", menciona el uso de los materiales no tradicionales como los polímeros que se realizaron en Australia, específicamente el tipo de polímero PAM. En su investigación, concluye que utilizando el estabilizador PAM en suelos provenientes de Australia, incrementa la máxima densidad seca, incrementa la resistencia a la compresión no confinada, incrementa el CBR en especímenes de suelos no saturados y adicional a los parámetros mencionados, reduce la permeabilidad de los suelos tratados con PAM en comparación a los suelos sin estabilizar.

Los factores más posibles que podrán afectar el aspecto de durabilidad en las vías son muy diversos, especialmente en las vías no pavimentadas como son los afirmados, y su importancia mayor cambia según características de materiales que se utilicen, es por eso que es necesario mejorar las características físicas y mecánicas de los mismos para obtener mejores resultados de durabilidad y serviciabilidad de las vías (Atarama, 2015).

Los polímeros para ser utilizados en estabilización de suelos son más eficaces y de mayor trabajabilidad en comparación con los estabilizantes convencionales, tal es el caso del polímero tipo Mega Soil, polímero en polvo seco granulado de color verde claro, utilizado como ligante no iónico el cual aglomera y cohesiona las partículas del suelo confiriéndole al mismo una mayor resistencia. Se mantiene estable a través de ciclos secos y húmedos, reduce el deterioro de la plataforma y la base, sub base y sub rasantes de las vías; además de aumentar la capacidad de soporte del suelo (CBR), incrementa ligeramente la densidad y reduce la expansión por humedad, se puede utilizar en suelos tanto plásticos como no plásticos, en suelos naturales desde gravas limpias hasta suelos orgánicos altamente expansivos (BITUPER SAC, 2018).

Debido a la necesidad de mejorar las características de los materiales para afirmados y por ende mejorar la capacidad de soporte del suelo (CBR), se planteó realizar esta

investigación con la finalidad de determinar la influencia de la adición del polímero MEGA SOIL en el CBR del material de cantera para afirmados como alternativa de estabilización de suelos con un polímero de dispersión con el propósito de obtener un mejor comportamiento del afirmado.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de tres porcentajes (2%, 4%, y 6 %) del polímero Megasoil en el CBR del material de cantera para afirmados?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de tres porcentajes (2%, 4%, 6%) del polímero Megasoil en el CBR del material de cantera para afirmados.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Clasificar un suelo mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y AASHTO que cumpla con las características para un afirmado convencional.
- Determinar las características físicas, mecánicas del material para afirmado de la cantera.
- Determinar el índice California Bearing Ratio (CBR) del material de cantera para afirmado tanto como para la muestra patrón como para las dosificaciones de 2%, 4% y 6% de polímero Megasoil.



## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La influencia del polímero Megasoil en los porcentajes 2%, 4% y 6% en el material de cantera para afirmados, aumentara el CBR en 10%, 20% y 30% respectivamente.

**Tabla N° 2 Operacionalización de Variables.**

Nombre	Problema	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Instrumento
“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS”	¿Cuál es la influencia en el CBR del material de cantera para afirmado al adicionar los porcentajes de 2%, 4%, 6% del polímero MEGASOIL?	La influencia del polímero Megasoil en los porcentajes 2%, 4% y 6% en el material de cantera para afirmados, aumentara el CBR en 10%, 20% y 30% respectivamente.	Material de afirmado con adición del polímero Megasoil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido de Humedad MTC E 108 – 2013.</li> <li>• Análisis Granulométrico MTC E 107 - 2013.</li> <li>• Límite Líquido MTC E 110 - 2013.</li> <li>• Límite Plástico MTC E 111 - 2013.</li> <li>• Índice de Plasticidad.</li> <li>• Clasificación SUCS - AASHTO.</li> <li>• Ensayo de Proctor Modificado MTC E 115 - 2013.</li> </ul>	<p>Porcentaje de humedad.</p> <p>Distribución del tamaño de partícula.</p> <p>Límite entre el estado líquido.</p> <p>Límite entre el estado plástico.</p> <p>Clasificación del suelo.</p> <p>Compactación del suelo.</p>	<p>%</p> <p>%</p> <p>N°</p> <p>N°</p> <p>SUCS AASHTO</p> <p>%</p>	<p>Horno de secado, balanza.</p> <p>Horno de secado, balanzas, juego de tamices.</p> <p>Copa de Casagrande, horno de secado, tamiz N° 40, balanza, placa de vidrio esmerilado, enrasador.</p> <p>Tablas SUCS, AASHTO</p> <p>Balanza, molde 6 pulg, pisón manual, probeta graduada</p>
			CBR del material para afirmado con adición del polímero Megasoil 2%, 4%, 6%.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayo de CBR (California Bearing Ratio) MTC E 132 - 2013.</li> </ul>	Capacidad de resistencia del suelo.	kgf/cm <sup>2</sup>	Balanza, molde 6 pulg, pisón manual, probeta graduada, prensa de compresión, diales, tamices N° 4, N° ¾ ,

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

De tipo experimental, en donde la variable independiente serán los porcentajes (2%, 4% y 6%) y la variable dependiente será la medición de la capacidad portante del suelo (CBR) y sus propiedades físicas y mecánicas.

### 2.2. Población y muestra

**2.2.1 Unidad de Estudio:** Material de cantera para afirmado con adición de polímero Megasoil para obtener su CBR.

**2.2.2 Población:** Los especímenes en estudio son un total de 12.

**Tabla N° 3 Población de Especímenes de Estudio**

Ensayos	Especímenes por ensayo
Muestra Patrón	3
Adición 2% de Megasoil	3
Adición 4% de Megasoil	3
Adición 6% de Megasoil	3
Total	12

**2.2.3 Muestra:** De acuerdo a la NTP 339.175 en la cual se menciona que se utiliza tres especímenes de material de cantera para afirmado sin adición del polímero para encontrar su CBR como muestra patrón y se harán tres especímenes por cada adición de 2%, 4%, y 6% de polímero Mega Soil.

### 2.3. Materiales, instrumentos y métodos

El material a utilizar para el presente estudio es un material para afirmado de la cantera Bazán el cual será sometido a diferentes ensayos de laboratorio para medir sus propiedades físicas, mecánicas y obtener su CBR.

**Ubicación de la Cantera:**

### Ubicación Política

País : Perú.  
Departamento : Cajamarca  
Provincia : Cajamarca  
Distrito : Cajamarca

### Ubicación Geográfica

Coordenadas:

**Tabla N° 4 Coordenadas de Ubicación de Cantera**

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
A	773340.45	9210610.73	2701
B	773340.13	9210606.65	2705
C	773340.00	9210566.00	2706
D	773356.51	9210527.37	2709
E	773347.72	9210401.31	2708
F	773424.32	9210458.50	2702
G	773406.29	9210537.44	2701

**Figura N° 2 Ubicación de la Cantera**



Fuente: Google Maps.

### 2.3.1. Megasoil

Estabilizador de suelos compuesto por polímeros cohesionadores, los cuales actúan con las partículas del suelo aumentando la capacidad de soporte, reduciendo la expansión por humedad y reduciendo la permeabilidad.

**Rango de Aplicación:** en suelos plásticos como no plásticos. Se puede aplicar a suelos naturales, desde gravas limpias hasta suelos orgánicos altamente expansivos.

**Descripción General:** polímero en polvo seco soluble en agua envasado en botellas de plástico con contenido neto de 2Kg.

**Propiedades Físicas:**

- Consistencia: polvo granulado concentrado
- Color: verde claro.
- Olor: sin olor.
- Gravedad Específica: de 0.8 a 1.
- pH: en solución presenta pH neutro.

**Características Medioambientales:** no tóxico, químicamente inerte, no inflamable, producto no peligroso.

**Comportamiento:** ligante no iónico en su estado sólido y iónico en solución con las sales propias del agua de compactación y suelos. Aglomera y cohesiona las partículas del suelo confiriéndole al mismo una mayor resistencia. Se mantiene estable a través de ciclos secos y húmedos.

Reduce el deterioro de la plataforma y la base, sub base y sub rasantes de las vías.

**Efecto:** aumenta la capacidad del soporte del suelo (CBR), reduce permeabilidad, incrementa ligeramente la densidad y reduce la expansión por humedad.

**Rendimiento:** según especificaciones técnicas estabiliza 25 m<sup>3</sup> de material suelto seco con 1 Kg de estabilizador (una botella plástica de 2 Kg estabiliza 50 m<sup>3</sup> de suelo suelto seco).

### 2.3.2. Instrumentos

Cuando se utiliza procedimientos que implican la extracción, el análisis y el ensayo de muestras representativas el ingeniero puede calcular un modelo muy cercano a la situación real, todo esto es posible debido a la existencia de los distintos instrumentos usados para el análisis y estudios de los suelos en los diferentes laboratorios, de los cuales en la presente tesis se utilizaron los siguientes instrumentos:

**Tamices (Figura N° 3):** utilizados para el análisis granulométrico, este instrumento sirve para determinar el tamaño de las partículas del agregado. Los trece tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 200 (0.075 mm) hasta 3" (75.00 mm).

**Ensayo:** Granulometría.

**Norma:** ASTM C33

**Figura N° 3 Tamices**



**Copa Casagrande para (L.L)** (Figura N° 4): consiste una taza (cuchara) de bronce de  $200\pm 20$ grs, montada en un dispositivo de apoyo fijado a una base de caucho.

### **Ensayo**

Determinar el límite líquido y plástico de los suelos.

**Fabricado con la Norma:** NTC- 4630, ASTM D- 431

**Balanza:** de una precisión de 0.01gr (Figura N° 5).

**Horno:** de secado con circulación de aire y temperatura regulable (Figura N° 6).

**Fuentes metálicas** (Figura N° 7).

**Plato de mezcla o capsula de porcelana** (Figura N° 8).

**Tamiz N° 40** (Figura N° 9).

**Tara** (Figura N° 10).

**Placa de Vidrio para el límite plástico** (Figura N° 11).



(Figura N° 4 Copla de Casagrande)



(Figura N° 5 Balanza)



(Figura N° 6 Horno)



(Figura N° 7 Bandeja)



(Figura N° 8 Capsula de Porcelana)

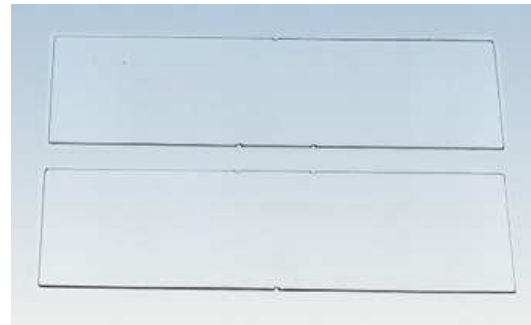


(Figura N° 9 Tamiz N° 40)





(Figura N° 10 Taras)

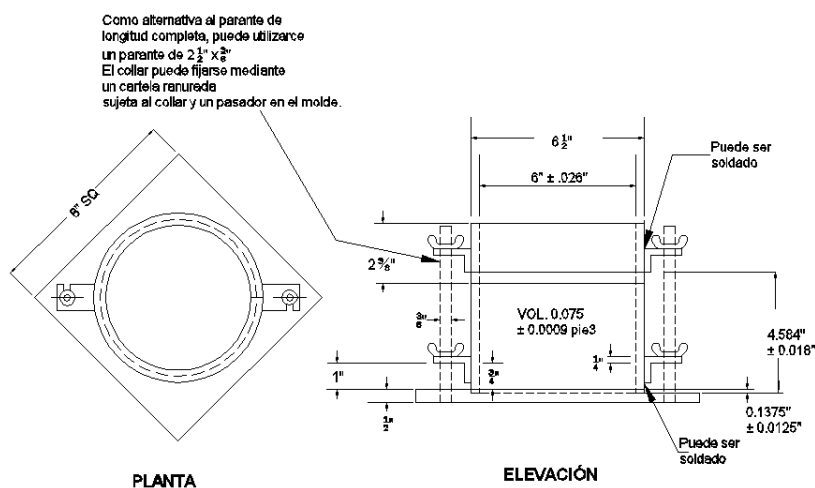


(Figura N° 11 Vidrio)

**Molde para Ensayo de Proctor de 6 Pulgadas:** un molde que tenga en promedio  $152,4 \pm 0,7$  mm ( $6,000 \pm 0,026$  pulg) de diámetro interior, una altura de:  $116,4 \pm 0,5$  mm ( $4,584 \pm 0,018$  pulg) y un volumen de  $2\,124 \pm 25$  cm<sup>3</sup> ( $0,075 \pm 0,0009$  pie<sup>3</sup>).

Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig 11.

**Figura N° 12 Molde Proctor Modificado**



**Pisón ó Martillo:** un pisón operado manualmente, el pisón debe caer libremente a una distancia de  $457,2 \pm 1,6$  mm ( $18 \pm 0,05$  pulg) de la superficie de espécimen.

La masa del pisón será  $4,54 \pm 0,01$  kg ( $10 \pm 0,02$  lb-m), salvo que la masa pisón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D2168.

**Figura N° 13 Pison o Martillo**



**Balanza:** una balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D 4753, para una aproximación de 1 gramo.

**Horno de Secado:** con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C a través de la cámara de secado.

**Regla:** una regla recta metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm (10 pulgadas). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de  $\pm 0,1$  mm ( $\pm 0,005$  pulg). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 3 mm (1/8 pulg).

**Tamices ó Mallas:** de 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulg), 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg) y 4,75mm (N° 4), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11.

**Herramientas de Mezcla:** diversas herramientas tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La investigación a través de ensayos experimentales realizados en laboratorio trata de determinar si es posible incrementar las características físicas - mecánicas de los materiales para afirmados, especialmente si se incrementa la capacidad de soporte del suelo (CBR). Se planteó realizar los ensayos pertinentes con la finalidad de determinar la influencia de la adición del polímero MEGA SOIL en el CBR del material de cantera para afirmados, como una alternativa de solución para estabilizar los suelos.

Se hizo un control de calidad de cada ensayo realizado, siendo supervisados por el personal calificado del laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte, con el fin de obtener datos más confiables.

Las técnicas e instrumentos utilizados para esta investigación fueron la observación, notas de campo y laboratorio, así se realizó la identificación de la cantera denominada Basan ubicada a la altura del grifo 3M en el trayecto de la carretera Cajamarca – Bambamarca, se recolectó el material de dos puntos extremos de la misma para luego depositar una cantidad considerable en un solo lugar, pasando a realizar el cuarteo de la muestra total y elegimos dos partes de cada diagonal del cuarteo, siendo esta la muestra final para ser llevada al laboratorio.

En laboratorio se observó y se tomó nota de cada uno de los ensayos realizados conforme a las Normas Técnicas Peruanas (NTP), luego se procesaron todos los datos obtenidos en las anotaciones logrando así los resultados planteados en la investigación. Para lograr el resultado final de la investigación se realizaron los siguientes ensayos:

### 2.4.1 Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado

Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200).

Referencias Normativas:

ASTM D 422 Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.

EM-MTC E 107-2016

NTP 339.128 (ASTM D 422)

**Tabla N° 5 Tamaño de Abertura de Tamices**

<u>TAMICES</u>	<u>ABERTURA (mm)</u>
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅜"	9,500
N° 4	4,760
N° 10	2,000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,260
N° 140	0,106
N° 200	0,075

Fuente: EM - MTC – 2016

### **Cálculos:**

Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100 \dots\dots(1)$$

Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100 \dots\dots(2)$$

Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado} \dots\dots(3)$$

Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100 \dots\dots(4)$$

Dónde:  $W$  = Peso de suelo secado al aire.

$W_1$  = Peso de suelo secado en el horno.

#### **2.4.2 Contenido de Humedad**

Este Modo Operativo establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo, la humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110 \pm 5$  °C. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua.

#### **Referencias Normativas**

ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

EM-MTC E 108-2016

NTP 339.127 (ASTM D 2216)

La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a lo siguiente:

**Tabla N° 6: Cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado.**

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0,1\%$	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$
2 mm o menos	2,00 mm (N° 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (N° 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

Fuente: EM - MTC – 2016

Cálculos:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100 \dots\dots(5)$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \dots\dots(6)$$

En donde:

W = es el contenido de humedad, (%)

Mcws = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

Mcs = es el peso del contenedor más el suelo seco en horno, en gramos

Mc = es el peso del contenedor, en gramos

Mw = es el peso del agua, en gramos

Ms = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

### **2.4.3 Límites de Atterberg**

El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte. EM-MTC E 110-2016

#### **2.4.3.1 Limite Líquido**

El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo.

#### **Referencias Normativas**

NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

#### **Cálculos**

Representar la relación entre el contenido de humedad,  $W_n$ , y el número de golpes correspondientes,  $N$ , de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.

Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo. El método gráfico puede sustituir

los métodos de ajuste para encontrar una línea recta con los datos, para encontrar el límite líquido. (EM-MTC E 111-2016).

Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0,121} \dots\dots(7)$$

o

$$LL = k W^n \dots\dots(8)$$

Donde:

N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad,

Wn = Contenido de humedad del suelo,

K = Factor dado en la tabla A.1

**Tabla N° 7: A-1 Factor K**

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Fuente: EM - MTC – 2016



### 2.4.3.2 Limite Plástico

Es la determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo.

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen

#### Referencias Normativas

ASTM D 4316

NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

#### Cálculos:

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones.

Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \dots\dots\dots(9)$$

### 2.4.3.3 Cálculos de Índice de Plasticidad

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P = L.L. - L.P \dots\dots(10)$$

donde:

L.L. = Límite Líquido.

L.P. = Límite Plástico.

L.L. y L.P., son números enteros.

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

### 2.4.4 Clasificación de Suelos AASTHO y SUCS

#### 2.4.4.1 Sistema de Clasificación AASTHO

El Departamento de Caminos Públicos de USA (Bureau of Public Roads) introdujo uno de los primeros sistemas de clasificación, para evaluar los suelos sobre los cuales se construían las carreteras Posteriormente en 1945 fue modificado y desde entonces se le conoce como sistema AASHTO y recientemente AASHTO.

El sistema describe un procedimiento para clasificar suelos en grupos, basado en las determinaciones de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada grupo se hace mediante un "índice de grupo".

**Tabla N° 8: Sistema de Clasificación AASHTO**

Clasific. General	Suelos Granulares ( $\leq 35\%$ pasa 0,08 mm)						Suelos Finos ( $> 35\%$ Bajo 0,08 mm)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5** A-7-6**
2 mm	$\leq 50$										
0,5 mm	$\leq 30$	$\leq 50$	$\geq 51$								
0,08 mm	$\leq 15$	$\leq 25$	$\leq 10$	$\leq 35$				36			
$W_L$				$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$
IP	$\leq 6$		NP	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
** A-7-5: $IP \leq (W_L - 30)$						** A-7-6: $IP > (W_L - 30)$					
Si el suelo es NP $\rightarrow IG = 0$ ; Si $IG < 0 \rightarrow IG = 0$											

Fuente: EM - MTC – 2016

#### 2.4.4.2 Sistema de Clasificación SUCS

Este sistema de clasificación se ha extendido en cooperación con la Oficina de mejoramiento de terrenos (Reclamation) de los Estados Unidos, y se denomina actualmente Sistema de clasificación unifica

Está basado en la identificación de los suelos según sus cualidades estructurales y de plasticidad, y su agrupación con relación a su comportamiento como materiales de construcción en ingeniería. La base de la clasificación de suelos está en las siguientes propiedades:

1. Porcentaje de grava, arena y finos (fracción que pasa por el tamiz N° 200)
2. Forma de la curva de distribución granulométrica.
3. Características de plasticidad y compresibilidad.

Se establecen fracciones de suelos: Cantos rodados, gravas, arena y finos (limo o arcilla). Los límites de demarcación entre las diversas fracciones y aspectos descriptivos, simbología, descripciones y criterios de clasificación

de laboratorio, se dan en la Tabla I: Sistema Unificado de Clasificación de suelos, que se incluye.

Los suelos se separan en tres divisiones:

1. Suelos de grano grueso.
2. Suelos de grano fino.
3. Suelos altamente orgánicos.

Los suelos de grano grueso son aquellos que contienen 50 por ciento o menos de material más pequeño que la malla del tamiz N° 200, y suelos de grano fino son aquellos que contienen más del 50 por ciento de material más pequeño que el tamiz N° 200.

Los suelos altamente orgánicos pueden identificarse generalmente por inspección visual.

Los suelos de grano se dividen en gravas (G) y arenas (S). Las gravas son aquellos suelos de grano grueso que tienen un porcentaje mayor de la fracción gruesa (la que no pasa por el tamiz N° 200) retenida en el tamiz N° 4, y las arenas son aquellos que su porción mayor para por el tamiz N° 4. Tanto las gravas (G), como las arenas (S), se dividen en cuatro grupos secundarios, GW, GP, GM y GC y SW, SP, SM y SC, respectivamente, según la cantidad y tipo de los finos y la forma de la curva granulométrica.

Tabla N° 9 Sistema de Clasificación SUCS

DIVISION MAYOR		GRUPO SIMBOLOS	DESCRIPCION	CRITERIO DE CLASIFICACION DEL LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO Mas de la mitad del material es mayor que el tamiz N° 200	GRAVAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	GRAVA LIMPIA (Poco o ningún Finos)	GW	Grava bien graduado o mezcla de arena y grava. Poco o ningunos finos .	<p>Determinar el porcentaje de arena y grava de la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción menor que el tamiz N° 200), los suelos de grano grueso y de grano fino se clasifican así:</p> <p>Menos del 5% ----- GW, GP, SW, SP                  Más del 12% ----- GM, GC, SM, SC,                  5% Al 12% ----- caso limite usar los dos simbolos **</p>		
		GRAVA CON FINAS (Apreciable cantidad de finos)	GP	Grava mal graduado o mezcla de grava y arena. Poco o ningunos finos		$C_u = \frac{D_{60 \text{ mayor que } 4}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_3)^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$	
			GM	d u			Grava con finos, grava mal graduado muy limoso. Mezcla grava, arena y arcilla.
			GC	Mezcla bien graduado de grava, arena y arcilla. Excelente aglutinante.		No reúne los requisitos de granulometría para GW	
	ARENAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 20)	ARENA LIMPIA (Poco o ningún finos)	SW	Arena bien graduada y arena gravillosa. Poco o ningunos finos.		$C_u = \frac{D_{60 \text{ mayor que } 6}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$	
			SP	Arena mal graduado Arena gravillosa. Poco o ningunos finos.			Limites de Atterberg bajo la línea "A" o I.P. menor de 4
		ARENA CON FINOS (Apreciable cantidad de finos)	SM	d u		Arena con finos. Area muy limoso. Mal graduado mezcla arena y arcilla	Caso de estar sobre la línea "A" con I.P. entre 4 y 7; estamos en un caso "limite", y usarse los dos simbolos
			SC	Mezcla bien graduado arena y arcilla. Excelente aglutinante		Limites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. mayor 7	
		SUELOS DE GRANO FINO Mas de la mitad del material es menor que el tamiz N° 200	LIMO Y ARCILLA (Limite liquido es menor de 50)	ML		Limos Inorgánico y arena muy fina. Polvo roca. Arena fino con ligera plasticidad.	No reúne los requisitos de granulometría para SW Limites de Atterberg la línea "A" o I.P. menor de 4 Las líneas trazadas en la zona rayada con I.P. entre 4 y 7 son casos limite y deben usarse los dos simbolos.
				CL		Arcilla Inorgánica de baja o medias plasticidad. Arcilla arenosa. Arcilla gravillosa. Arcilla limosa. Arcilla floja	
OL	Limos. Orgánico. Limos – arcilla orgánico de baja plasticidad.						
LIMO Y ARCILLA (Limite liquido es menor de 50)	MH		Limos inorgánicos, arena fina micáceo o diamatáceo o suelo limoso, suelo elástico				
	CH		Arcilla inorgánica de alta plasticidad. Arcillas grasas				
Suelos altamente orgánico	OH		Arcilla orgánica de media o alta plasticidad				
	Pt.		Turba (pect) y otros materiales altamente orgánicos.				

#### **2.4.5 Ensayo de Compactación Próctor Modificado**

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 o 152,4 mm (4 o 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad ( $w_o$ ) y el Peso Unitario Seco máximo ( $\gamma_{dm\acute{a}x}$ ) mediante un ensayo de compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado ( $w_o$ ), sea del lado húmedo o seco del óptimo ( $w_o$ ) ó al óptimo ( $w_o$ ) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ( $\gamma_{dm\acute{a}x}$ ). La selección del contenido de agua ( $w$ ), sea del lado húmedo o seco del óptimo ( $w_o$ ) ó al óptimo ( $w_o$ ), y el Peso Unitario Seco ( $\gamma_{dm\acute{a}x}$ ) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

#### **REFERENCIAS NORMATIVAS**

NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ((2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

## CÁLCULOS

En base a la curva de compactación se determina el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo con las siguientes ecuaciones:

**Peso Unitario Seco.** - Calcular la densidad húmeda (ecuación 1), la densidad seca (ecuación 2) y luego el Peso Unitario Seco (ecuación 3) como sigue:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \quad \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

- $\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)
- $M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)
- $M_{md}$  = Masa del molde de compactación (kg)
- $V$  = Volumen del molde de compactación (m<sup>3</sup>)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

- $\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)
- $w$  = contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{ lbf/pie}^3 \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{ kN/m}^3$$

Donde:

- $\gamma_d$  = peso unitario seco del espécimen compactado.

En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad \dots\dots(14)$$

Donde:

- $W_{sat}$  = Contenido de agua para una saturación completa (%).
- $\gamma_w$  = Peso unitario del agua 9,807kN/m<sup>3</sup> ó (62,43 lbf/ pie<sup>3</sup>).
- $\gamma_d$  = Peso unitario seco del suelo.
- $G_s$  = Gravedad específica del suelo.

#### 2.4.6 Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.

#### REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

#### CALCULOS

Humedad de compactación. El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100 \quad \dots\dots\dots(15)$$

Donde:

- H = Humedad prefijada
- h = Humedad natural



Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón.

Las características de la muestra patrón son las siguientes:

**Tabla N° 10 Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR).**

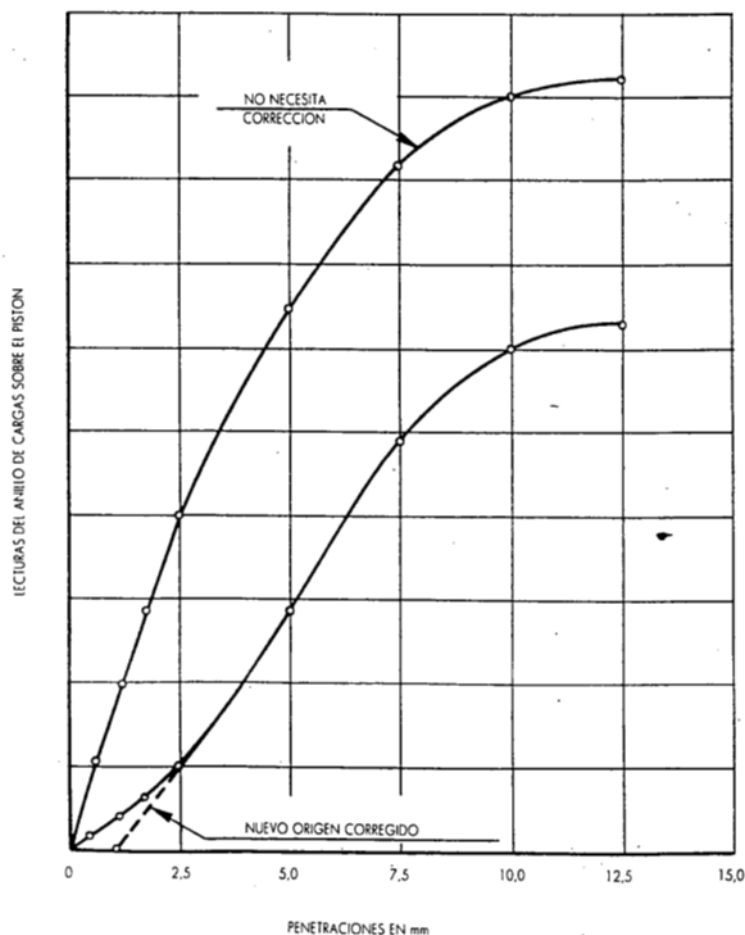
Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Para calcular el índice CBR se procede como sigue:

- a) Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.
- b) De la curva corregida tómanse los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1000lb/plg<sup>2</sup>) y 10,3 MPa (1500 lb/plg<sup>2</sup>) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración. Cuando la relación a 5,08 mm (0,2") de penetración resulta ser mayor, se repite el

ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2") de penetración.

**Figura N° 14: Curva para cálculo de índice CBR**



Estos ensayos proporcionaran los datos necesarios para poder establecer si el polímero Megasoil influye en el CBR del material de cantera para afirmados.

## 2.5. Procedimiento

### 2.5.1 Procedimiento General

En el desarrollo de la tesis se determinó la capacidad portante (CBR) en un material de cantera para afirmado con diferentes adiciones de porcentajes (2%, 4% y 6%), del polímero Megasoil partiendo de una muestra patrón sin polímero.

El material de cantera para afirmado utilizado fue obtenido de la cantera Bazán carretera a Bambamarca altura del kilómetro 3.5, el cual fue trasladado hasta las instalaciones del laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Cajamarca para obtener su granulometría y límites de consistencia para su clasificación.

Después de haber clasificado el suelo mediante SUCS Y AASTHO a través de los ensayos de granulometría, contenido de humedad y los Límites de Attenberg. Se procedió a realizar los ensayos de Proctor Modificado para la muestra patrón y para las adiciones de los porcentajes (2%, 4% y 6%) del polímero Megasoil, para así poder obtener el contenido óptimo de humedad para cada una de las muestras señaladas.

Con los contenidos óptimos de humedad se procedió a realizar el ensayo de capacidad portante (CBR) de la muestra patrón y de la muestra con dosificaciones de 2%, 4% y 6%.

### **2.5.2 Extracción de la muestra.**

La extracción de la muestra se realizó de manera manual de la cantera Bazán ubicada a la altura del Km 3.5 carretera a Bambamarca propiedad de los hermanos Bazán.

### **2.5.3 Ensayo de contenido de humedad.**

Se procedió a realizar el ensayo de contenido de humedad de la muestra patrón de acuerdo al manual de ensayos de materiales del MTC E-108, la NTP 339.12. El ensayo de contenido de humedad se lo realizó de una muestra inalterada de aproximadamente 500 gr, obtenida de un banco de afirmado de la cantera Bazán la cual se trasladó al laboratorio de la Universidad Privada del Norte donde se determinó el contenido de humedad.

#### **2.5.4 Ensayo de análisis granulométrico**

El ensayo de análisis granulométrico se realizó solamente de la muestra patrón, tomando como guía el manual de ensayos de materiales del MTC E- 107, el cual consiste en el tamizado de la muestra.

Inicialmente se procedió al secado la muestra y después a tamizar por los diferentes tamices para poder obtener los porcentajes acumulados y con estos graficar la curva granulométrica en escala semilogarítmica.

#### **2.5.5 Ensayo de límite líquido y límite plástico.**

Este ensayo se lo realizó a la muestra patrón y también a las muestras con adición de (2%, 4%, 6%) del polímero Megasoil, de acuerdo a la norma NTP 339.129, y al ensayo de materiales del MTC E - 110 y E – 111.

#### **2.5.6 Límite líquido**

Para este ensayo se requiere material de muestra pasante por el tamiz N° 40, posteriormente en una capsula de porcelana se mezcla la muestra de suelo con agua con una espátula hasta obtener una pasta uniforme, luego se coloca esta pasta en la copa de Casagrande con ayuda de la espátula (aproximada de 1 cm), y se la uniformiza y con ayuda del acanalador se realiza una ranura en el centro de manera que la muestra se encuentra dividida en dos partes.

Después se eleva y se deja caer la copa de Casagrande con la manivela hasta que la ranura cierre por efecto de los golpes se registra el número de golpes,  $N$ , necesario para cerrar la ranura. Determinar el contenido de humedad,  $W_n$ , del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127. Los pesos iniciales deben determinarse inmediatamente después de terminar el ensayo. Si el ensayo se interrumpe por más de 15 minutos, el espécimen ya obtenido debe pesarse en el momento de la interrupción.

### 2.5.7 Límite plástico.

Para este ensayo también se lo realiza con material pasante por la malla N° 40, a la cual se le agrega agua y se empieza a moldear la mitad de la muestra en forma de elipsoide y a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa (vidrio grueso esmerilado), con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros. Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

Se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.

### 2.5.8 Clasificación SUCS

La clasificación del suelo se realizó solo a la muestra patrón con ayuda de los ensayos de granulometría, límite líquido, límite plástico para poder dar clasificación a la muestra con ayuda de la tabla de clasificación SUCS.

Los suelos de grano se dividen en gravas (G) y arenas (S). Las gravas son aquellos suelos de grano grueso que tienen un porcentaje mayor de la fracción gruesa (la que no pasa por el tamiz N° 200) retenida en el tamiz N° 4, y las arenas son aquellos que su porción mayor para por el tamiz N° 4. Tanto las gravas (G), como las arenas (S), se dividen en cuatro grupos secundarios, GW, GP, GM y GC y SW, SP, SM y SC, respectivamente, según la cantidad y tipo de los finos y la forma de la curva granulométrica.

### **2.5.9 Clasificación AASHTO.**

Para poder realizar esta clasificación en las instalaciones del laboratorio de la Universidad Privada del Norte se determinaron los ensayos de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada grupo se hace mediante un "índice de grupo", se informa en números enteros y si es negativo se informa igual a "0". El valor del índice de grupo debe ir siempre en paréntesis después del símbolo del grupo, como: A-2-6 (3); A-7-5 (17), etc. Cuando el suelo es NP o cuando el límite no puede ser determinado, el índice de grupo debe considerarse (0).

