



**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**INCORPORACIÓN DE FIBRAS SINTÉTICAS A UN SUELO Y LA REPERCUSIÓN DE
SUS PROPIEDADES MECÁNICAS APLICADAS EN VÍAS DEL DISTRITO DE MOHO
PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO EN EL AÑO 2017**

**PRESENTADO POR
Bach. JESÚS VERDY LAZARTE PARRA**

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

**LIMA – PERÚ
MARZO, 2017**

DEDICATORIA

A la guía y luz de mi camino que me ayuda en el andar. A ti quedo eternamente agradecido Amado Padre Celestial.

Con mucho respeto y amor a mi querida madre, por haberme formado y enseñado más de lo que yo quisiera admitir y ser la luz de mi camino.

A mi padre, por ser mi primer maestro que supo entenderme, guiarme y conducirme a ser un profesional exitoso.

A mis hermanos Alan, Elizabeth, Ángel y Maily n por sus acertadas orientaciones y experiencias que supieron compartir a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la universidad, en particular a la E.P. de Ingeniería Civil - mención en geotecnia y transportes, por haberme acogido en sus claustros universitarios.

A las autoridades y mis mejores maestros de la Universidad por haber compartido sus conocimientos acertadamente durante mi formación profesional.

A la municipalidad provincial de Moho, gerencia de infraestructura, por permitirme trabajar en el campo propiamente dicho y así conocer de cerca la ejecución del proyecto.

Un reconocimiento especial a los miembros del jurado quienes dieron veredicto al trabajo.

RESUMEN

La presente tesis surge a través de la observación de los diferentes problemas estructurales que aparecen en los afirmados. Estos deterioros son diversos y muchos de ellos son producto de la mala calidad de los materiales que se emplean en la construcción de las vías afirmadas. Cuyo Objetivo fue determinar la repercusión de las propiedades mecánicas de las vías a nivel de afirmado con refuerzo de fibras sintéticas en la provincia de Moho, en el año 2017, Se utilizó el método hipotético deductivo de investigación con diseño de investigación experimental, de cuatro muestras de ensayos mecánicos de suelo para las dosificaciones siguientes: \bar{X} 1; Afirmado sin refuerzo de fibra sintética. \bar{X} 2; Afirmado con refuerzo de fibra sintética con dosificación al 0.1%, dosificación al 0.5%, dosificación al 1.0% y dosificación al 2.0% del peso de suelo en estado suelto. Se realizó la comparación de las propiedades mecánicas de afirmados sin adición de fibra sintética en lo que respecta a deformación (mm) (\bar{X} 1), versus las propiedades mecánicas de afirmados con adición de fibras sintéticas con dosificación al 0.1% del peso de suelo en lo que respecta a deformación (mm) (\bar{X} 2). Para esto se aplicó la correlación r de Pearson y se determinó cómo afecta en el diseño del afirmado. Por lo que se concluye que la incorporación de fibra sintética incide de manera favorable, para el refuerzo de afirmados (firmes), se ha utilizado la dosificación óptima de fibra sintética al 0.10% en el camino vecinal Jacantaya, mejora las propiedades mecánicas, debido al aumento de la capacidad de soporte y al incremento del CBR.

PALABRAS CLAVE: Contenido de humedad, fibra sintética, limite líquido, limite plástico, propiedades mecánicas del suelo, suelo, vías.

ABSTRACT

This research arises through the observation of the different structural problems that appear in the affirmed ones. These deteriorations are diverse and many of them are product of the poor quality of the materials that are used in the construction of the affirmed roads. For this reason, the impact of the mechanical properties of the roads at the level of affirmed with reinforcement of synthetic fibers in Puno region, in 2017 year, It used the hypothetical deductive research method with experimental research design of four samples of soil mechanical tests were determined for the following dosages: $\bar{X} 1$; Affirmed without synthetic fiber reinforcement. $\bar{X} 2$; Affirmed with synthetic fiber reinforcement with 0.1% dosage, 0.5% dosing, 1.0% dosing and 2.0% dosing of the soil weight in a loose state. A comparison of the mechanical properties of asserts with no addition of synthetic fiber with respect to deformation (mm) ($\bar{X} 1$) was performed, versus the mechanical properties of affirmed with addition of synthetic fibers with 0.1% With respect to deformation (mm) ($\bar{X} 2$). For this, Pearson's correlation r was applied and it was determined how it affects the design of the affirmed. For it is concluded that the incorporation of synthetic fiber affects favorably, for the reinforcement of affirmed (firm), has been used the optimal dosage of synthetic fiber at 0.10% in the Jacantaya neighborhood road, improves the mechanical properties, due to the increase of the support capacity and the increase of the CBR.

KEY WORDS: Water content, synthetic fiber, liquid limit, plastic limit, mechanical properties of soil, soil, roads.

INTRODUCCIÓN

En nuestra región los afirmados se deterioran por fallas como las ondulaciones y ahuellamientos estos se producen por el mezclado pésimo de agregado y ligante que se emplean en la construcción de las vías a nivel de afirmado. Estas fallas en las vías a nivel de afirmado son causadas, por la mala compactación que genera vacíos en el afirmado porque existen fallas plásticas que no son admisibles tanto en la subrasante como en la capa de afirmado.

¹Iniciando los afirmados se ha utilizado fibras naturales que aumenta las propiedades mecánicas del suelo en la construcción. Actualmente se usan las fibras artificiales que se obtienen como excedente de procesos industriales y son susceptibles de ser utilizadas como mejora de diferentes materiales, entre otros el suelo.

En el lugar de estudio, los principales deterioros de los afirmados, causan la idea de reforzar al material de afirmado con fibras sintéticas de polipropileno las cuales se encuentran en el mercado y con el paso del tiempo es más usado por los desperdicios que genera la tecnología, estas fibras son más comunes en el mercado. Este refuerzo ha sido planteado con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas de los afirmados, para así poder resistir sin ningún inconveniente cargas importantes de tránsito y quizá lo más importante, tener una vía durable que disminuya el costo de mantenimiento o una reconstrucción posterior.

El desarrollo del presente trabajo está dividido en cuatro capítulos, con los que se consiguió desarrollar a plenitud esta tesis.

Capítulo I.- Se determina el problema de la investigación. Comprende la exposición de la situación problemática de la investigación, el planteamiento del problema, la justificación de la investigación y los objetivos general y específicos.