Si un suelo es altamente orgánico (turba) puede ser clasificado como A-8 sólo con una verificación visual, sin considerar el porcentaje bajo 0,08 mm, límite líquido e índice de plasticidad. Generalmente es de color oscuro, fibroso y olor putrefacto y fuerte.

### **2.5.10 Procedimiento de incorporación del polímero Megasoil.**

El procedimiento para la incorporación del polímero Megasoil en el suelo, se procede a preparar 3 muestras de agregado seco de 6 kg cada una, luego se incorpora la cantidad de 0.02 gr de Megasoil por kilogramo de agregado seco (0.12 gr dosificación al 2%, 0.24 gr al 4% y 0.36 gr al 6%), luego se le añade el porcentaje de agua encontrado en el proctor modificado, mezclándolo homogéneamente, luego se deja reposar de 2 a 3 horas (curado), en una bolsa plástica hermética para que la muestra no pierda humedad.

Para realizar el ensayo de Proctor Modificado (humedad vs densidad), se procede a preparar las muestras de acuerdo a las siguientes normas: MTC E-115, ASTM D 1557, AASHTO T 180.

Se procede a realizar el mismo procedimiento variando las cantidades de agua de 2%, 4%, 6%, 8% y así sucesivamente hasta llegar a su óptimo contenido de humedad (OCH). Habiendo obtenido todos los contenidos óptimos de humedad se procedió a realizar el ensayo de la capacidad portante (CBR).

Se prepara 3 muestras de agregado seco de 6 kg cada una, luego se incorpora la cantidad de 0.02 gr de Mega Soil por kilogramo de agregado seco (0.12 gr dosificación al 2%, 0.24 gr al 4% y 0.36 gr al 6%), luego se le añade el porcentaje de agua encontrado en el próctor modificado, mezclándolo homogéneamente, luego se deja reposar de 2 a 3 horas (curado), en una bolsa plástica hermética para que la muestra no pierda humedad.

Seguidamente se divide la muestra en 5 partes iguales y se procede a compactar cada una de las partes en el molde CBR, aplicando 56 golpes por capa (cada capa está compuesta por una de las 5 partes), siendo el total 5 capas con 56 golpes cada una. Se procede de igual manera con otro molde, pero aplicando 25 golpes por capa y por último se compacta un tercer molde aplicando 12 golpes por capa del material de cantera para afirmado, tanto para la muestra patrón como a la de las adiciones del polímero Megasoil, para poder hacer las mediciones en laboratorio.

#### **2.5.11 Procedimiento de Proctor Modificado.**

Para este procedimiento se utilizó el manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (EM-2016).

Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado en nuestro caso se utilizó el método C. Determinar y anotar su masa con aproximación a 1 gramo. Ensamblar el molde, base y collar de

extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.

Se preparó mínimo cinco especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, añadiendo al cálculo agua y mezcla. Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación del peso seco.

Se compacto el espécimen en cinco capas. Para los diferentes tipos (12 golpes, 25 golpes, 56 golpes). Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o cortado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde.

Se determinó y registro la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.



Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 g del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método ensayo NTP 339.127.

Luego se encontró el contenido de agua, (w), peso unitario seco, densidad húmeda (ecuación 1), la densidad seca (ecuación 2) y luego el Peso Unitario Seco (ecuación 3) como sigue con las siguientes ecuaciones:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

- $\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)
- $M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)
- $M_{md}$  = Masa del molde de compactación (kg)
- $V$  = Volumen del molde de compactación (m<sup>3</sup>)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

- $\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)
- $w$  = contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{lbf/pe}^3$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{kN/m}^3$$

Donde:

- $\gamma_d$  = peso unitario seco del espécimen compactado

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

- $W_{sat}$  = Contenido de agua para una saturación completa (%).
- $\gamma_w$  = Peso unitario del agua 9,807kN/m<sup>3</sup> ó (62,43 lbf/ pie<sup>3</sup>).
- $\gamma_d$  = Peso unitario seco del suelo.
- $G_s$  = Gravedad específica del suelo.

### 2.5.12 Procedimiento del Ensayo CBR.

Se preparó la muestra, así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 6 kg por cada molde CBR. Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz.

Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación Proctor elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas. Se utilizó tres moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima, con diferentes humedades y con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base y se pesa.

El espécimen se lleva a sumergir por 96 horas (4 días), se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108.

Después del periodo de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en

su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada.

Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración.

Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con  $\pm 2,27$  kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra, Llévese el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añade el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde. Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

TABLA N° 11 Penetración

Milímetros	Pulgadas
0,63	0,025
1,27	0,050
1,90	0,075
2,54	0,100
3,17	0,125
3,81	0,150
5,08	0,200
7,62	0,300
10,16	0,400
12,70	0,500

Fuente: EM - MTC – 2016

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### 3.1 Contenido de humedad de la muestra.

Se determinó en laboratorio de la Universidad Privada del Norte que el contenido de humedad promedio de la muestra de la cantera de los Hermanos Bazán es de: 5.4 %.

#### 3.2 Análisis granulométrico.

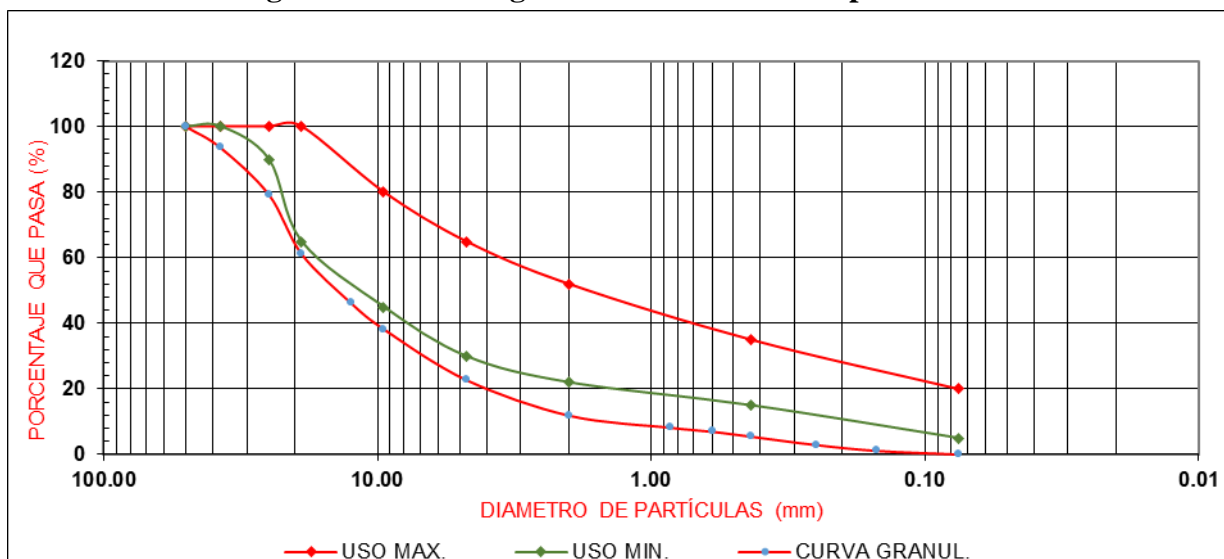
Como se muestra en la tabla los porcentajes pasantes y retenidos en los tamices los cuales son utilizados para graficar la curva granulométrica.

**Tabla N°12 Resultado de ensayo de análisis granulométrico por tamizado.**

TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)
(pulg)	(mm)				
2 ½"	51.35	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.5	336.00	7.02	7.02	92.98
1"	25	753.00	15.73	22.75	77.25
¾"	19	955.00	9.61	32.36	67.64
½"	12.5	794.00	16.59	48.95	51.05
3/8"	9.5	419.00	8.75	57.70	42.30
N° 4	4.75	816.00	17.05	74.74	25.26
N°10	2	574.00	11.99	86.73	13.27
N° 20	0.85	196.00	4.09	90.83	9.17
N° 30	0.6	64.00	1.34	92.17	7.83
N° 40	0.425	81.00	1.69	93.86	6.14
N° 60	0.25	133.00	2.78	96.64	3.36
N° 100	0.15	94.00	1.96	98.60	1.40
N° 200	0.075	60.00	1.25	99.85	0.15
Bandeja		7.00	0.15	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura N°15 Curva granulométrica muestra patrón.**



Fuente: Elaboración propia, 2019

### 3.3 Resultados limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad.

**Tabla N°13 Resultado del ensayo de limite líquido.**

<i>Determinación del Límite Líquido (LL)</i>	
<b>Límite Líquido (LL) (%)</b>	<b>18.00</b>

Fuente: Elaboración propia, 2019

**Tabla N°14 Resultado del ensayo de limite plástico.**

<i>Determinación del Límite Plástico (LP)</i>	
<b>Límite Plástico (LP) (%)</b>	<b>NP</b>

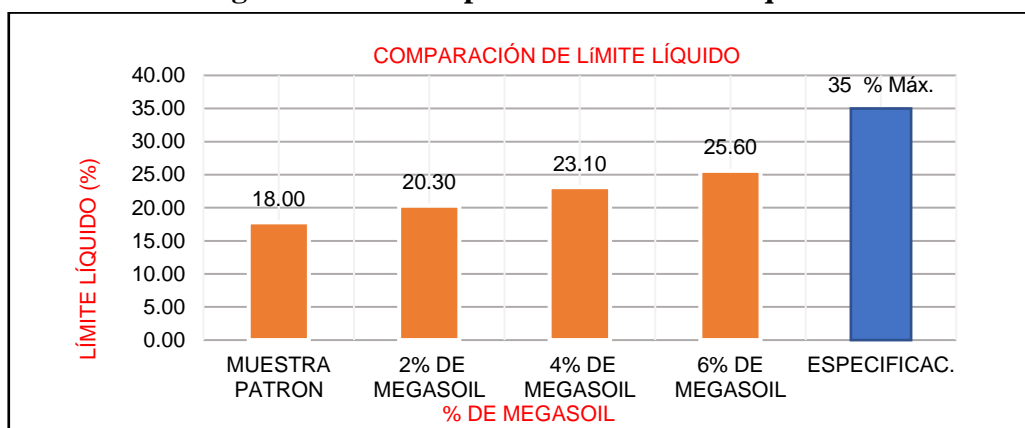
Fuente: Elaboración propia, 2019

**Tabla N° 15.- Cuadro comparativo de los ensayos de Límites de Atterberg**

ENSAYOS		MUESTRA PATRON	2% DE MEGASOIL	4% DE MEGASOIL	6% DE MEGASOIL	ESPECIFICAC.
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>	Límite Líquido (%)	18.40	20.30	23.10	25.60	35 % Máx.
	Límite Plástico (%)	NP	NP	NP	NP	
	Índice de Plasticidad (%)	NP	NP	NP	NP	4 % Min.

Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura N° 16: Comparativo de Limite Líquido.**



Fuente: Elaboración propia, 2019

### 3.4 Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

Después de obtener los resultados de análisis granulométrico y límites de Atterberg, se procede a realizar la clasificación del suelo utilizando la carta de plasticidad en donde se obtuvo la siguiente clasificación del suelo: es un material de baja plasticidad clasificado como GW (grava bien graduada o mezcla de arena y grava, pocos o ningunos finos) según el sistema de clasificación SUCS.

### 3.5 Clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Una vez hecha la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el límite plástico, la evaluación de los suelos dentro de cada grupo se realiza por medio de un índice de grupo, que es un valor calculado a partir de una ecuación empírica con la cual se obtuvo el siguiente suelo según la clasificación AASHTO, se encuentra dentro del grupo A-1-a (0) que corresponde a un suelo resultante de la mezcla de grava, arena y poco o nada de material fino.



### 3.6 Adición del polímero Megasoil en el suelo para afirmado.

Para realizar la incorporación del polímero Megasoil, se realizó una regla de tres simple donde se encontró la cantidad de polímero a agregar para los diferentes porcentajes (2%, 4% y 6%), así se obtuvo que para el 2% se adicione 0.12 gr. de Megasoil, para el 4% 0.24 gr de Megasoil y para el 6% 0.36 gr de Megasoil.

### 3.7 Ensayo Proctor Modificado y CBR.

Culminado los ensayos de laboratorio se procedió a realizar el procesamiento de datos, para la muestra patrón y las diferentes adiciones del polímero Megasoil (2%, 4% y 6%) por lo cual se realizó un cuadro comparativo de los resultados del proctor para las diferentes muestras y se obtuvo los siguientes resultados:

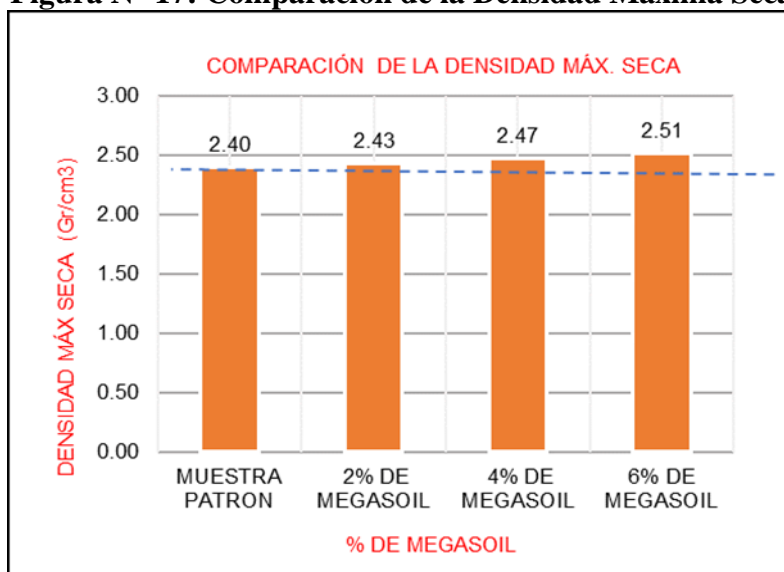
**Tabla N° 16.- Cuadro Comparativo de los ensayos de próctor modificado y CBR**

ENSAYOS		MUESTRA PATRON	2% DE MEGASOIL	4% DE MEGASOIL	6% DE MEGASOIL	ESPECIFICAC.
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	Densidad máx. Seca Gr/cm <sup>3</sup> )	2.40	2.43	2.47	2.51	
	O.C.H. (%)	5.00	6.05	6.50	7.30	
<b>CBR</b>	CBR al 100 % a 0.1" (%)	72.00	86.00	98.00	105.00	40 % Min.
	CBR al 100 % a 0.2" (%)	106.00	115.00	136.00	148.00	

Fuente: Elaboración propia, 2019

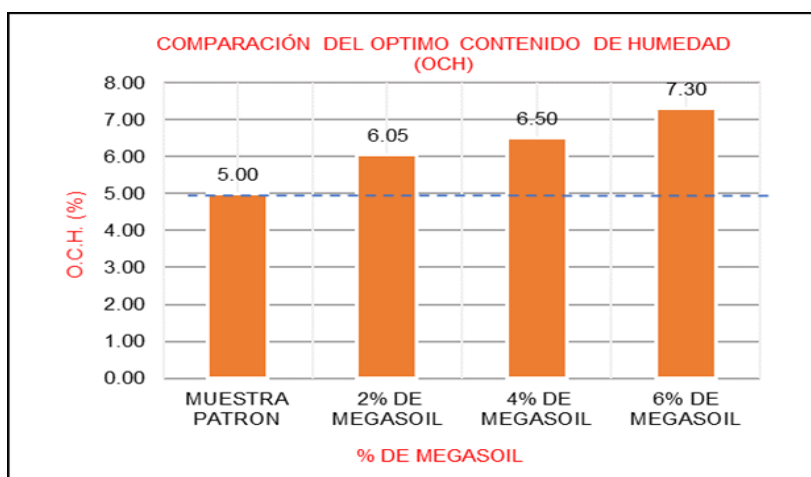
Como se observa en la tabla con respecto a la muestra patrón, la densidad máxima seca va aumentando con relación a la proporción de la adición del polímero Megasoil, y el CBR también aumenta proporcionando un CBR óptimo, de lo siguientes datos se obtuvo los siguientes gráficos comparativos:

**Figura N° 17: Comparación de la Densidad Máxima Seca.**



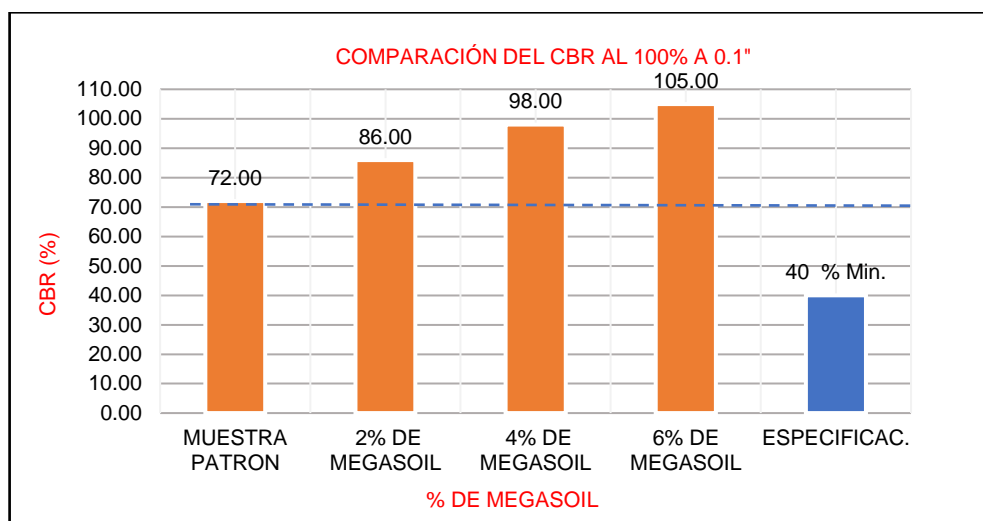
Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura N° 18: Comparación del Optimo Contenido de Humedad.**



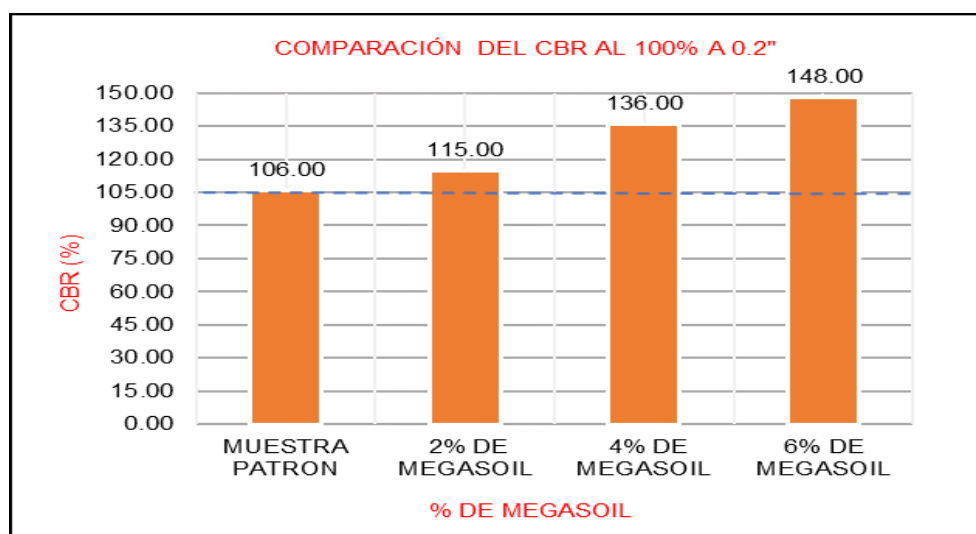
Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura N° 19: Comparación del CBR al 0.1".**



Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura N° 20: Comparación del CBR al 0.2".**



Fuente: Elaboración propia, 2019

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

#### 4.1.1 Límites de Atterberg.

De acuerdo a la tabla N°15: Cuadro comparativo de los ensayos de límites de atterberg realizados se obtuvo que el límite líquido, se incrementa a medida que aumenta la cantidad del polímero Megasoil.

Como se observa en la figura N° 16 al incrementar el porcentaje del estabilizante Megasoil produce una relación directamente proporcional en el límite líquido, según los resultados obtenidos que indican que el límite líquido para la muestra patrón es de 18.40%, con la adición de 2% de polímero Megasoil incrementa el límite líquido a 20.30%, adicionando 4% de polímero Megasoil el límite líquido aumenta a 23.10% y para la adición de 6% de polímero Megasoil el límite líquido se incrementa a 25.60%.

Esta tendencia es semejante a la informada por. Palomino Terán Karen E, (2016), en su tesis Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador Maxxseal 100, al incrementar el porcentaje del estabilizador Maxxseal 100, en el límite líquido se genera una relación directamente proporcional; de 45% sin aditivo a 51% con la incorporación de 6% del estabilizador Maxxseal 100.

#### 4.1.2 Próctor modificado

Con este ensayo se obtuvo la densidad seca máxima, así como también el óptimo contenido de humedad, que según la tabla N° 16: Cuadro comparativo de los ensayos de próctor modificado y CBR presentan un leve incremento a medida que va aumentando la adición del estabilizador Megasoil, y en la figura N° 17 teniendo una densidad seca máxima de 2.40gr/cm<sup>3</sup> para la muestra sin aditivo; al adicionar 2% de polímero Megasoil se obtuvo la densidad seca máxima de 2.43gr/cm<sup>3</sup>; con 4% de adición de polímero Megasoil la densidad seca máxima incrementa a 2.47gr/cm<sup>3</sup>; y para 6% de adición de polímero aumenta a 2.51gr/cm<sup>3</sup>, comparado con la investigación de, Palomino Terán Karen E, (2016), en su tesis Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador Maxxseal 100, la

densidad máxima seca presenta una ligera disminución de 1.75 gr/cm<sup>3</sup> sin aditivo a 1.705 gr/cm<sup>3</sup> con la incorporación de 6% del estabilizador Maxxseal 100 y el contenido óptimo de humedad presenta una disminución de 18.12 % sin aditivo a 15.04 % con la incorporación de 6% del estabilizador Maxxseal 100.

Al igual que la densidad seca máxima el óptimo contenido de humedad se incrementa como se puede evidenciar en la figura N° 18, así se tiene 5.00% para el suelo sin aditivo a 6.05% para la adición de 2%, 6.50% con la adición de 4% y 7.30% al adicionar 6% de polímero Megasoil.

#### **4.1.3 California Bearing Ratio (CBR)**

Según los resultados obtenidos en la tabla N° 16: Cuadro comparativo de los ensayos de próctor modificado y CBR, se puede apreciar que el valor de CBR aumenta considerablemente con respecto a la muestra patrón (sin aditivo), por lo cual estos resultados también contrastan lo expuesto en la hipótesis, que la capacidad portante CBR del material de cantera para afirmados se incrementa al adicionar un mayor porcentaje de polímero Megasoil.

De acuerdo a lo obtenido en este ensayo se puede afirmar que, al incrementar el porcentaje de adición de polímero Megasoil a un material de cantera para afirmados, este presenta una relación directamente proporcional con el CBR según la figura N° 19; teniendo un CBR de la D.S.M. a 0.1" de penetración de 72% para la muestra patrón, el cual se incrementa a 86% para la adición de 2%, a 98% con adición de 4% y a 105% para la adición de 6% de polímero Megasoil; por lo que el material de cantera ha pasado a ser de una base buena a una base muy buena.

La tendencia del CBR es semejante a la informada por Rivera León, C.; Medina Sánchez, M. en su tesis, Influencia de la incorporación de cuatro niveles (1%, 2%, 3% y 4%) de cloruro de calcio en la resistencia mecánica de un material para afirmado. Pero en menor proporción ya que en su investigación encuentran los siguientes valores para la muestra patrón se obtuvo un CBR al 0.1" de 74%, adicionando 1%,2%,3%,4% se obtuvo 103%, 105%, 142%, 150% respectivamente. Como se puede observar con el 4% llega a un aumento del CBR de hasta 200%.

## 4.2 Conclusiones

- 4.2.1** Se puede contrastar la hipótesis planteada en la investigación, puesto que al adicionar un mayor porcentaje del polímero Megasoil a un material de cantera para afirmado incrementa su CBR con respecto a la muestra patrón, al adicionar 2%, 4% y 6% del polímero incrementa el CBR en un 14%, 26% y 33% respectivamente.
- 4.2.2** Se determinó que la adición de tres porcentajes (2%, 4% y 6%) del polímero Megasoil influye positivamente en el CBR del material de cantera para afirmados, gracias a su capacidad de liga la cual aglomera y cohesiona las partículas del suelo incrementando así considerablemente la capacidad portante del suelo en comparación a su estado natural (sin aditivo).
- 4.2.3** El material de cantera para afirmados es un material de baja plasticidad clasificado como (GW) según el sistema de clasificación SUCS, de acuerdo al sistema de clasificación AASHTO se encuentra dentro del grupo A-1-a (0) que corresponde a un suelo resultante de la mezcla de grava, arena y poco o nada de material fino.
- 4.2.4** En cuanto al límite líquido e índice de plasticidad se determinó su variación respecto a los porcentajes de adición de Megasoil (2%,4%,6%), los cuales fueron incrementando al aumentar el % de adición del estabilizante Megasoil, obteniendo de esta manera un límite líquido del material de cantera de 18.40% e índice de plasticidad (IP): NP; adicionando 2% de Megasoil se obtuvo un límite líquido de 20.30% y un IP: NP; al adicionar 4% de Megasoil tenemos un límite líquido de 23.10% y un IP: NP y finalmente adicionando 6% de Megasoil se obtuvo un límite líquido de 25.60% y un IP: NP.
- 4.2.5** La densidad seca máxima del material de cantera para afirmados es directamente proporcional con la adición del polímero Megasoil, a medida que aumenta la dosificación en % de Megasoil esta incrementa; se obtuvo una densidad seca máxima de 2.40gr/cm<sup>3</sup> para el suelo natural; al adicionar 2% de polímero Megasoil se obtuvo la densidad seca máxima de 2.43gr/cm<sup>3</sup>; con 4% de adición de polímero Megasoil la densidad seca máxima es 2.47gr/cm<sup>3</sup>; y para 6% de adición de polímero se tiene una densidad seca máxima de 2.51gr/cm<sup>3</sup>.

**4.2.6** La capacidad portante CBR de un material de cantera para afirmados incrementa a medida que aumenta el % de adición del polímero Megasoil; se obtuvo los siguientes valores para un CBR de la D.S.M. a 0.1" de penetración de 72% para la muestra patrón, un CBR de 86% para la adición de 2% de Megasoil, CBR de 98% con adición de 4% de Megasoil y CBR de 105% para la adición de 6% de polímero Megasoil.

## REFERENCIAS

1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Ensayos de Materiales*. Editorial limus.
2. Badillo, E.J. (2008). *Mecánica de Suelos*. México. Limusa S.A.
3. Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. México. Limusa.
4. Fratelli, M.G. (1993). *Suelos, fundaciones y muros*. Venezuela: Print book.
5. Rivera León, C.; Medina Sánchez, M. Influencia de la incorporación de cuatro niveles (1%, 2%, 3% y 4%) de cloruro de calcio en la resistencia mecánica de un material para afirmado. (Tesis de Título). Universidad Privada del Norte.
6. Braja M, D. (1998). *Principles of geotechnical engineering*. (4. Ed.). España: ITP.
7. Crespo Villalaz, C. (2012). *Problemas resueltos de mecánica de suelos y de cimentaciones*. México: Limusa.
8. Andrews, R & Duffy., P (2008). Estabilización de polímeros y gestión del mejor valor de las redes de carreteras sin sellar, *Road & Transport Research: A Journal of Australian and New Zealand Research and Practice*, vol. 17, no. 3, p. 59.
9. Romel, Georges, Rayya A, Hassan. Robert, Evans & Piratheepan, Jegatheesan (2016). Mejora del rendimiento de un pavimento con materiales granulares utilizando un aditivo a base de poliacrilamida.
10. CAF. (2010). *Soluciones e innovaciones tecnológicas de mejoramiento de vías de bajo tránsito*. Serie informes sectoriales. Infraestructura.
11. Atamara-Mondragón, E. (2015). *Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo proes* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Perú.




12. Gutiérrez, C. A. (2010). Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio. Lima: Universidad Ricardo Palma.
13. Petts, R., Cook, J. y Salter, D. (2008). Cuestiones claves de gestión para caminos rurales de bajo volumen en países en desarrollo. Incotals South.
14. Palomino Terán Karen E, (2016). Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador Maxxseal 100

## ANEXOS



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	Megasoil®
<b>DISTRIBUIDOR</b>	Bitúmenes del Perú S.A.C. (Bituper S.A.C.).
<b>USO</b>	Estabilizador de suelos
<b>RANGO DE APLICACIÓN</b>	De uso en suelos tanto plásticos como no plásticos. Se puede aplicar a suelos naturales, desde gravas limpias hasta suelos orgánicos altamente expansivos.
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>	Polímero cohesionador en polvo granular, envasado en botellas de plástico con contenido neto de 2 kg.
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	<p><b>Consistencia:</b> Polvo granulado concentrado.</p> <p><b>Color:</b> Verde claro.</p> <p><b>Olor:</b> Sin olor u olor leve.</p> <p><b>Gravedad específica:</b> De 0,8 a 1.</p> <p><b>pH:</b> En solución presenta pH neutro.</p>
<b>CARACTERÍSTICAS MEDIOAMBIENTALES</b>	No tóxico, químicamente inerte, no inflamable. Producto no peligroso.
<b>COMPORTAMIENTO</b>	Ligante no-iónico en su estado sólido y iónico en solución con las sales propias del agua de compactación y suelos. Aglomera y cohesionan las partículas del suelo confiriéndole al mismo una mayor resistencia. Se mantiene estable a través de ciclos secos y húmedos. Reduce el deterioro de la plataforma y la base, sub base y sub rasantes de las vías.
<b>EFECTO</b>	Aumenta la capacidad del soporte del suelo (CBR), reduce la plasticidad y permeabilidad, incrementa ligeramente la densidad y reduce la expansión por humedad.
<b>RENDIMIENTO</b>	Se estabilizan 25 m <sup>3</sup> de material suelto seco con 1 kg de estabilizador (una botella plástica de 2 kg estabiliza 50 m <sup>3</sup> de suelo suelto seco).
<b>MODO DE EMPLEO</b>	Consultar información adicional publicada por el distribuidor.
<b>PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO EN LABORATORIO</b>	Consultar la publicación: "Procedimiento de laboratorio para el uso del estabilizador químico Megasoil®".
<b>DATOS DE SEGURIDAD</b>	Consultar: Ficha de datos de seguridad (FDS-BP-MEGASOIL) publicada por el distribuidor.
<b>VENCIMIENTO</b>	No presenta vencimiento si se mantiene herméticamente cerrado y sin exposición directa de los rayos del sol.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD	CODIGO DEL DOCUMENTO: CH-LC-UPNC:
	NORMA:	MTC E108 / ASTM D2216 / NTP 339.127	
	TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICION DEL POLIMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"	
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado
UBICACIÓN:	Km. 3.5 C. Porcon.	COLOR DE MATERIAL:	Marron Claro
FECHA DE MUESTREO:	21/01/2019	RESPONSABLE:	Juan C. Salazar Arribasplata
FECHA DE ENSAYO:	22/01/2019	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.

Temperatura de Secado

Método

60 °C / 110 °C / Ambiente

Horno 110 ± 5 °C

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara				
B	Peso del Recipiente	gr	158.50	158.50	87.10
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	686.80	687.90	590.20
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	659.10	660.30	565.20
E	Peso del suelo humedo (Ww) C - B	gr	528.30	529.40	503.10
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	500.60	501.80	478.10
W%	Porcentaje de humedad (E-F/ F) *100	%	5.53	5.50	5.23
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	5.42		

$$(W\%) = \frac{Ww}{Ws} \cdot 100$$

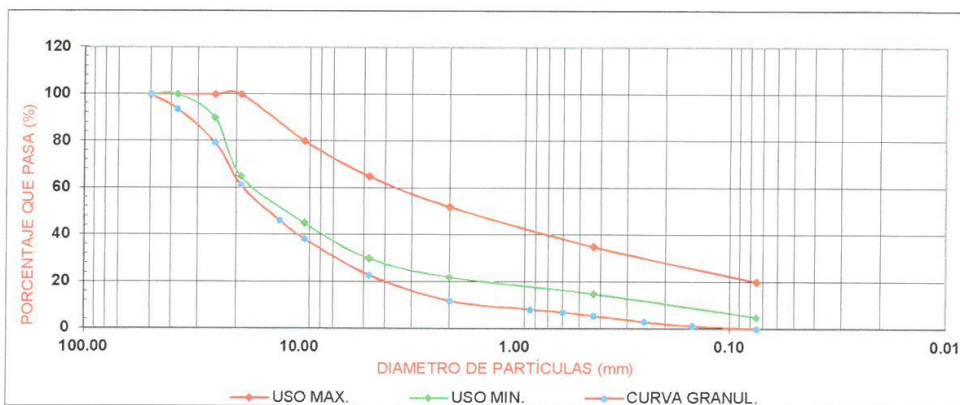
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 22 / 01 / 2019	FECHA: 22 / 01 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO Y FINO	CODIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:
	NORMA:	MTC E 204 / ASTM C136 / NTP 400.012	
	TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"	
CANTERA:	Hns. Bazan	TM:	
UBICACION:	Km. 3.5 C. Porcon	TMN:	3"
FECHA DE ENSAYO:	22/01/2019	HUSO A UTILIZAR	Afirmado
RESPONSABLE:	Juan C. Salazar A.	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.