Capítulo II.- Se establece el marco teórico. Se esboza las bases teóricas, el marco conceptual, las hipótesis, las variables e indicadores y la

¹ Céspedes Abanto, Jose Maria. Los pavimentos en las vías terrestres

operacionalización de los mismos.

Capítulo III.- Se sintetiza el proceso metodológico. Se aprecia el nivel de investigación, el método señalando las técnicas y procedimientos que se han utilizado en el desarrollo de la investigación. Contiene objeto de estudio, muestra y resultados de los ensayos de laboratorio.

Capítulo IV.- Se presenta la ingeniería de la investigación y la interpretación de los resultados, señalando los hechos y fundamentos sobre el diseño del refuerzo y se realizaron los cálculos que validan la dosificación óptima de fibra de polipropileno.

Se describe el proceso constructivo del tramo de prueba, las mediciones realizadas en este y el comportamiento que tuvo durante el tiempo de observación.

Se realiza la clasificación y análisis de los resultados estadísticos respecto a las deformaciones de los suelos sin fibra sintética y con la dosificación óptima de 0.1% de fibra sintética en suelo es estado suelto

Se resumen las conclusiones que se obtuvieron durante el desarrollo de la investigación comparando los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas de afirmados sin adición de fibra sintética. Se indican las recomendaciones para mejorar la construcción de afirmados con dosificaciones óptimas de fibra sintética.

Finalmente se nominan las referencias bibliográficas y se insertan los anexos correspondientes.

INDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
INTRODUCCIÓN	V
CAPÍTULO I:	1
1. EL PROBLEMA	1
1.1. EXPOSICIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	1
1.2. FORMULACIÓN O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	3
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	3
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO II	6
2. EL MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	6
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	8
2.2. BASES TEÓRICAS	9
2.2.1. SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS.....	9
2.2.2. RED VIAL NACIONAL.....	10
2.2.3. RED VIAL DEPARTAMENTAL	10
2.2.4. RED VIAL VECINAL.....	10
2.2.4.1. Vías a nivel de Afirmado.	11
2.2.4.2. Características de los afirmados.....	11
2.2.4.3. Gradación de los materiales de la capa de afirmado	12
2.2.4.4. Requisitos de Calidad.....	13
2.2.4.5. Tipos de Afirmado	14
2.2.4.6. Diseño de Afirmados.....	14
2.2.4.7. Evaluación de vías en afirmado	16
2.2.4.8. Objetivos de la evaluación.	16
2.2.5. Clasificación de los deterioros.....	16
2.2.5.1. Pérdida de grava.....	17

2.2.5.2.	Ondulaciones.....	17
2.2.5.3.	Ahuellamientos.....	17
2.2.5.3.1.	Generalidades.....	17
2.2.5.3.2.	Causas de los Ahuellamientos.....	18
2.2.6.	Fibras Sintéticas.....	18
2.2.7.	Propiedades Mecánicas de los Suelos.....	18
2.2.8.	Granulometría de los Suelos.....	19
2.2.9.	¿Qué es el CBR de un suelo?.....	19
2.2.10.	Límites de Atterberg.....	21
2.3.	MARCO CONCEPTUAL.....	22
2.3.1.	SUELOS REFORZADOS.....	22
2.3.2.	REFUERZO CON FIBRA SINTÉTICA.....	22
2.3.2.1.	Propiedades y características de las fibras.....	22
2.3.3.	ELECCIÓN DE LA FIBRA ADECUADA.....	24
2.3.4.	FIBRA PARA EL REFUERZO DE TIERRAS.....	26
2.4.	HIPÓTESIS.....	29
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	29
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	29
2.5.	VARIABLES E INDICADORES.....	30
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	30
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	30
2.5.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	30
CAPÍTULO III	31
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.2.1.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.3.	OBJETO DE ESTUDIO Y MUESTRA.....	32
3.3.1.	OBJETO DE ESTUDIO.....	32
3.3.2.	MUESTRA.....	32
3.4.	TÉCNICAS, FUENTES E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.4.1.	TÉCNICA, DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	35
3.4.1.1.	EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES EMPLEADOS.....	35
3.4.1.1.1.	GRANULOMETRÍA POR MALLAS (ASTM D 422).....	35
3.4.1.1.2.	LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D423 – D424).....	36
3.4.1.1.3.	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1556).....	37

3.4.1.1.4. CALIFORNIA BEARING RATIO CBR (ASTM D 1883).....	38
CAPÍTULO IV	40
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	40
4.1. RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO.	40
4.1.1. PROPIEDADES FÍSICAS	40
4.1.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	40
4.1.1.2. LÍMITES DE CONSISTENCIA	41
4.1.1.3. DESGASTE POR ABRASIÓN E IMPACTO MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.	42
4.1.1.4. ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	43
4.1.2. PROPIEDADES MECÁNICAS.	46
4.1.2.1. CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR EN LABORATORIO).....	46
4.1.2.1.1. CBR CON DOSIFICACIÓN DE FIBRA AL 0.1% DEL PESO DE AFIRMADO SUELTO	47
4.1.2.1.2. CBR CON DOSIFICACIÓN DE FIBRA AL 0.5% DEL PESO DE AFIRMADO SUELTO	49
4.1.2.1.3. CBR CON DOSIFICACIÓN DE FIBRA AL 1.0 % DEL PESO DE AFIRMADO SUELTO.	51
4.1.2.1.4. CBR CON DOSIFICACIÓN DE FIBRA AL 2.0 % DEL PESO DE AFIRMADO SUELTO.	53
4.2. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	55
4.2.1. Dosificación óptima de fibra de polipropileno	55
4.2.2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO	56
CAPÍTULO V	58
5. PROCESO DE CONTRASTE DE LA HIPOTESIS.....	58
HIPOTESIS NULA	58
HIPÓTESIS ALTERNA	58
VARIABLES.....	58
PROCESO DE CONTRASTE	58
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	68

CAPÍTULO I:

1. EL PROBLEMA

1.1. EXPOSICIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Las vías afirmadas tienen fallas debido al tráfico y el agua, estas fallas presentan en deformaciones en la capa de afirmado ya sea por ondulaciones o ahuellamientos, ya que estos son los que causan mayor inseguridad, incomodidad y el costo de mantenimiento para ellos son los más elevados.

Las ondulaciones y ahuellamientos en las vías afirmadas son causados, por una mala compactación debido a que no se elimina al realizarse la compactación los vacíos existentes en el suelo, esto debido a que la subrasante no llega al porcentaje de compactación requerido por el afirmado.

FIGURA N°. 1 ONDULACIONES



Las huellas que producen las ruedas en las vías afirmadas se originan de manera diferente al que se generan en las vías de asfalto y concreto, la diferencia es debido a que el afirmado que tiene la superficie expuesta, el desgaste por ende se tiene la pérdida de cohesión en partículas finas, con el paso del tiempo las partículas gruesas van quedando expuestas hasta que quedan sueltas, este material esto se es transportado hacia los bordes de la huella. Esta premisa expuesta hace muy inseguro el afirmado, en consecuencia, las partículas sueltas generan inestabilidad en la velocidad de los vehículos, también puede que las partículas gruesas existentes en la vía por la presión de las ruedas del vehículo puedan causar accidentes.

FIGURA N°. 2 PERDIDA DE MATERIAL FINO



Las ondulaciones ahuellamientos, baches y otros en los afirmados se presentan por pequeñas deformaciones plásticas cohesivas cada vez que se aplica una carga de un vehículo sobre el afirmado.

Diseñar afirmados requiere uso de tablas o fórmulas, estas presentan de manera muy conservadora valores de espesores de afirmado considerando para dicho cálculo el CBR de la subrasante y en el transito los ejes equivalentes de diseño.

Se verifica las innumerables variables de un afirmado, esto produce un efecto directo en la estructura del afirmado presentando malos desempeños de diseño en los caminos no pavimentados, todo esto nos lleva a formular las siguientes preguntas.

1.2. FORMULACIÓN O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo incide la incorporación de Fibras Sintéticas a un suelo, aplicado a vías en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son las propiedades físico mecánicas de un suelo natural en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017?
- ¿Cómo son las propiedades físico mecánicas de las fibras Sintéticas en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017?
- ¿Cuáles son las propiedades físico mecánicas de un suelo incorporando fibras sintéticas a un suelo aplicado a Vías en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Las vías a nivel de Afirmado en el Perú representan aproximadamente el 82% del total de la vialidad, siendo caminos de gran importancia en el desarrollo local, regional y nacional.

La red de caminos de un País representa un importante medio de desarrollo que permite la comunicación entre poblaciones, el acceso a servicios y recursos y la integración territorial del país. Los caminos son inversiones importantes que demandan atención permanente a través de trabajos de mantenimiento que permitan contar, el mayor tiempo posible, con un medio de acceso en buenas condiciones que facilite la circulación de los vehículos. Son obras de infraestructura que demandan atención y mantenimiento permanente para estar en buenas condiciones y ser transitables la mayor parte del año.

Por lo general, una gran parte de la red nacional no tiene tratamiento superficial, deteriorándose con mayor rapidez que otro tipo de caminos, en especial, debido a la acción del agua y el tráfico. El mantener este deterioro del afirmado representa un reto y una necesidad impostergable

Dada la gran importancia de las vías afirmadas en nuestro país, se ve necesario garantizar su durabilidad, confort, buen desempeño y seguridad a lo largo de su vida útil.

Estas vías son las de menor categoría en nuestra clasificación, esta condición ha hecho que muchas veces se limiten los recursos para su construcción,

Nuestra realidad vial es que por falta de un mantenimiento de los afirmados sin refuerzo oportunamente la vida de los caminos parece estar sometida a un ciclo inexorable de construcción - Conservación insuficiente o inexistente – degradación – destrucción – reconstrucción y así sucesivamente.

Es sabido que el mantenimiento de caminos a nivel de afirmado son los que generan mayores costos, estos caminos generalmente se deterioran al poco tiempo después de su mantenimiento, lo cual se traduce en una incomodidad para el usuario y una inversión constante para las entidades encargadas de su mantenimiento. Dos causas generan la situación actual

de los afirmados: el desgaste por ahuellamiento mediante el tránsito vehicular y el inadecuado drenaje del afirmado.

Esta investigación parte de las observaciones antes mencionadas, pretende adicionar a la estructura del afirmado fibras sintéticas de polipropileno, las cuales mejoren sus características mecánicas, den durabilidad, eviten aparición de ahuellamientos y mejoren su desempeño.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la Incidencia de la incorporación de Fibras Sintéticas y Geo sintéticos a un suelo, aplicado a vías en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las propiedades físico mecánicas de un suelo natural en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017
- Determinar las propiedades físico mecánicas de las fibras Sintéticas en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017
- Identificar las propiedades físico mecánicas de un suelo incorporando fibras sintéticas de un suelo aplicado a Vías en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017

CAPÍTULO II

2. EL MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

PAÍS: España

TÍTULO: Estudio Experimental de refuerzo de suelos con fibras sintéticas.

AUTOR: C. Fernández Calvo

AÑO: 2012

Abstract: esta investigación presenta los resultados de una investigación en laboratorio del comportamiento mecánico de suelos cohesivos y expansivos como es el caso de las arcillas, reforzadas con fibras sintéticas, los resultados indican que el suelo reforzado con fibra incrementa la resistencia al corte, y mientras más larga son las fibras el comportamiento es mejor.

OBJETIVO: La operación de desmenuzado y mezclado realizada manualmente es muy laboriosa, por lo que se requiere en obra unos medios muy específicos para conseguir una buena homogenización de la mezcla. Esta homogenización resulta más difícil con las fibras de mayor longitud.

METODO: Los ensayos de Proctor normal reflejan una homogeneidad en los resultados, lógica por la baja dosificación de fibras.

Los ensayos de CBR en condiciones de Proctor Normal, tampoco muestra una variación de su índice en función de la adición de fibras, mostrando una tendencia uniforme en el conjunto de las muestras.

Los ensayos de Hinchamiento libre no presentan igualmente variaciones significativas.

Los ensayos de Corte Directo y Triaxiales no parecen detectar un aumento de la cohesión, pero si un significativo aumento del ángulo de fricción que con las fibras más largas podría estimarse un aumento del orden del 6-9°.

Los Ensayos de Compresión simple experimentan mejoras ligeras de la resistencia (0-20%) con el tratamiento a base de fibras cortas, pudiendo sobrepasar el 50% de incremento con las fibras más largas, en los ensayos realizados sobre probetas remoldeadas en el entorno de humedad óptima Proctor Normal.

CONCLUSIÓN: Como conclusión general podemos decir que la mejora de las propiedades geotécnicas por incorporación de fibras textiles sintéticas observada en los ensayos efectuados, es tanto mayor cuanto peor sea el suelo, y cuanto más largas sean las fibras utilizadas. Por la dificultad de mezclado, es recomendable la realización de tramos experimentales in situ con un control a base de ensayos a mayor escala que los de laboratorio.