Peso de la muestra seca; Ws 5282.00 gr

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ESPECIFIC.	
	(pulg)	(mm)						
1	2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
2	1 1/2"	37.50	336.00	6.36	6.36	93.64	100	100
3	1"	25.00	753.00	14.26	20.62	79.38	90	100
4	3/4"	19.00	955.00	18.08	38.70	61.30	65	100
5	1/2"	12.50	794.00	15.03	53.73	46.27		
6	3/8"	9.50	419.00	7.93	61.66	38.34	45	80
7	N° 4	4.75	816.00	15.45	77.11	22.89	30	65
8	N° 10	2.00	574.00	10.87	87.98	12.02	22	52
9	N° 20	0.85	196.00	3.71	91.69	8.31		
10	N° 30	0.60	64.00	1.21	92.90	7.10		
11	N° 40	0.43	81.00	1.53	94.43	5.57	15	35
12	N° 60	0.25	133.00	2.52	96.95	3.05		
13	N° 100	0.15	94.00	1.78	98.73	1.27		
14	N° 200	0.075	60.00	1.14	99.87	0.13	5	20
15	Fondo	0	7.00	0.13	100.00	0.00		
Total			5282.00					



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 22 / 01 / 2019	FECHA: 22 / 01 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019

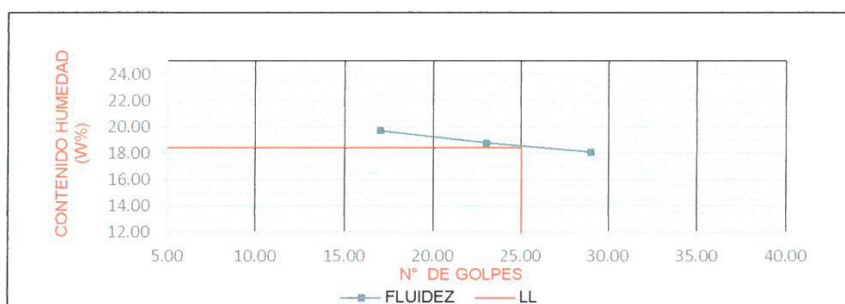
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	PROTOCOLO		
	<b>ENSAYO:</b>	LÍMITES DE PLASTICIDAD	<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>
	<b>NORMA:</b>	MTC E 110 / ASTM D4318 / NTP 339.130 - NTP E111	LP-LC-UPNC:
<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"		
CANTERA:	Hns. Bazan.	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado
UBICACION:	Km. 3.5 C. Porcon.	COLOR DE MATERIAL:	Marron Claro
FECHA DE MUESTRA:	21/10/2019	RESPONSABLE:	Juan C. Salazar A.
FECHA DE ENSAYO:	21/10/2019	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.

**DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)**

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T1	T2	T3
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	47.50	46.50	45.10
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	44.40	43.70	42.60
D	Peso de Recipiente	gr	28.70	28.80	28.80
E	Peso del Agua	gr	3.10	2.80	2.50
F	Peso Suelo Seco	gr	15.70	14.90	13.80
G	Número de Golpes	N	17	23	29
H	Contenido de Humedad	%	19.75	18.79	18.12

**DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)**

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T1	T2	T3
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	NP	NP	NP
C	Suelo Seco + Tara	gr	NP	NP	NP
D	Peso de Tara	gr	NP	NP	NP
E	Peso del Agua	gr	NP	NP	NP
F	Peso Suelo Seco	gr	NP	NP	NP
G	Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP
H	Promedio Límite Plástico	%	NP		

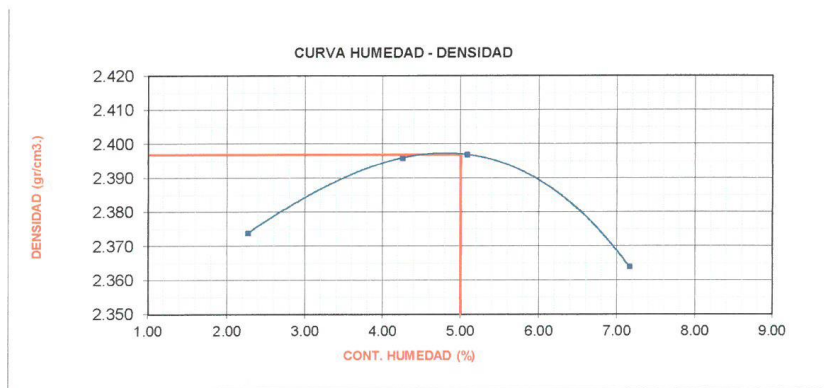


OBSERVACIONES:




RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan Carlos Salazar Arribasplata. FECHA: 21 / 10 / 2019	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan. FECHA: 21 / 10 / 2019	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna. FECHA: 22 / 22 / 2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E 115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		CPM-LS-UPNC:
<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"		
CANTERA:	Hns. Bazan.	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado.
UBICACIÓN:	Km. 3.5 C. Porcon.	COLOR DE MATERIAL:	Marron Claro.
FECHA DE MUESTRA:	21/01/2019	RESPONSABLE:	Juan Carlos Salazar Arribasplata
FECHA DE ENSAYO:	31/01/2019	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4				
A	Peso Molde	gr	6586.00	6586.00	6586.00	6586.00				
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	11350.00	11486.00	11527.00	11556.00				
C	Peso Muestra Húmeda	gr	4764.00	4900.00	4941.00	4970.00				
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	1962.00	1962.00	1962.00	1962.00				
F	Densidad húmeda: Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.428	2.497	2.518	2.533				
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b		
H	Peso Recipiente	gr	24.70	27.30	27.30	27.50	27.60	28.20	27.80	87.20
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	196.40	194.70	194.60	193.90	198.60	198.30	197.50	261.80
K	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	192.60	191.00	187.70	187.20	190.30	190.10	186.30	250.00
L	Peso Muestra Seca	gr	167.90	163.70	160.40	159.70	162.70	161.90	158.50	162.80
M	Contenido de Humedad W%	%	2.26	2.26	4.30	4.20	5.10	5.06	7.07	7.25
N	Promedio Contenido de humedad Optimo	%	2.262	4.249	5.083	7.157				
O	Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.374	2.396	2.397	2.364				



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 31 / 01 / 2019	FECHA: 31 / 01 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (MUESTRA PATRON)	CODIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS-UPNC:
	NORMA:	MTC E 132 / ASTM D188	
	TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"	
CANTERA:	Hns. Bazan.	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado.
UBICACION:	Km. 3.5 C. Porcon.	COLOR DE MATERIAL:	Marron Claro.
FECHA DE MUESTRA:	21/01/2019	RESPONSABLE:	Juan Carlos Salazar Arribasplata.
FECHA DE ENSAYO:	25/02/2019	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.

CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	34.02	1.68	23.87	102.06	5.04	71.62	170.10	8.39	119.37
1.27	0.050	85.05	4.20	59.68	238.14	11.75	167.12	408.23	20.14	286.48
1.91	0.075	95.25	4.70	66.84	595.34	29.37	417.78	816.47	40.28	572.96
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	204.12	<b>10.07</b>	<b>143.24</b>	1003.57	<b>49.51</b>	<b>704.26</b>	1224.70	<b>60.42</b>	<b>859.44</b>
3.18	0.125	459.26	22.66	322.29	1360.78	67.14	954.93	1700.97	83.92	1193.66
3.81	0.150	782.45	38.61	549.09	1700.97	83.92	1193.66	2143.22	105.74	1504.01
4.45	0.175	1207.69	59.59	847.50	1990.14	98.19	1396.59	2789.59	137.63	1957.60
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	1598.91	<b>78.89</b>	<b>1122.04</b>	2211.26	<b>109.10</b>	<b>1551.76</b>	3401.94	<b>167.85</b>	<b>2387.32</b>
6.35	0.250	2075.19	102.39	1456.27	2823.61	139.31	1981.48	3844.20	189.67	2697.68
7.62	0.300	2823.61	139.31	1981.48	3469.98	171.20	2435.07	4320.47	213.16	3031.90
8.89	0.350	3231.85	159.45	2267.96	3912.23	193.02	2745.42	4626.64	228.27	3246.76
10.16	0.400	3469.98	171.20	2435.07	4184.39	206.45	2936.41	4932.82	243.38	3461.62
11.43	0.450	3776.16	186.31	2649.93	4456.55	219.88	3127.40	5170.95	255.13	3628.73
12.70	0.500	4092.54	201.92	2871.95	4830.76	238.34	3390.00	5511.15	271.91	3867.47

ESFUERZO PARA 0.1" Y 0.2"						
MOLDE	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "
Penetracion	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "
Esfuerzo Terreno (Lb/pulg2)	143.24	1122.04	704.26	1551.76	859.44	2387.32
Esfuerzo Patron (Lb/pulg2)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	<b>14.32</b>	<b>74.80</b>	<b>70.43</b>	<b>103.45</b>	<b>85.94</b>	<b>159.15</b>

CBR Y DENSIDAD SECA						
MOLDE	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "
Penetracion	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "
CBR (%)	14.32	74.80	70.43	103.45	85.94	159.15
Ds(gr/cm3)	2.37	2.37	2.39	2.39	2.46	2.46

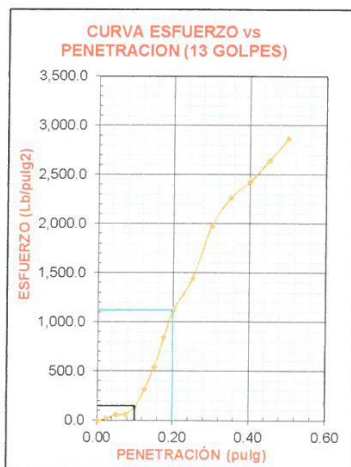
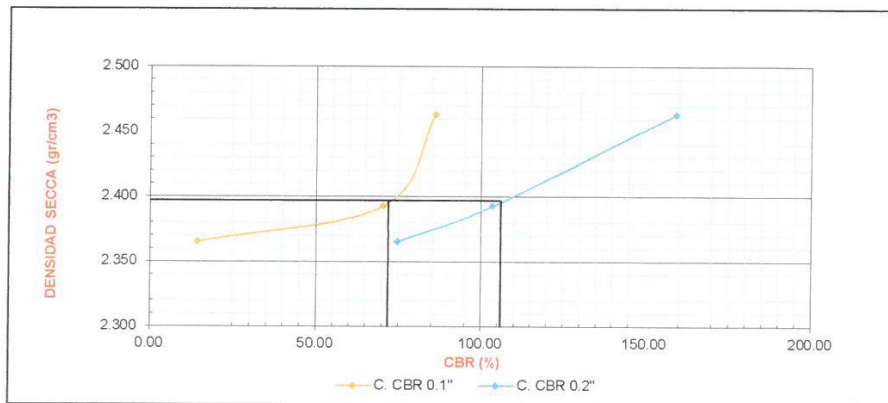
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 25 / 02 / 2019	FECHA: 25 / 02 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019

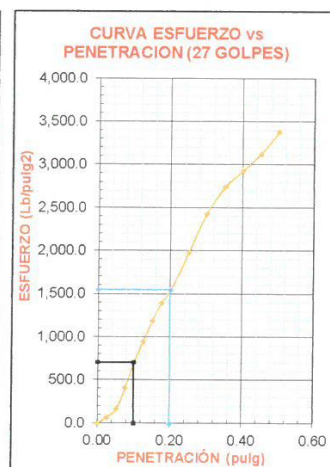


LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E 132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC
<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"		
<b>CANTERA:</b>	Hns. Bazan.	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Afirmado.
<b>UBICACIÓN:</b>	Km. 3.5 C. Porcon.	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marron Claro.
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	21/01/2019	<b>RESPONSABLE:</b>	Juan Carlos Salazar Arribasplata.
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	04/04/2019	<b>REVISADO POR:</b>	Victor Cuzco Minchan.

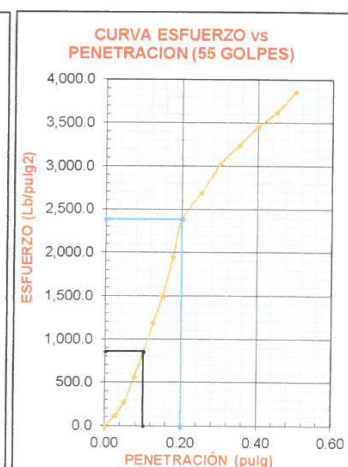
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2.40
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2.28
CBR 0.1" (%)	72.00
CBR 0.2" (%)	106.00



CBR (%) 0.1" 14.32  
CBR (%) 0.2" 74.80





CBR (%) 0.1" 70.43  
CBR (%) 0.2" 103.45



CBR (%) 0.1" 85.94  
CBR (%) 0.2" 159.15

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar A. FECHA: 04 / 04 / 2019	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan. FECHA: 04 / 04 / 2019	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna. FECHA: 09 / 09 / 2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>
	<b>NORMA:</b>	MTC E 132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC
	<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"	
CANTERA:	Hns. Bazan.	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado.
UBICACION:	Km. 3.5 C. Porcon.	COLOR DE MATERIAL:	Marron Claro.
FECHA DE MUESTRA:	21/01/2019	RESPONSABLE:	Juan Carlos Salazar Arribasplata.
FECHA DE ENSAYO:	21/02/2019	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCION	UND	1		2		3				
N° Capas		5		5		5				
N° Golpes por Capa		13		27		55				
Condición de Muestra		Antes	Despues	Antes	Despues	Antes	Despues			
Peso Molde	gr	7250.00	7250.00	7211.00	7211.00	7264.00	7264.00			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12453.00	12530.00	12458.00	12517.00	12667.00	12700.00			
Peso Muestra húmeda	gr	5203.00	5280.00	5247.00	5306.00	5403.00	5436.00			
Volumen Muestra húmeda	cm3	2081.35	2081.35	2083.18	2083.18	2081.35	2081.35			
Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	2.500	2.537	2.519	2.547	2.596	2.612			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	29.50	28.20	28.20	27.20
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	212.10	213.30	212.60	212.60	220.80	115.20	212.40	210.30	105.20
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	202.70	202.80	201.30	203.40	211.10	108.90	203.40	200.60	99.70
Peso del Agua	gr	9.40	10.50	11.30	9.20	9.70	6.30	9.00	9.70	5.50
Peso Muestra Seca	gr	175.10	175.20	173.70	175.80	183.50	79.40	175.20	172.40	72.50
Contenido de Humedad; W%	%	5.37	5.99	6.51	5.23	5.29	7.93	5.14	5.63	7.59
Promedio Contenido de Humedad	%	5.681		6.505	5.260		7.935	5.382		7.586
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm3	2.365	2.382	2.393	2.360	2.463	2.428			

ENSAYO DE INCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
			0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
			0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
			0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
			0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 21 / 02 / 2019	FECHA: 21 / 02 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	ABRASIÓN LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS TAMAÑOS MENORES DE (1 ½") (MUESTRA PATRON)	CODIGO DEL DOCUMENTO: ALA-LC-UPNC:
	NORMA:	MTC E 207 / ASTM C 131 / NTP 400.019	
	TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"	
CANTERA:	Hns. Bazan.	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado.
UBICACION:	Km. 3.5 C Porcon.	COLOR DE MATERIAL:	Marron Claro.
FECHA DE MUESTRA:	21/01/2019	RESPONSABLE:	Juan Carlos Salazar Arribasplata.
FECHA DE ENSAYO:	25/01/2019	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.


GRANULOMETRÍA DE ENSAYO				
GRADACIÓN	"A"	"B"	"C"	"D"
CARGA ABRASIVA (N° de esferas de acero)	12	11	8	6

GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA DE AGREGADO PARA ENSAYO					
Tamiz (pasa)	Tamiz (retiene)	"A" (gr)	"B" (gr)	"C" (gr)	"D" (gr)
1 ½"	1"	1250 ± 25			
1"	¾"	1250 ± 25			
¾"	½"	1250 ± 10	2500 ± 10		
½"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8"	¼"			2500 ± 10	
¼"	N° 4			2500 ± 10	
N° 4	N° 8				5000 ± 10
TOTALES		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Peso muestra total	gr	5000	5000	5000
B	Peso retenido en tamiz N° 12	gr	3017	3040	3000
D	Desgaste a la abrasión Los Angeles $D = (A - B) * 100 / A$	%	39.66	39.20	40.00
Promedio		%	39.62		




OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 25 / 01 / 2019	FECHA: 25/01/2019	FECHA: 09/09/2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>ENSAYO:</b>	GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS	<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b> CH-
	<b>NORMA:</b>	MTC E205 / ASTM C128 / NTP 400.022	<b>LC-UPNC:</b>
	<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLIMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"	
<b>CANTERA:</b>	Hns. Bazan.	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Afirmado.
<b>UBICACION:</b>	Km. 3.5 C. Porcon.	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marron Claro.
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	21/01/2019	<b>RESPONSABLE:</b>	Juan Carlos Salazar Arribasplata.
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	25/01/2019	<b>REVISADO POR:</b>	Victor Cuzco Minchan.

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Peso al aire de la muestra desecada	gr	200	200	200
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua	gr	648.70	648.70	648.70
C	Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	gr	772.00	772.00	772.00
S	Peso de la muestra saturada superficie seca	gr	274.50	274.50	274.50
E	Peso específico aparente (seco)	gr/cm <sup>3</sup>	1.32	1.32	1.32
F	Peso específico aparente (SSS)	gr/cm <sup>3</sup>	1.82	1.82	1.82
G	Peso específico nominal (seco)	gr/cm <sup>3</sup>	2.61	2.61	2.61
H	Absorción	(%)	<b>37.25</b>	<b>37.25</b>	<b>37.25</b>

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 25 / 01 / 2019	FECHA: 25 / 01 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019

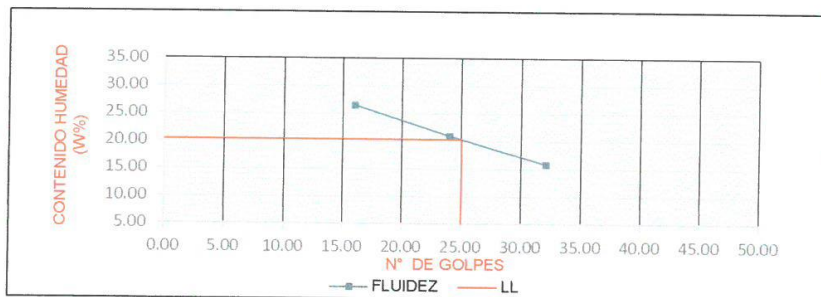
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	LÍMITES DE PLASTICIDAD (2% de Megasoil)		<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E 110 / ASTM D4318 / NTP 339.130 - NTP E111		LP-LC-UPNC:
<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"		
CANTERA:	Hns. Bazan.	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado
UBICACIÓN:	Km. 3.5 C. Porcon.	COLOR DE MATERIAL:	Marron Claro
FECHA DE MUESTRA:	21/01/2019	RESPONSABLE:	Juan C. Salazar A.
FECHA DE ENSAYO:	27/01/20109	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T1	T2	T3
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	175.20	150.10	185.30
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	171.70	146.70	181.50
D	Peso de Recipiente	gr	158.50	130.50	157.60
E	Peso del Agua	gr	3.50	3.40	3.80
F	Peso Suelo Seco	gr	13.20	16.20	23.90
G	Número de Golpes	N	16	24	32
H	Contenido de Humedad	%	26.52	20.99	15.90

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T1	T2	T3
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	NP	NP	NP
C	Suelo Seco + Tara	gr	NP	NP	NP
D	Peso de Tara	gr	NP	NP	NP
E	Peso del Agua	gr	NP	NP	NP
F	Peso Suelo Seco	gr	NP	NP	NP
G	Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP
H	Promedio Límite Plástico	%	NP		

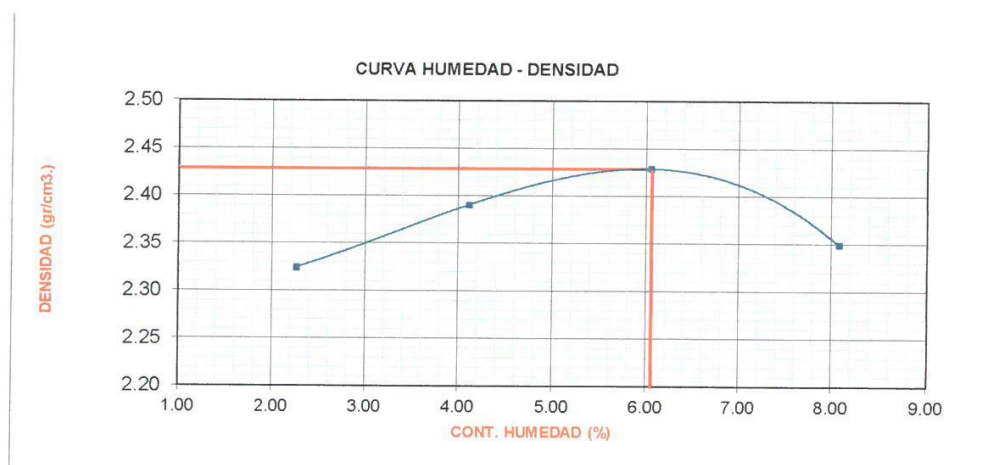


OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan Carlos Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Juan Carlos Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 27 / 02 / 2019	FECHA: 27 / 02 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO (2% de Megasoil)		<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E 115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		CPM-LS-UPNC:
<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"		
CANTERA:	Hns. Bazan.	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado.
UBICACIÓN:	Km. 3.5 C. Porcon.	COLOR DE MATERIAL:	Marron Claro.
FECHA DE MUESTRA:	21/01/2019	RESPONSABLE:	Juan Carlos Salazar Arribasplata
FECHA DE ENSAYO:	28/02/2019	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6586.00		6586.00		6586.00		6586.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	11250.00		11470.00		11640.00		11570.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	4664.00		4884.00		5054.00		4984.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	1962.00		1962.00		1962.00		1962.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.377		2.489		2.576		2.540	
G	Recipiente	Nº								
H	Peso Recipiente	gr	a	b	a	b	a	b	a	b
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	26.10	26.00	25.20	24.30	22.10	24.30	26.20	24.60
K	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	190.10	188.20	175.30	165.20	145.30	164.80	125.60	123.20
L	Peso Muestra Seca	gr	186.70	184.40	169.10	159.90	138.10	157.00	117.90	116.10
M	Peso Muestra Seca	gr	160.60	158.40	143.90	135.60	116.00	132.70	91.70	91.50
M	Contenido de Humedad W%	%	2.12	2.40	4.31	3.91	6.21	5.88	8.40	7.76
N	Promedio Contenido de humedad Optimo	%	2.259		4.109		6.042		8.080	
O	Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.325		2.391		2.429		2.350	



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 28 / 02 / 2019	FECHA: 28 / 02 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (2% de Megasoil)		<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E 132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC:
<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"		
<b>CANTERA:</b>	Hns. Bazan.	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Afirmado.
<b>UBICACION:</b>	Km. 3.5 C. Porcon.	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marron Claro.
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	21/01/2019	<b>RESPONSABLE:</b>	Juan Carlos Salazar Arribasplata.
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	03/03/2019	<b>REVISADO POR:</b>	Victor Cuzco Minchan.





CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg.	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Esfuerzo Lb/pl2	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Esfuerzo Lb/pl2	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Esfuerzo Lb/pl2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	102.06	5.04	71.62	204.12	10.07	143.24	612.35	30.21	429.72
1.27	0.050	374.21	18.46	262.60	510.29	25.18	358.10	952.54	47.00	668.45
1.91	0.075	612.35	30.21	429.72	816.47	40.28	572.96	1292.74	63.78	907.18
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>816.47</b>	<b>40.28</b>	<b>572.96</b>	<b>1224.70</b>	<b>60.42</b>	<b>859.44</b>	<b>1530.87</b>	<b>75.53</b>	<b>1074.29</b>
3.18	0.125	1054.60	52.03	740.07	1598.91	78.89	1122.04	2177.24	107.42	1527.89
3.81	0.150	1292.74	63.78	907.18	1803.03	88.96	1265.28	2891.65	142.67	2029.23
4.45	0.175	1462.84	72.17	1026.55	2279.30	112.46	1599.51	3333.90	164.49	2339.58
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>1939.11</b>	<b>95.67</b>	<b>1360.78</b>	<b>2449.40</b>	<b>120.85</b>	<b>1718.87</b>	<b>3504.00</b>	<b>172.88</b>	<b>2458.94</b>
6.35	0.250	2279.30	112.46	1599.51	2789.59	137.63	1957.60	3980.27	196.38	2793.17
7.62	0.300	2449.40	120.85	1718.87	3095.77	152.74	2172.47	4184.39	206.45	2936.41
8.89	0.350	2619.50	129.24	1838.24	3367.92	166.17	2363.45	4388.51	216.52	3079.65
10.16	0.400	2772.58	136.79	1945.67	3538.02	174.56	2482.82	4558.60	224.91	3199.01
11.43	0.450	2806.60	138.47	1969.54	3776.16	186.31	2649.93	4694.68	231.63	3294.51
12.70	0.500	2959.69	146.03	2076.97	4048.31	199.74	2840.91	4864.78	240.02	3413.88

ESFUERZO PARA 0.1" Y 0.2"						
MOLDE	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
Penetracion	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "
Esfuerzo Terreno (Lb/pulg2)	572.96	1360.78	859.44	1718.87	1074.29	2458.94
Esfuerzo Patron (Lb/pulg2)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	<b>57.30</b>	<b>90.72</b>	<b>85.94</b>	<b>114.59</b>	<b>107.43</b>	<b>163.93</b>

CBR Y DENSIDAD SECA						
MOLDE	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "
CBR (%)	<b>57.30</b>	<b>90.72</b>	<b>85.94</b>	<b>114.59</b>	<b>107.43</b>	<b>163.93</b>
Ds(gr/cm3)	2.36	2.36	2.43	2.43	2.46	2.46

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata. FECHA: 03 / 03 / 2019	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan. FECHA: 03 / 03 / 2019	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna. FECHA: 09 / 09 / 2019

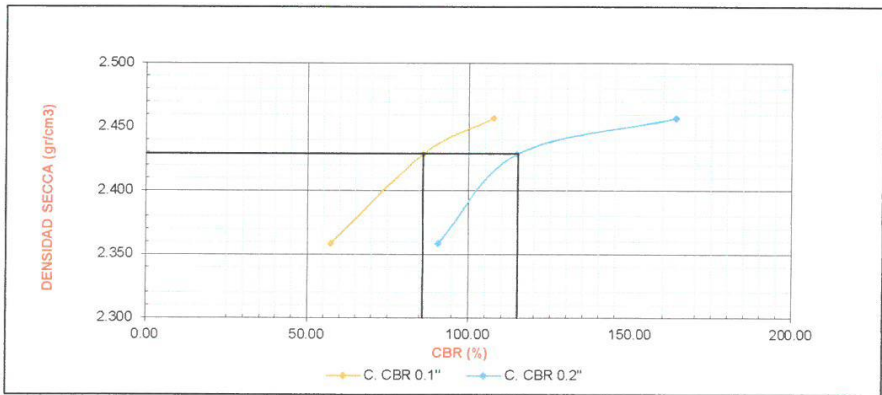
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (2% de Megasoil)				<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>				
	<b>NORMA:</b>	MTC E 132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC.				
	<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"								
<b>CANTERA:</b>	Hns. Bazan.	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>			Afirmado.					
<b>UBICACION:</b>	Km. 3.5 C. Porcon.	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>			Marron Claro.					
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	21/01/2019	<b>RESPONSABLE:</b>			Juan Carlos Salazar Arribasplata.					
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	27/02/2019	<b>REVISADO POR:</b>			Victor Cuzco Minchan.					
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCION	UND	1		2		3				
N° Capas		5		5		5				
N° Golpes por Capa		13		27		55				
<b>Condición de Muestra</b>		<b>Antes</b>	<b>Despues</b>	<b>Antes</b>	<b>Despues</b>	<b>Antes</b>	<b>Despues</b>			
Peso Molde	gr	7250.00	7250.00	7211.00	7211.00	7264.00	7264.00			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12374.00	12516.00	12531.00	12608.00	12632.00	12673.00			
Peso Muestra húmeda	gr	5124.00	5266.00	5320.00	5397.00	5368.00	5409.00			
Volumen Muestra húmeda	cm3	2081.35	2081.35	2083.18	2083.18	2081.35	2081.35			
Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	2.462	2.530	2.554	2.591	2.579	2.599			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
<b>Ensayo</b>	<b>N°</b>	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
Peso Recipiente	gr	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	29.50	28.20	28.20	27.20
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	212.10	215.40	207.30	221.70	217.90	115.20	217.10	216.30	105.20
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	204.40	207.50	196.00	212.30	208.50	109.40	209.70	205.90	99.80
Peso del Agua	gr	7.70	7.90	11.30	9.40	9.40	5.80	7.40	10.40	5.40
Peso Muestra Seca	gr	176.80	179.90	168.40	184.70	180.90	79.90	181.50	177.70	72.60
<b>Contenido de Humedad; W%</b>	%	4.36	4.39	6.71	5.09	5.20	7.26	4.08	5.85	7.44
Promedio Contenido de Humedad	%	4.373		6.710	5.143		7.259	4.965		7.438
<b>Densidad Máxima Seca; Ds</b>	gr/cm3	2.359	2.371		2.429	2.415		2.457	2.419	
ENSAYO DE INCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
			0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
			0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
			0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
			0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
OBSERVACIONES:										
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>			<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>				<b>ASESOR</b>			
										
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.			NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.				NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.			
FECHA: 04 / 03 / 2019			FECHA: 04 / 03 / 2019				FECHA: 09 / 09 / 2019			

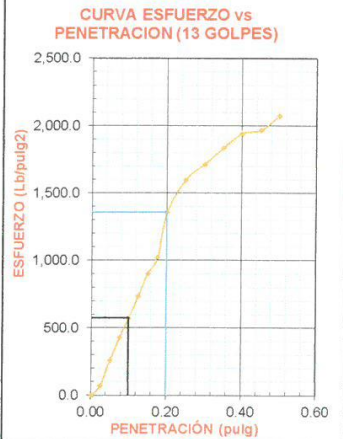
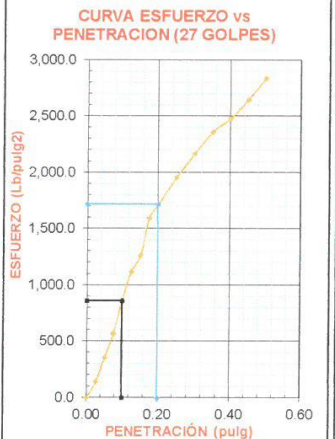
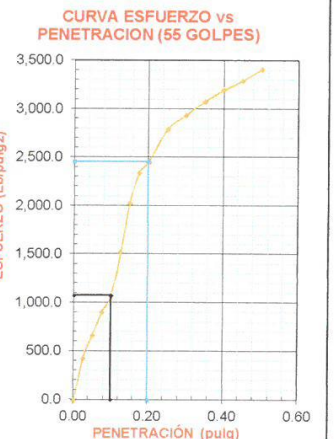


LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (2% de Megasoil)	<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>NORMA:</b>	MTC E 132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:	
<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"		
<b>CANTERA:</b>	Hns. Bazan.	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Afirmado.
<b>UBICACIÓN:</b>	Km. 3.5 C. Porcon.	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marron Claro.
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	21/01/2019	<b>RESPONSABLE:</b>	Juan Carlos Salazar Arribasplata.
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	04/04/2019	<b>REVISADO POR:</b>	Victor Cuzco Minchan.


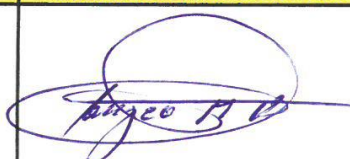

  

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2.43
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2.31
CBR 0.1" (%)	86.00
CBR 0.2" (%)	115.00

CURVA ESFUERZO vs PENETRACION (13 GOLPES)	CURVA ESFUERZO vs PENETRACION (27 GOLPES)	CURVA ESFUERZO vs PENETRACION (55 GOLPES)
		
CBR (%) 0.1" 57.30 CBR (%) 0.2" 90.72	CBR (%) 0.1" 85.94 CBR (%) 0.2" 114.59	CBR (%) 0.1" 107.43 CBR (%) 0.2" 163.93

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar A. FECHA: 04 / 04 / 2019	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan. FECHA: 04 / 04 / 2019	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna. FECHA: 09 / 09 / 2019

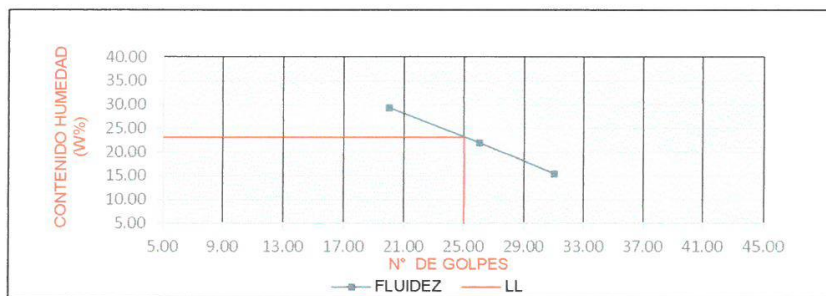
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	LÍMITES DE PLASTICIDAD (4% de Megasoil)		<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E 110 / ASTM D4318 / NTP 339.130 - NTP E111		LP-LC-UPNC:
<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"		
<b>CANTERA:</b>	Hns. Bazan.	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Afirmado
<b>UBICACIÓN:</b>	Km. 3.5 C. Porcon.	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marron Claro
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	21/01/2019	<b>RESPONSABLE:</b>	Juan C. Salazar A.
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	07/03/2019	<b>REVISADO POR:</b>	Victor Cuzco Minchan.