PAÍS: España

TÍTULO: Refuerzo de Suelos con fibra sintética

AUTORES: Jose Manuel Martínez Santamaría

José María Thode Mayoral (Asociación Técnica de Carreteras – Comité de Geotécnia - España).

AÑO: 2011

Abstract: El Comité de Geotecnia Vial de la Asociación Técnica de Carreteras ha venido desarrollando un conjunto de trabajos con relación al empleo de fibras en el refuerzo de suelos.

OBJETIVO: Estos trabajos, básicamente, han consistido en realizar una revisión de las publicaciones más significativas que, con relación a este tema, ha tenido acceso el Comité y por otro en la ejecución de una serie de ensayos de laboratorio con diferentes muestras de suelos mezclados con distinto tipos de fibras.

MÉTODO: La mezcla de suelos con fibras sintéticas constituye un método posible de mejora del terreno, al igual que otros procedimientos alternativos conocidos (tratamientos con cal, cemento, etc.)

En los artículos revisados se observa que uno de los usos principales de las fibras, en el caso de las fibras largas, es su empleo como elemento antierosivo (por su capacidad de retención de finos), propiedad que no se ha analizado en los ensayos de laboratorio realizados, al haberse centrado éstos en los ensayos geotécnicos tradicionales.

Las proporciones recomendadas oscilan en torno al 0.2 % en peso de fibra respecto al total del suelo.

La variación (mejora) de las propiedades geotécnicas no se puede establecer a priori. A parte de las diferencias encontradas en las referencias bibliográficas, se aprecia que dicha variación depende de las características de cada tipo de suelo.

En determinados suelos (mas arenosos), las características de la mezcla pueden incluso empeorar determinadas propiedades.

Los suelos más arcillosos, por el contrario, parecen obtener mejoras considerables, resultando mayores cuanto peor es el suelo. Dichas mejoras se basan en un aumento significativo de la resistencia al corte, fundamentalmente a través del incremento del ángulo de rozamiento interno, que llega a ser superior al 20%.

CONCLUSIONES: Las mejoras importantes parecen relacionarse directamente con la longitud de las fibras. A mayor longitud, mejores propiedades.

Las dificultades de mezclado observadas en laboratorio deben tenerse en cuenta, comprobándose el reparto homogéneo en obra.

Es recomendable la realización de tramos experimentales in situ con un control a base de ensayos a mayor escala que los de laboratorio.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

TÍTULO: Verificación de la Dosificación de Fibras Sintéticas para Neutralizar las Fisuras Causadas por Contracción Plástica

AUTORES: GARCIA AYMAR PEDRO ANTONIO

PAÍS: Lima Perú

AÑO: 2007

OBJETIVO: Al usar el aditivo tipo D más las fibras sintéticas en el diseño encontramos que en las proporciones indicadas, estos dos en conjunto pueden llevar a contrarrestar las fisuras por contracción plástica efectivamente, ya que el aditivo ayuda a que se mantenga una película de agua en la superficie y las fibras se adhieren al concreto de tal manera que ayudan a que el agua que sale del concreto por capilaridad no produzcan tensiones que puedan causar las fisuras.

MÉTODO: Se puede reducir las fisuras por contracción plástica de manera eficaz añadiendo 800g/m³ a las relaciones agua cemento de 0,60 y 0,65 y con 900g/m³ a la relación de 0,70.

Existe una relación directa entre el contenido de aire y la cantidad de fibra que se añade: Al aumentar la dosificación de fibra el contenido de aire aumenta.

El peso unitario disminuye ligeramente al añadirle la fibra recuperándose al aumentarle la dosificación de la fibra hasta 900 g/m³.

CONCLUSIÓN: Al aumentar la dosificación de fibra sintética el asentamiento obtenido será menor, independientemente de la relación agua – cemento. Aquí, es donde actúa el aditivo Poliheed 770R controlando la trabajabilidad del concreto con fibras sintéticas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS.

²El sistema Nacional Carreteras (SINAC), ha sido constituido como instrumento de integración, y base de la elaboración del Plan Estratégico de Desarrollo Nacional. Tiene como facultad conducir con eficiencia la ejecución de proyectos y actividades de Transporte y Comunicaciones, integrar el territorio intermodalmente, plantear un ordenamiento territorial de la infraestructura, mediante la creación de ejes transversales de desarrollo, articular los centros poblados de producción y consumo, y que las políticas sectoriales regionales desarrollen sus proyectos complementarios con las vías departamentales y locales.

El SINAC está conformada por tres categorías de redes: Nacional, Departamental y Vecinal.

TABLA N°1 SISTEMA DE CARRETERAS

LONGITUD TOTAL	SISTEMA DE CARRETERA (Kms.)								
	NACIONAL			DEPARTAMENTAL			VECINAL		
	SUB-TOTAL	Pavimentado	No Pavimentado	SUB-TOTAL	Pavimentado	No Pavimentado	SUB-TOTAL	Pavimentado	No Pavimentado
140,672.38	24,593.4	14,747.7	9,845.67	24,235.1	2,339.71	21,895.41	91,843.8	1,611.10	90,232.73

FUENTE: Estudio de medición de la Red Vial Nacional - DGCF - Provias Nacional.

FUENTE: Estudio de medición de la Red Vial Nacional – DGCF – Provias Nacional.

² MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES – SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS Y SU DESENTRALIZACION
- Ing. Amelia Alcedo deVallejos – 06/12/2006

2.2.2. RED VIAL NACIONAL

³La Red Vial Nacional tiene una longitud de 24,593 km. (Carreteras Existentes) y 1,901 km. (Carreteras en Proyecto), haciendo un total de 26,495 km. Está conformada por 130 rutas distribuidas en:

3 Ejes Longitudinales
22 Ejes transversales
Variantes y Ramales

2.2.3. RED VIAL DEPARTAMENTAL

⁴La Red Vial Departamental tiene una longitud de 24,235.12 km. Los Gobiernos Regionales GR son competentes sobre las redes viales departamentales. El Programa de Caminos Departamentales, PCD, que gestiona Provías Descentralizado del MTC, postula que las inversiones viales deben basarse en la elaboración de Planes Viales Departamentales Participativos PVDP de mediano plazo, los cuales deben estar articulados con: (i) los Planes de Desarrollo Regional; y (ii) la estrategia y proyectos de Corredores Económicos que se ejecutan en diversos departamentos. Se busca generar sinergias y líneas de complementación con iniciativas y esfuerzos de desarrollo regional.