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T1	T2	T3
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	190.20	187.40	188.70
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	182.70	179.80	181.70
D	Peso de Recipiente	gr	157.20	145.30	136.40
E	Peso del Agua	gr	7.50	7.60	7.00
F	Peso Suelo Seco	gr	25.50	34.50	45.30
G	Número de Golpes	N	20	26	31
H	Contenido de Humedad	%	29.41	22.03	15.45

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T1	T2	T3
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	NP	NP	NP
C	Suelo Seco + Tara	gr	NP	NP	NP
D	Peso de Tara	gr	NP	NP	NP
E	Peso del Agua	gr	NP	NP	NP
F	Peso Suelo Seco	gr	NP	NP	NP
G	Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP
H	Promedio Límite Plástico	%	NP		

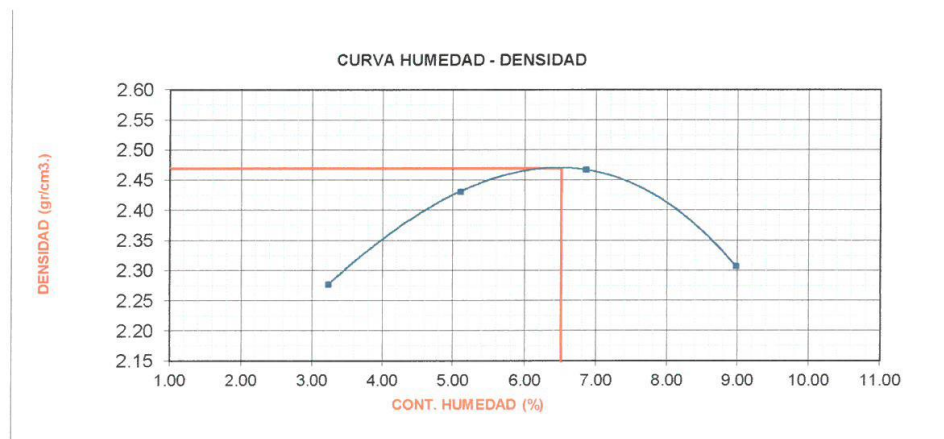


OBSERVACIONES:

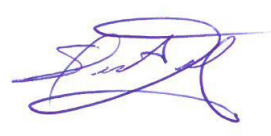

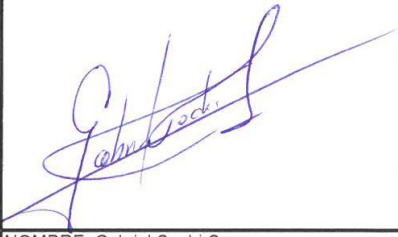
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan Carlos Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 07 / 03 / 2019	FECHA: 07 / 03 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019


LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>ENSAYO:</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO (4% de Megasoil)	<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>
	<b>NORMA:</b>	MTC E 115 / ASTM D1557 / NTP 339.141	CPM-LS-UPNC:
	<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"	
CANTERA:	Hns. Bazan.	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado.
UBICACION:	Km. 3.5 C. Porcon.	COLOR DE MATERIAL:	Marron Claro.
FECHA DE MUESTRA:	21/01/2019	RESPONSABLE:	Juan Carlos Salazar Arribasplata
FECHA DE ENSAYO:	07/03/2019	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6586.00		6586.00		6586.00		6586.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	11200.00		11600.00		11760.00		11520.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	4614.00		5014.00		5174.00		4934.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	1962.00		1962.00		1962.00		1962.00	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.352		2.556		2.637		2.515	
G	Recipiente	N°								
H	Peso Recipiente	gr	24.00	22.00	20.00	21.00	23.00	26.00	22.00	23.00
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	190.30	185.20	176.30	184.20	193.20	191.40	187.20	188.30
K	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	185.20	180.00	169.00	176.00	182.10	181.00	174.00	174.30
L	Peso Muestra Seca	gr	161.20	158.00	149.00	155.00	159.10	155.00	152.00	151.30
M	Contenido de Humedad W%	%	3.16	3.29	4.90	5.29	6.98	6.71	8.68	9.25
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	3.227		5.095		6.843		8.969	
O	Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.278		2.432		2.468		2.308	



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 07 / 03 / 2019	FECHA: 07 / 03 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (4% de Megasoil)	CODIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS-UPNC:
	NORMA:	MTC E 132 / ASTM D188	
	TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"	
CANTERA:	Hns. Bazan.	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado.
UBICACION:	Km. 3,5 C. Porcon.	COLOR DE MATERIAL:	Marron Claro.
FECHA DE MUESTRA:	21/01/2019	RESPONSABLE:	Juan Carlos Salazar Arribasplata.
FECHA DE ENSAYO:	08/03/2019	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.




CARGA - PENETRACION										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	306.17	15.11	214.86	510.29	25.18	358.10	986.56	48.68	692.32
1.27	0.050	408.23	20.14	286.48	816.47	40.28	572.96	1258.72	62.10	883.31
1.91	0.075	714.41	35.25	501.34	1020.58	50.35	716.20	1462.84	72.17	1026.55
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	850.49	<b>41.96</b>	<b>596.83</b>	1190.68	<b>58.75</b>	<b>835.56</b>	1734.99	<b>85.60</b>	<b>1217.54</b>
3.18	0.125	1190.68	58.75	835.56	1598.91	78.89	1122.04	2245.28	110.78	1575.63
3.81	0.150	1462.84	72.17	1026.55	2007.15	99.03	1408.52	2925.67	144.35	2053.10
4.45	0.175	1769.01	87.28	1241.41	2313.32	114.14	1623.38	3367.92	166.17	2363.45
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	2143.22	<b>105.74</b>	<b>1504.01</b>	2551.46	<b>125.88</b>	<b>1790.50</b>	3538.02	<b>174.56</b>	<b>2482.82</b>
6.35	0.250	2415.38	119.17	1695.00	3231.85	159.45	2267.96	3980.27	196.38	2793.17
7.62	0.300	2687.53	132.60	1885.98	3435.96	169.52	2411.20	4184.39	206.45	2936.41
8.89	0.350	2823.61	139.31	1981.48	3878.21	191.34	2721.55	4490.56	221.56	3151.27
10.16	0.400	3129.79	154.42	2196.34	4048.31	199.74	2840.91	4694.68	231.63	3294.51
11.43	0.450	3367.92	166.17	2363.45	4150.37	204.77	2912.54	4796.74	236.66	3366.13
12.70	0.500	3469.98	171.20	2435.07	4184.39	206.45	2936.41	4932.82	243.38	3461.62

ESFUERZO PARA 0.1" Y 0.2"						
MOLDE	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
Penetracion	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "
Esfuerzo Terreno (Lb/pulg <sup>2</sup> )	596.83	1504.01	835.56	1790.50	1217.54	2482.82
Esfuerzo Patron (Lb/pulg <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	<b>59.68</b>	<b>100.27</b>	<b>83.56</b>	<b>119.37</b>	<b>121.75</b>	<b>165.52</b>

CBR Y DENSIDAD SECA						
MOLDE	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "
CBR (%)	<b>59.68</b>	<b>100.27</b>	<b>83.56</b>	<b>119.37</b>	<b>121.75</b>	<b>165.52</b>
Ds(gr/cm <sup>3</sup> )	2.29	2.29	2.44	2.44	2.50	2.50

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 08 / 03 / 2019	FECHA: 08 / 03 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019

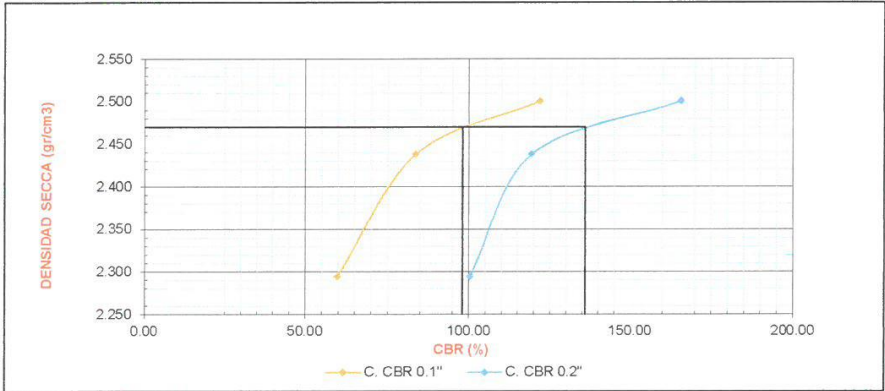
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (4% de Megasoil)				<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>			
<b>NORMA:</b>		MTC E 132 / ASTM D188				CBR-LS-UPNC:			
<b>TESIS:</b>		"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"							
<b>CANTERA:</b>		Hns. Bazan.		<b>TIPO DE MATERIAL:</b>			Afirmado.		
<b>UBICACION:</b>		Km. 3.5 C. Porcon.		<b>COLOR DE MATERIAL:</b>			Marron Claro.		
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>		21/01/2019		<b>RESPONSABLE:</b>			Juan Carlos Salazar Arribasplata.		
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>		04/03/2019		<b>REVISADO POR:</b>			Victor Cuzco Minchan.		
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR									
DESCRIPCION	UND	1		2		3			
N° Capas		5		5		5			
N° Golpes por Capa		13		27		55			
<b>Condición de Muestra</b>		<b>Antes</b>		<b>Despues</b>		<b>Antes</b>		<b>Despues</b>	
Peso Molde	gr	7231.00		7231.00		7235.00		7228.00	
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12250.00		12355.00		12573.00		12633.00	
Peso Muestra húmeda	gr	5019.00		5124.00		5338.00		5398.00	
Volumen Muestra húmeda	cm3	2081.35		2081.35		2083.18		2083.18	
Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	2.411		2.462		2.562		2.591	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		<b>N°</b>		<b>1-A</b>		<b>1-B</b>		<b>1-C</b>	
<b>Ensayo</b>		<b>N°</b>		<b>2-A</b>		<b>2-B</b>		<b>2-C</b>	
<b>3-A</b>		<b>3-B</b>		<b>3-C</b>					
Peso Recipiente	gr	27.60		27.30		27.60		27.80	
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	223.00		218.50		212.60		228.70	
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	214.70		208.10		203.20		219.20	
Peso del Agua	gr	8.30		10.40		9.40		9.50	
Peso Muestra Seca	gr	187.10		180.80		175.60		191.60	
<b>Contenido de Humedad; W%</b>	%	4.44		5.75		5.35		4.96	
Promedio Contenido de Humedad	%	5.094		5.353		5.083		7.663	
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm3	2.295		2.337		2.438		2.407	
<b>ENSAYO DE INCHAMIENTO</b>		<b>MOLDE N° 01</b>		<b>MOLDE N° 02</b>		<b>MOLDE N° 03</b>			
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>Lectura</b>		<b>Lectura</b>		<b>Lectura</b>		<b>Lectura</b>	
<b>Horas</b>		<b>Deforma.</b>		<b>Deforma.</b>		<b>Deforma.</b>		<b>Deforma.</b>	
<b>Días</b>		<b>Hinchamiento</b>		<b>Hinchamiento</b>		<b>Hinchamiento</b>		<b>Hinchamiento</b>	
		<b>mm</b>		<b>mm</b>		<b>mm</b>		<b>mm</b>	
		<b>%</b>		<b>%</b>		<b>%</b>		<b>%</b>	
		0.000		0.000		0.000		0.000	
		0.000		0.000		0.000		0.000	
		0.000		0.000		0.000		0.000	
		0.000		0.000		0.000		0.000	
OBSERVACIONES:									
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>			<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>				<b>ASESOR</b>		
									
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.			NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.				NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.		
FECHA: 04 / 03 / 2019			FECHA: 04 / 03 / 2019				FECHA: 09 / 09 / 2019		

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (4% de Megasoil)	<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>NORMA:</b>	MTC E 132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:	
<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"		
<b>CANTERA:</b>	Hns. Bazan.	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Afirmado.
<b>UBICACIÓN:</b>	Km. 3.5 C. Porcon.	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marron Claro.
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	21/01/2019	<b>RESPONSABLE:</b>	Juan Carlos Salazar Arribasplata.
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	04/04/2019	<b>REVISADO POR:</b>	Victor Cuzco Minchan.

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2.47
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2.35
CBR 0.1" (%)	98.00
CBR 0.2" (%)	136.00



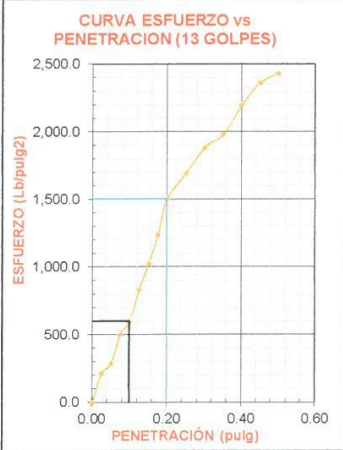
DENSIDAD SECA (gr/cm3)

CBR (%)

— C. CBR 0.1" — C. CBR 0.2"

**CURVA ESFUERZO vs PENETRACION (13 GOLPES)**

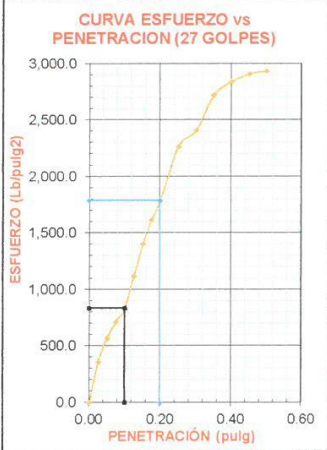


ESFUERZO (Lb/pulg2)

PENETRACION (pulg)

CBR (%) 0.1" 59.68  
CBR (%) 0.2" 100.27

**CURVA ESFUERZO vs PENETRACION (27 GOLPES)**

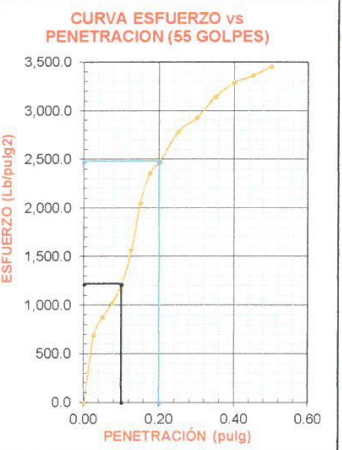


ESFUERZO (Lb/pulg2)

PENETRACION (pulg)

CBR (%) 0.1" 83.56  
CBR (%) 0.2" 119.37

**CURVA ESFUERZO vs PENETRACION (55 GOLPES)**


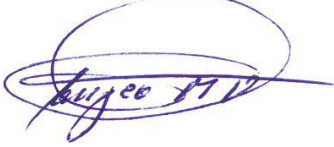




ESFUERZO (Lb/pulg2)

PENETRACION (pulg)

CBR (%) 0.1" 121.75  
CBR (%) 0.2" 165.52

<b>OBSERVACIONES:</b>		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar A.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 04 / 04 / 2019	FECHA: 04 / 04 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>ENSAYO:</b>	LÍMITES DE PLASTICIDAD (6% de Megasoil)	<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>
	<b>NORMA:</b>	MTC E 110 / ASTM D4318 / NTP 339.130 - NTP E111	LP-LC-UPNC:
	<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"	
CANTERA:	Hns. Bazan.	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado
UBICACIÓN:	Km. 3.5 C. Porcon.	COLOR DE MATERIAL:	Marron Claro
FECHA DE MUESTRA:	21/01/2019	RESPONSABLE:	Juan C. Salazar A.
FECHA DE ENSAYO:	13/03/2019	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.