⁵La planificación vial cumple un rol estratégico en el desarrollo Territorial. La infraestructura vial de alcance departamental cuenta con la potencialidad de fortalecer las actividades productivas, comerciales y de servicios del territorio departamental, conectando áreas consolidadas e incorporando nuevas áreas productivas. Este proceso de integración favorece la ocupación racional del territorio, fortalece las relaciones entre departamentos y permite la integración de las regiones al mercado nacional y mundial.

2.2.4. RED VIAL VECINAL

La Red Vial Vecinal tiene una longitud de 91,843.83 km constituyendo el 65.3 % de toda la Vialidad nacional. Los Gobiernos Locales son competentes sobre las redes viales Vecinales o Rurales.

³ FUENTE: Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, DGCF-OGPP/OE. - Elaboración: PVN/OPEI/PFISICA

⁴ FUENTE: Estudio de medición de la Red Vial Nacional - DGCF - Provías Nacional.

⁵ FUENTE: Estudio de medición de la Red Vial Nacional - DGCF - Provías Nacional.

2.2.4.1. Vías a nivel de Afirmado.

Las vías Afirmadas en el Perú se encuentran dentro de los Caminos No pavimentados los cuales constituyen el 86% del total de la Red Vial.

2.2.4.2. Características de los afirmados.

⁶El afirmado es una capa de material natural selecto procesado o semiprocesado de acuerdo a diseño, que se coloca sobre la subrasante de un camino. Funciona como capa de rodadura y da soporte al tráfico en carreteras no pavimentadas.

El material a usarse varía según la región y las fuentes locales de agregados, cantera de cerro o de río, también se diferencia si se utilizara como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica obligatoria en el camino de afirmado.

El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños, el afirmado será pobre.

⁷El afirmado requiere de un porcentaje de piedra para soportar las cargas, asimismo un porcentaje de arena clasificada según tamaño para llenar los vacíos entre las piedra y dar estabilidad a la capa; y, obligatoriamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado.

Hay dos principales aplicaciones en el uso de afirmados: su uso como superficie de rodadura en caminos no pavimentados o su uso como capa inferior granular o como colchón anticontaminante.

Como superficie de rodadura, un afirmado sin suficientes finos, está expuesto a perderse, porque es inestable. En construcción de caminos se requiere un porcentaje limitado pero suficiente de materiales finos y plásticos, que cumplan la función de aglutinar para estabilizar la mezcla de gravas.

⁶ FUENTE: Estudio de medición de la Red Vial Nacional - DGCF - Provías Nacional.

⁷ Referencia: MTC-Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito-marzo 2008

Un buen afirmado para capa inferior, tendrá mayor tamaño máximo de piedras, que en el caso de la capa de superficie y muy poco porcentaje de arcillas y de materiales finos en general. La razón de ello es que la capa inferior debe tener buena resistencia para soportar las cargas de tránsito y además la cualidad de ser drenante.

2.2.4.3. Gradación de los materiales de la capa de afirmado

Existen pocos depósitos naturales de material que tiene una gradación ideal, donde el material sin procesar se puede utilizar directamente, por lo que será necesario zarandear el material para obtener la granulometría específica. En general los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas, o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

TABLA N° 2 GRADACION DE LOS MATERIALES DE LA CAPA DE AFIRMADO

Porcentaje que pasa el tamiz	Gradación C	Gradación D	Gradación E	Gradación F
50 mm (2")				
37.5 mm (1 ½")				
25 mm (1")	100	100	100	100
19 mm (¾")				
12.5 mm (½")				
9.5 mm (3/8")	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm (N° 4)	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.36 mm (N° 8)				
2.0 mm (N° 10)	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um (N° 40)	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um (N° 200)	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
Índice de Plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9	4 - 9
Límite Líquido	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%
CBR [referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5 mm)]	Mín. 40%	Mín. 40%	Mín. 40%	Mín. 40%
Fuente: AASHTO M 147				

FUENTE: MTC-Manual de carreteras. Suelos, Geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y pavimentos.

Es recomendable que las piedras tengan caras fracturadas o aristas y superficies rugosas, su comportamiento es mucho mejor que la piedra lisa redondeada o canto

rodado, dándole a la capa de afirmado resistencia y estabilidad bajo las cargas actuantes.

Gravas procedentes de bancos que contienen piedras fracturadas naturalmente son consideradas como muy buenos materiales. En todo caso, se podrán obtener mejores resultados procesando el material por trituración; esto significa que un buen porcentaje de las piedras tendrán caras fracturadas por proceso de la trituración, lográndose mejores propiedades de resistencia y estabilidad de la capa de afirmado.

Es muy importante indicar que todas las gravas no son iguales, por lo que la calidad verdadera debe ser determinada efectuando ensayos y dosificaciones de los materiales que constituyen el afirmado, esto asegurará que la dosificación puesta en obra sea la adecuada.

2.2.4.4. Requisitos de Calidad

⁸El material de afirmado que se decida utilizar, deberá cumplir los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste de los Ángeles : 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido : 35% máx. (MTC E 110)
- CBR : 40% mín. (MTC E 132)

Muy importante es el índice de Plasticidad, que podría llegar hasta un máximo de 12 y no debe ser menor de 4. La razón es que la capa de rodadura en su superficie necesita de un mayor porcentaje de material plástico y las arcillas naturales, le darán la cohesión necesaria y por lo tanto una superficie cómoda para la conducción vehicular.

Esto puede ser crítico durante el periodo seco, pues necesitará riego de agua; en cambio durante periodo húmedo en la superficie pueden aparecer pequeñas huellas que después de las lluvias rápidamente se secarán y endurecerán por efecto del sol y el viento. En cambio si la capa de afirmado presenta una gran cantidad de finos plásticos, esta grava causará problemas si es que la humedad llega a este nivel pues esta capa inferior perderá resistencia y estabilidad, causando ahuellamientos profundos o la falla total de la capa de granular de rodadura.

⁸ Referencia: MTC-Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito -marzo 2008

En el caso que se tuvieran materiales con Índice de Plasticidad fuera del rango 4-12%, se deberá estudiar el empleo de un tratamiento superficial, como la imprimación reforzada bituminosa, estabilización con cal, cemento, cloruros de sodio o magnesio u otros estabilizadores químicos, con la finalidad de mantener o prolongar la vida útil del camino.

2.2.4.5. Tipos de Afirmado

⁹La capa de afirmado estará adecuadamente perfilada y compactada, según los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto.