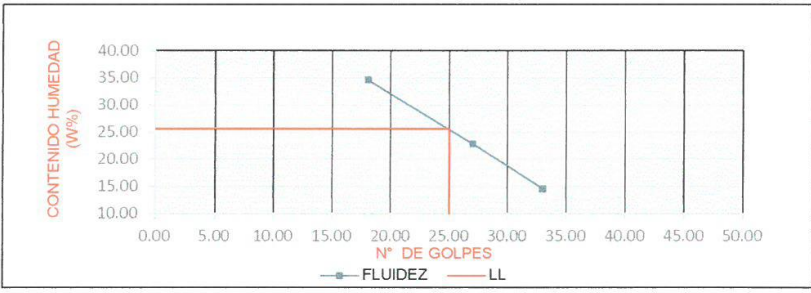
  

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T1	T2	T3
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	180.00	199.10	166.20
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	170.30	190.40	164.40
D	Peso de Recipiente	gr	142.30	152.40	152.10
E	Peso del Agua	gr	9.70	8.70	1.80
F	Peso Suelo Seco	gr	28.00	38.00	12.30
G	Número de Golpes	N	18	27	33
H	Contenido de Humedad	%	34.64	22.89	14.63

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T1	T2	T3
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	NP	NP	NP
C	Suelo Seco + Tara	gr	NP	NP	NP
D	Peso de Tara	gr	NP	NP	NP
E	Peso del Agua	gr	NP	NP	NP
F	Peso Suelo Seco	gr	NP	NP	NP
G	Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP
H	Promedio Límite Plástico	%	NP		


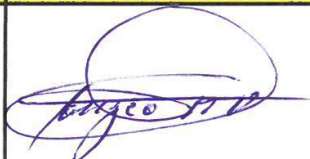



CONTENIDO HUMEDAD (W%)

N° DE GOLPES

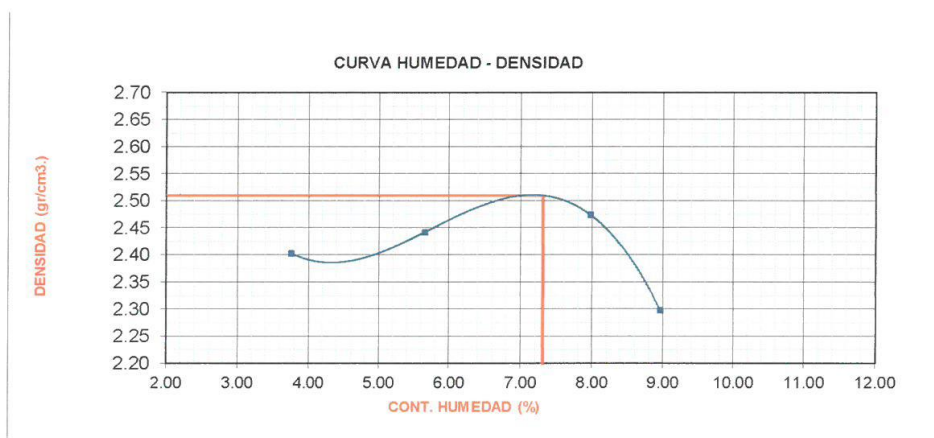
—■— FLUIDEZ — LL

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan Carlos Salazar Arribasplata. FECHA: 13 / 03 / 2019	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan. FECHA: 13 / 03 / 2019	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna. FECHA: 09 / 09 / 2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO (6% de Megasoil)		<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E 115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		CPM-LS-UPNC:
<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"		
CANTERA:	Hns. Bazan.	TIPO DE MATERIAL:	Afirmado.
UBICACIÓN:	Km. 3.5 C. Porcon.	COLOR DE MATERIAL:	Marron Claro.
FECHA DE MUESTRA:	21/01/2019	RESPONSABLE:	Juan Carlos Salazar Arribasplata
FECHA DE ENSAYO:	14/03/2019	REVISADO POR:	Victor Cuzco Minchan.


ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4				
A	Peso Molde	gr	6586.00	6586.00	6586.00	6586.00				
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	11480.00	11650.00	11830.00	11500.00				
C	Peso Muestra Húmeda	gr	4894.00	5064.00	5244.00	4914.00				
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	1962.00	1962.00	1962.00	1962.00				
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.494	2.581	2.673	2.505				
G	<b>Recipiente</b>	N°	a	b	a	b	a	b		
H	Peso Recipiente	gr	22.30	24.30	22.20	23.10	24.30	25.20	22.30	25.10
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	185.20	175.20	145.20	138.30	192.10	184.00	172.30	178.20
K	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	179.80	169.30	139.20	131.60	179.90	172.10	159.70	165.90
L	Peso Muestra Seca	gr	157.50	145.00	117.00	108.50	155.60	146.90	137.40	140.80
M	Contenido de Humedad W%	%	3.43	4.07	5.13	6.18	7.84	8.10	9.17	8.74
N	Promedio Contenido de humedad Optimo	%	3.749		5.652		7.970		8.953	
O	Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.404		2.443		2.475		2.299	



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.
FECHA: 14 / 03 / 2019	FECHA: 14 / 03 / 2019	FECHA: 09 / 09 / 2019



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (6% de Megasoil)	<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b> CBR-LS-UPNC;
	<b>NORMA:</b>	MTC E 132 / ASTM D188	
	<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"	
<b>CANTERA:</b>	Hns. Bazan.	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Afirmado.
<b>UBICACIÓN:</b>	Km. 3.5 C. Porcon.	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marron Claro.
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	21/01/2019	<b>RESPONSABLE:</b>	Juan Carlos Salazar Arribasplata.
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	18/03/2019	<b>REVISADO POR:</b>	Victor Cuzco Minchan.


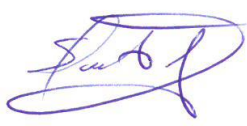


CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	340.19	16.78	238.73	442.25	21.82	310.35	612.35	30.21	429.72
1.27	0.050	544.31	26.86	381.97	714.41	35.25	501.34	952.54	47.00	668.45
1.91	0.075	816.47	40.28	572.96	1258.72	62.10	883.31	1462.84	72.17	1026.55
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>1020.58</b>	<b>50.35</b>	<b>716.20</b>	<b>1462.84</b>	<b>72.17</b>	<b>1026.55</b>	<b>2177.24</b>	<b>107.42</b>	<b>1527.89</b>
3.18	0.125	1224.70	60.42	859.44	1905.09	93.99	1336.90	3027.73	149.38	2124.72
3.81	0.150	1428.82	70.50	1002.68	2347.34	115.81	1647.25	3538.02	174.56	2482.82
4.45	0.175	1803.03	88.96	1265.28	2857.63	140.99	2005.35	3912.23	193.02	2745.42
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>2415.38</b>	<b>119.17</b>	<b>1695.00</b>	<b>3129.79</b>	<b>154.42</b>	<b>2196.34</b>	<b>4184.39</b>	<b>206.45</b>	<b>2936.41</b>
6.35	0.250	2789.59	137.63	1957.60	4082.33	201.42	2864.79	5375.07	265.20	3771.97
7.62	0.300	3163.81	156.10	2220.21	4456.55	219.88	3127.40	5919.38	292.05	4153.94
8.89	0.350	3435.96	169.52	2411.20	5170.95	255.13	3628.73	6225.56	307.16	4368.81
10.16	0.400	3640.08	179.60	2554.44	5477.13	270.23	3843.59	6599.77	325.62	4631.41
11.43	0.450	3844.20	189.67	2697.68	5749.28	283.66	4034.58	7042.02	347.44	4941.76
12.70	0.500	4048.31	199.74	2840.91	5851.34	288.69	4106.20	7246.14	357.51	5085.00

ESFUERZO PARA 0.1" Y 0.2"						
MOLDE	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
Penetración	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "
Esfuerzo Terreno (Lb/pulg2)	716.20	1695.00	1026.55	2196.34	1527.89	2936.41
Esfuerzo Patron (Lb/pulg2)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	<b>71.62</b>	<b>113.00</b>	<b>102.66</b>	<b>146.42</b>	<b>152.79</b>	<b>195.76</b>

CBR Y DENSIDAD SECA						
MOLDE	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetración	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "	0.1 "	0.2 "
CBR (%)	<b>71.62</b>	<b>113.00</b>	<b>102.66</b>	<b>146.42</b>	<b>152.79</b>	<b>195.76</b>
Ds(gr/cm3)	2.29	2.29	2.50	2.50	2.59	2.59

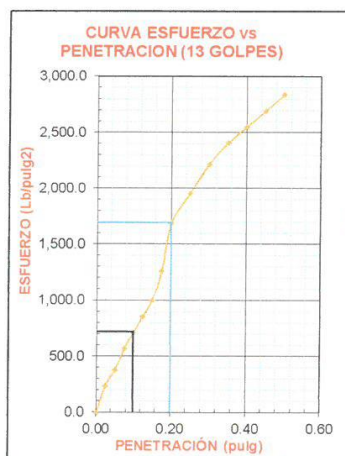
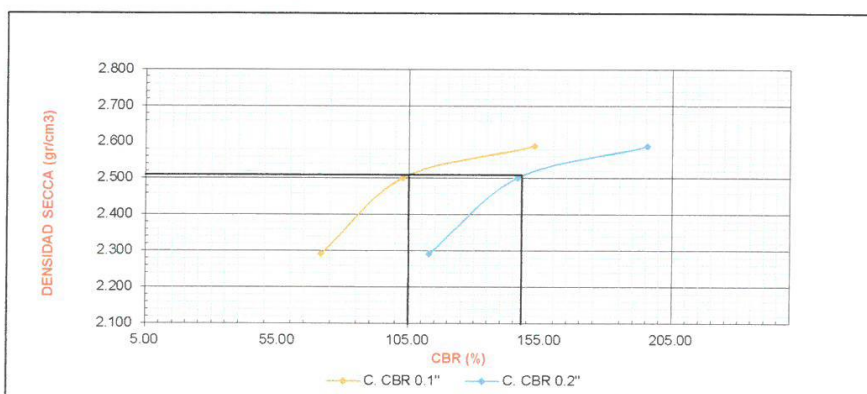
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata. FECHA: 18 / 03 / 2019	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan. FECHA: 18 / 03 / 2019	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna. FECHA: 09 / 09 / 2019

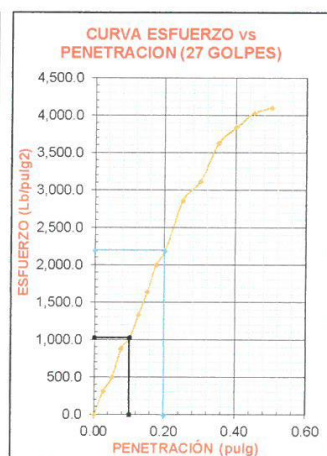
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA											
PROTOCOLO											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (6% de Megasoil)					<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>				
	<b>NORMA:</b>	MTC E 132 / ASTM D188					CBR-LS-UPNC:				
	<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICION DEL POLIMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"									
<b>CANTERA:</b>	Hns. Bazan.		<b>TIPO DE MATERIAL:</b>			Afirmado.					
<b>UBICACION:</b>	Km. 3.5 C. Porcon.		<b>COLOR DE MATERIAL:</b>			Marron Claro.					
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	21/01/2019		<b>RESPONSABLE:</b>			Juan Carlos Salazar Arribasplata.					
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	15/03/2019		<b>REVISADO POR:</b>			Victor Cuzco Minchan.					
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR											
DESCRIPCION	UND	1		2		3					
N° Capas		5		5		5					
N° Golpes por Capa		13		27		55					
<b>Condición de Muestra</b>		<b>Antes</b>	<b>Despues</b>	<b>Antes</b>	<b>Despues</b>	<b>Antes</b>	<b>Despues</b>	<b>Antes</b>	<b>Despues</b>		
Peso Molde	gr	7231.00	7231.00	7235.00	7235.00	7228.00	7228.00	7228.00	7228.00		
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12350.00	12359.00	12830.00	12830.00	12990.00	12990.00	13020.00	13020.00		
Peso Muestra húmeda	gr	5119.00	5128.00	5595.00	5595.00	5762.00	5762.00	5792.00	5792.00		
Volumen Muestra húmeda	cm3	2081.35	2081.35	2083.18	2083.18	2081.35	2081.35	2081.35	2081.35		
Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	2.459	2.464	2.686	2.715	2.768	2.783	2.783	2.783		
CONTENIDO DE HUMEDAD											
<b>Ensayo</b>	<b>N°</b>	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>	
Peso Recipiente	gr	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	29.50	28.20	28.20	27.20	
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	210.20	213.30	212.30	216.20	209.70	122.30	212.40	203.60	100.30	
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	197.50	201.00	198.00	203.88	196.68	114.90	200.83	191.97	94.40	
Peso del Agua	gr	12.70	12.30	14.30	12.32	13.02	7.40	11.57	11.63	5.90	
Peso Muestra Seca	gr	169.90	173.40	170.40	176.30	169.10	85.40	172.60	163.80	67.20	
<b>Contenido de Humedad; W%</b>	<b>%</b>	7.47	7.09	8.39	6.99	7.70	8.67	6.70	7.10	8.78	
Promedio Contenido de Humedad	%	7.284	8.392	7.344	8.665	6.900	8.780	6.900	8.780	8.780	
<b>Densidad Máxima Seca; Ds</b>	<b>gr/cm3</b>	2.292	2.273	2.502	2.498	2.590	2.558	2.590	2.558	2.558	
ENSAYO DE INCHAMIENTO											
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
		Lectura		Hinchamiento		Lectura		Hinchamiento		Lectura	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	
			0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	
			0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	
			0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	
			0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR				
											
NOMBRE: Juan C. Salazar Arribasplata.			NOMBRE: Victor Cuzco Minchan.				NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna.				
FECHA: 15 / 03 / 2019			FECHA: 15 / 03 / 2019				FECHA: 09 / 09 / 2019				

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	PROTOCOLO		
	<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (6% de Megasoil)	<b>CODIGO DEL DOCUMENTO:</b>
	<b>NORMA:</b>	MTC E 132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:
<b>TESIS:</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL POLÍMERO MEGASOIL EN LOS PORCENTAJES DE 2%, 4%, 6% EN EL CBR DEL MATERIAL DE CANTERA PARA AFIRMADOS"		
<b>CANTERA:</b>	Hns. Bazan.	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Afirmado.
<b>UBICACIÓN:</b>	Km. 3.5 C. Porcon.	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marrón Claro.
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	21/01/2019	<b>RESPONSABLE:</b>	Juan Carlos Salazar Arribasplata.
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	04/04/2019	<b>REVISADO POR:</b>	Victor Cuzco Minchan.

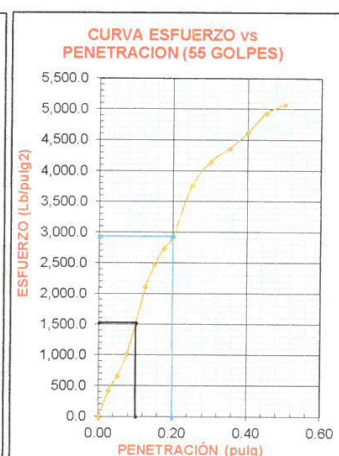
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2.51
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2.38
CBR 0.1" (%)	105.00
CBR 0.2" (%)	148.20



CBR (%) 0.1" 71.62  
CBR (%) 0.2" 113.00



CBR (%) 0.1" 102.66  
CBR (%) 0.2" 146.42



CBR (%) 0.1" 152.79  
CBR (%) 0.2" 195.76

OBSERVACIONES:

<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
NOMBRE: Juan C. Salazar A. FECHA: 04 / 04 / 2019	NOMBRE: Victor Cuzco Minchan. FECHA: 04 / 04 / 2019	NOMBRE: Gabriel Cachi Cerna. FECHA: 09 / 09 / 2019

**Fotografía N° 1:** recolección de la muestra de la cantera de los Hermanos Bazán altura del Km 3.5 carretera a Bambamarca.



**Fotografía N° 2 y 3:** recolección de la muestra de la cantera de los Hermanos Bazán, banco de afirmado de la cantera altura del Km 3.5 carretera a Bambamarca.



**Fotografía N° 4:** se observa el pesaje de la muestra para encontrar el contenido de humedad



**Fotografía N° 5 y 6:** se observa la muestra con su humedad natural de la cantera puesta a secado natural una vez que estuvo seca, se hace el cuarteo para hacer el análisis granulométrico.



**Fotografía N° 7 y 8:** se observa el pesaje de la muestra seca para realizar la granulometría, después se procede al tamizaje.



**Fotografía N° 9 y 10:** se observa la copa de Casagrande enrasada lista para efectuar los golpes, también se observa en la imagen que el material carece de plasticidad.



**Fotografía N° 11:** Sacando la muestra del ensayo de abrasión para su posterior tamizaje



**Fotografía N° 12:** Midiendo la cantidad de agua en la fiola para el ensayo de vacíos.



**Fotografía N° 13:** Pesaje del molde proctor vacío para realizar la muestra patrón.



**Fotografía N° 14:** pesaje del molde proctor mas material de cantera para afirmado enrasado de la muestra patrón.

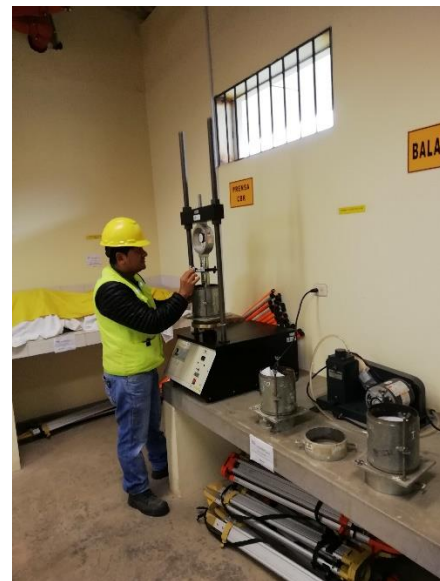




**Fotografía N° 15:** Saturación de los moldes por 96 horas para realizar el CBR con la muestra patrón.



**Fotografía N° 15 y 16:** Ensayo CBR (penetración de la muestra patrón) después de estar en saturación por 96 horas.



**Fotografía N° 17 y 18:** Se muestra el envase del polímero Megasoil el cual está sellado, a su costado la balanza en la cual se realizará el pesaje para la adición del polímero.



**Fotografía N° 19 y 20:** Se muestra el pesaje de las dosificaciones de la adición del polímero para 2% y 4% respectivamente.