Afirmado Tipo 1:

Corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo, con un índice de plasticidad hasta 9; excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. Se utilizará en los caminos de bajo volumen de tránsito, clases T0 y T1, con IMD menor a 50 vehículos día.

Afirmado Tipo 2:

Corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo, con un índice de plasticidad hasta 9; excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. Se utilizará en los caminos de bajo volumen de tránsito, clases T2, con IMD entre 51 y 100 vehículos día.

Afirmado Tipo 3:

Corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo o chancado, con un índice de plasticidad hasta 9; excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. Se utilizará en los caminos de bajo volumen de tránsito, clases T3, con IMD proyectado entre 101 y 200 vehículos día.

Afirmado Tipo 4:

Corresponde a un material granular o grava seleccionada por chancado o trituración, con un índice de plasticidad hasta 9; excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. Se utilizará en los caminos de bajo volumen de tránsito, clases T4, con IMD proyectado entre 201 y 400 vehículos día.

2.2.4.6. Diseño de Afirmados

⁹ Referencia: MTC-Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito -marzo 2008

a) Categorías de la sub-rasante

De acuerdo al CBR, se tiene la clasificación siguiente:

TABLA N° 3 CLASIFICACION DE LA SUBRASANTE

Categoría	Referencia	CBR (%)
S0	Muy pobre	< 3
S1	Pobre	3 – 5
S2	Regular	6 – 10
S3	Buena	11 – 19
S4	Muy Buena	> 20

FUENTE: MTC-Manual de carreteras. Suelos, Geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y pavimentos.

b) Condiciones para el diseño.

Nivel freático de la sub-rasante

El nivel freático debe quedar debajo a 0.65 ó 1.20m, dependiendo del material de la sub-rasante, caso contrario se colocarán drenes.

c) Diseño del espesor del afirmado

Se presenta una metodología para diseñar estructuras de pavimentos cuya capa de rodadura está compuesta por material de afirmado en su totalidad, entendiéndose esta como una capa de material granular destinada a soportar las cargas del tránsito, que adicionalmente puede ser tratada para el control de polvo.

En el funcionamiento estructural de las capas de revestimiento granular influye el tipo de suelo de la subrasante, el número total de los vehículos pesados durante el periodo de diseño, expresados en ejes equivalentes (EE); y, los materiales granulares cuyas propiedades mecánicas y comportamiento son conocidos y están considerados en las especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras vigente; también forman parte las estabilizaciones y mejoramientos de suelos de la subrasante o el tratamiento de las capas de revestimiento granular.

Características de la subrasante

Nivel de Tránsito

¹⁰Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la siguiente ecuación del método NASSRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) que

¹⁰ Referencia: MTC-Manual de carreteras. Suelos, Geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y pavimentos. 1era Edición, Junio 2013

relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE:

$$e = [219 - 211x(\text{Log}_{10} \text{CBR}) + 58x(\text{log}_{10} \text{CBR})^2]x\text{Log}_{10}\left(\frac{N_{\text{rep}}}{120}\right)$$

Donde;

e= espesor de la capa de afirmado en mm. CBR= Valor de CBR de la subrasante

Nrep= número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

2.2.4.7. Evaluación de vías en afirmado

Por la gran extensión de los caminos no pavimentados, y por la necesidad de conservarlos oportunamente en un buen nivel operativo, la ingeniería vial ha buscado siempre hacer uso de un práctico y eficaz método que cubra la actividad básica en la planificación, en el inventario de condición y de la identificación de defectos.

2.2.4.8. Objetivos de la evaluación.

- Clasificar y cuantificar los deterioros
- Determinar la condición de los diferentes segmentos de la vía objeto de la evaluación
- Observar los cambios en la condición de la calzada durante el transcurso del tiempo.
- Identificar las medidas necesarias de mantenimiento o mejoramiento.
- Establecer prioridades de intervención.

2.2.5. Clasificación de los deterioros

Deterioros Generalizados

Pérdida de grava

Ondulaciones

Ahuellamiento

Pérdida de sección transversal

Otros Deterioros

Baches

Surcos de erosión

Cabezas Duras

2.2.5.1. Pérdida de grava.

La pérdida de grava es la desaparición del material superficial como consecuencia de las agresiones sufridas por el afirmado, incluyendo algunas acciones de conservación.

Su velocidad de evolución es variable de acuerdo con el clima, los materiales de construcción, el tránsito y la topografía.

Ocurre en cualquier época del año pero se acentúa en la lluvia. En épocas de lluvia se forman nubes de polvo que reducen la visibilidad y afectan a los vecinos de la vía.

2.2.5.2. Ondulaciones.

Las ondulaciones son la reordenación de la superficie en ondas paralelas orientadas perpendicularmente al sentido del tránsito. Ocupan todo el ancho de la vía y su longitud de onda varía desde 300mm en calzadas arenosas, hasta 1,000 mm en calzadas con alto contenido de grava.

El deterioro se desarrolla en la estación seca cuando los materiales presentan débil cohesión.

2.2.5.3. Ahuellamientos.

2.2.5.3.1. Generalidades

¹¹El ahuellamiento es un tipo de defecto o falla que se produce en los afirmados, el cual consiste en una depresión canalizada en la huella de circulación de los vehículos.

Se desarrolla gradualmente y aparece como una depresión continua en las bandas de circulación de los neumáticos, dificultando la maniobrabilidad de los vehículos y ocasionando una disminución en la seguridad.

El ahuellamiento es la deformación que altera la pendiente transversal, la cual proviene de las fuerzas ejercidas por los neumáticos de los vehículos, siendo más marcada cuando más pesado y canalizado sea el tránsito.

En la estación seca se produce el desplazamiento lateral de los materiales

¹¹ Referencias: Estudio del ahuellamiento en la carretera Iirsa Norte, tramo 6, sector óvalo Cáceres-Dv. Sullana Giomar Erick Romero Rojas Piura, 12 de marzo de 2012 facultad de ingeniería departamento de ingeniería civil - marzo 2012

poco cohesivos, en tanto que en la época húmeda se puede producir de estabilidad del afirmado o de la capa de soporte.

2.2.5.3.2. Causas de los Ahuellamientos.

¹²Las causas pueden ser principalmente, una mala compactación de las capas de afirmado o tensiones de trabajo mayores a las tensiones admisibles tanto en la capa de afirmado como en la subrasante. Es decir, las causas en este caso son de tipo constructivo o de diseño estructural de la capa.

2.2.6. Fibras Sintéticas

¹³Son aquellas obtenidas a partir de polímeros sintéticos derivados del petróleo. Las más comunes son:

- Poliéster (existen derivados retardantes de flama como el Avora y Trevira)
- Acrílico
- Polipropileno (olefínica)
- Nylon

La fibra sintética es una fibra textil que se obtiene por síntesis orgánica de diversos productos derivados del petróleo.

Las fibras artificiales no son sintéticas, pues proceden de materiales naturales, básicamente celulosa.

Algunas veces la expresión «fibras químicas» se utiliza para referirse a las fibras artificiales y a las sintéticas en conjunto, en contraposición a fibras naturales.

2.2.7. Propiedades Mecánicas de los Suelos

¹⁴Las propiedades mecánicas de un suelo permiten al ingeniero de cimentaciones llegar a un diseño de la obra civil en la etapa de estudio, considerando los tres grandes problemas a los que él comúnmente se enfrenta como son: Los estados límite de falla (que trata sobre la estabilidad de las estructuras). Los estados límite de servicio (que se refiere a los hundimientos totales y diferenciales que sufrirá la cimentación y la superestructura). El flujo de agua a través de los suelos que influye en el comportamiento de los mismos. Para analizar estos problemas se emplean modelos que se alimentan de los parámetros obtenidos ya sea de pruebas de

¹² Referencia: Pavimentos Ing. Fernando Sanchez Sabogal- modulo 21

¹³ Referencia: <http://fibrologia.blogspot.pe/2013/04/fibras-sinteticas.html>

¹⁴ Fuente: <http://www.arqhys.com/construccion/propiedades-mecanicas-suelo.html>

campo o ensayos de laboratorio de permeabilidad, deformabilidad, resistencia y propiedades dinámicas, en muestras lo menos alteradas posible, o al menos tratando de reproducir en el laboratorio su grado de compacidad en estado natural.

2.2.8. Granulometría de los Suelos

¹⁵La granulometría se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca. Aprenderemos a utilizarla como un instrumento en la clasificación de los materiales, ya que la descripción por tamaño tiene especial interés en la selección de materiales para rellenos de carreteras y presas, los cuales requieren materiales con graduaciones determinadas. La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100(150 micras) hasta 9.52 mm. Los números de tamaño (tamaños de granulometría), para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas. Para la construcción de vías terrestres, la norma ASTM D 448 en lista los trece números de tamaño de la ASTM C 33, mas otros seis números de tamaño para agregado grueso. La arena o agregado fino solamente tiene un rango de tamaños de partícula.

2.2.9. ¿Qué es el CBR de un suelo?

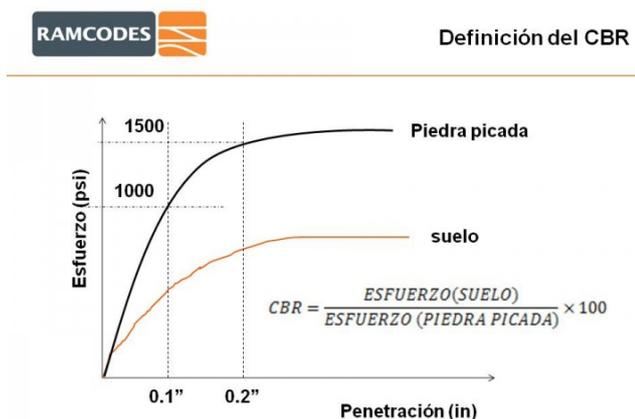
¹⁶El CBR es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala. CBR significa en español relación de soporte California, por las siglas en inglés de «California Bearing Ratio», aunque en países como México se conoce también este ensayo por las siglas VRS, de Valor Relativo del Soporte. Aunque fue desarrollado en 1925, el ensayo comienza a aparecer en los estándares norteamericanos ASTM (por American Standards for Testing and Materials) desde 1964, en su versión para laboratorio (ASTM D 1883), y en su versión para campo (ASTM D 4429). A pesar de sus múltiples limitaciones, como se indicarán más adelante en este artículo, hoy

¹⁵ Fuente: <https://civilgeeks.com/2013/11/25/granulometria-suelos-ing-nestor-luis-sanchez/>

¹⁶ Fuente: <https://civilgeeks.com/2012/08/14/que-es-el-cbr-de-un-suelo/>

por hoy, el CBR es uno de los ensayos más extendidos y aceptados en el mundo debido al relativo bajo costo de ejecución (si se compara con ensayos triaxiales), y a que está asociado a un número de correlaciones y métodos semi-empíricos de diseño de pavimentos. Según la norma ASTM D 1883-07, el CBR es un ensayo de carga que usa un pistón metálico, de 0.5 pulgadas cuadradas de área, para penetrar desde la superficie de un suelo compactado en un molde metálico a una velocidad constante de penetración. Se define CBR, el parámetro del ensayo, como la relación entre la carga unitaria en el pistón requerida para penetrar 0.1" (2.5 cm) y 0.2" (5 cm) en el suelo ensayado, y la carga unitaria requerida para penetrar la misma cantidad en una piedra picada bien gradada estándar; esta relación se expresa en porcentaje. Bien, por cada espécimen de suelo se calculan dos valores de CBR, uno a 0.1" de penetración, y el otro a 0.2" de penetración. La pregunta de siempre es ¿cuál de los dos es el CBR que se reporta? ASTM dice que el que se reporta es el de 0.1" mientras este sea menor que el de 0.2". En el caso en el que el valor de CBR para 0.1" fuera mayor que el de 0.2" habría que repetir el ensayo para ese espécimen (La norma en inglés dice «rerun», que traducimos como volver a hacer el ensayo, pero no aclara si hay que volver a fabricar el espécimen o si se puede utilizar la opción de voltearlo y ensayarlo por el otro extremo).

FIGURA N°.3 ESFUERZO VS PENETRACIÓN



Fuente: <https://civilgeeks.com/2012/08/14/que-es-el-cbr-de-un-suelo/>

Los valores de CBR cercanos a 0% representan a suelos de pobre calidad, mientras que los más cercanos a 100% son indicativos de la mejor calidad. Antes

de que pregunten les digo que sí, es posible obtener registros de CBR mayores que 100%, típicamente en suelos ensayados en condición «en seco» o «tal como se compactó». Ante las preguntas que nos hay llegado prometo escribir un artículo especialmente para soportar este aspecto con resultados reales de pruebas.

En la versión de CBR de laboratorio, los especímenes de suelo se compactan con el equipamiento del ensayo Proctor, utilizando moldes de 6" de diámetro y martillo grande. La velocidad de penetración del pistón durante el ensayo es constante e igual a 1.27 mm/min.

2.2.10. Límites de Atterberg

¹⁷Los límites de Atterberg, límites de plasticidad o límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos,¹ aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg (1846-1916).

Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco, va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico y, finalmente, líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad, para ello se forman pequeños cilindros de espesor con el suelo. Siguiendo estos procedimientos se definen tres límites:

Límite líquido: cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.

Límite plástico: cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.

Límite de retracción o contracción: cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y se contrae al perder humedad.

¹⁷ Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmites_de_Atterberg

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. SUELOS REFORZADOS

¹⁸El refuerzo del suelo ha sido un concepto geotécnico importante desde la época antigua. El ejemplo más antiguo es construido por los babilonios 3000 años atrás. La Gran Muralla de China, construido hace más de 2000 años que a su vez es también un famoso ejemplo de una antigua estructura de suelo reforzado

Materiales naturales como ramas de árboles fueron el material de refuerzo típico de refuerzo del suelo durante un largo periodo de tiempo. En la década de 1970 en Europa, se desarrollaron materiales de refuerzo poliméricos con una forma de rejilla (geomallas), dando lugar a suelos reforzados con geosintéticos (GRS).

Los países asiáticos han hecho notables progresos en el desarrollo de su infraestructura en las últimas décadas.

2.3.2. REFUERZO CON FIBRA SINTÉTICA.

¹⁹Desde la antigüedad se han utilizado fibras naturales para la mejora de las propiedades de los materiales que intervienen en la construcción. En la actualidad se están empezando a emplear fibras artificiales que se obtienen como excedente de procesos industriales y son susceptibles de ser utilizadas como mejora de diferentes materiales, entre otros el suelo.

Estos trabajos, básicamente, han consistido en realizar una revisión de las publicaciones más significativas que, con relación a este tema, ha tenido acceso el Comité y por otro en la ejecución de una serie de ensayos de laboratorio con diferentes muestras de suelos mezclados con distintos tipos de fibras.

2.3.2.1. Propiedades y características de las fibras

Las fibras pueden ser de origen natural o de origen artificial o sintético. Las fibras naturales de origen animal y vegetal son biodegradables y se usan sólo en los casos que se requiera dicha cualidad.

¹⁸ Referencia: Jiménez Salas J, Justo Alpañes J, Serrano González A. Geotecnia y cimientos. Madrid: Rueda; 1975.

¹⁹ Referencia: Refuerzo de suelos con fibra sintética Asociación Técnica de Carreteras Comité de geotecnia vial

Las fibras naturales minerales (amianto, asbesto) tienen diferentes usos industriales que hoy tienen prohibido su uso por ser cancerígenas. Otras fibras derivadas de metales (alambres) no se usan solas para refuerzo. Algunas como las de vidrio, podrían usarse pero son muy quebradizas y tienen una superficie muy lisa, por lo que su uso se restringe también a aplicaciones especiales.

En cuanto a fibras sintéticas, sería muy largo enumerarlas todas, por lo que se va a mencionar las más usadas en el mercado, las de mayor producción.

Estas fibras son:

Poliacrilonitrilo PAN (estándar y alta tenacidad)

Poliamidas (Varios tipos de poliamida)

Poliéster PES (estándar y alta tenacidad)

Polietileno PE (Varios tipos)

Polipropileno PP (atáctico, isotáctico: estándar o alta tenacidad)

Todas ellas, además, pueden tener tratamientos antibacterias y antimoho, así como otras características diferenciadas tanto físicas como químicas.

Cabe mencionar también que, dado que la investigación no cesa, todos los años salen nuevas fibras, o nuevas familias de polímeros o nuevos tratamientos o modificaciones, por lo que la lista que se encuentra en este artículo se debe considerar como orientativa a día de hoy y naturalmente variará en el futuro.

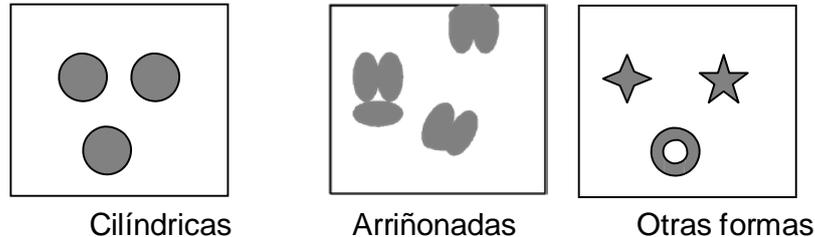
a) Propiedades mecánicas y características físicas

- Tenacidad (N/tex). Deben tener una tenacidad suficiente y siempre mayor que el esfuerzo que deben soportar.
- Alargamiento (%). Para una misma tenacidad, cuanto menos alargamiento mejor, o lo que es lo mismo, a mayor módulo de elasticidad (N/tex), mejor es la fibra para refuerzo.
- Densidad o peso específico de la fibra (g/cm³). Cuanto menor sea, mayor será la superficie de fibra para un mismo peso dado.
- Diámetro (µm). Cuanto menor sea el diámetro mayor será la superficie específica para un mismo peso.

- Título (dtex). Peso en gramos de 10.000 m lineales de fibra o filamento.

Forma. Debido a las características de cada polímero y a la forma de obtención de las fibras y los dispositivos empleados, las fibras pueden tener diferentes formas:

FIGURA N°4 FORMAS DE LOS POLÍMEROS



Fuente: Refuerzo de suelos con fibra sintética Asociación Técnica de Carreteras Comité de geotecnia vial

- Superficie (mm^2/m). También en función del polímero y de su forma de obtención, la superficie puede ser lisa o rugosa, con lo cual la superficie específica será superior en este segundo caso y por tanto mayor el rozamiento con otros materiales.
- Resistencia a la compresión. Es la fuerza de rotura en relación con la sección en un ensayo de compresión.
- Módulo de cizallamiento. Es el módulo de elasticidad medido en un ensayo de torsión.

Rizado (ondas/cm y amplitud de las ondas). Las fibras sin rizado no "enlazan" entre ellas. Las fibras con rizado pueden quedar retenidas unas con otras.

b) Propiedades químicas y medioambientales.

Resistencia a los ácidos
Resistencia a los álcalis
Resistencia a los disolventes
Resistencia a los rayos UV y a la intemperie
Resistencia a los microorganismos
Tasa de humedad
Biodegradabilidad

2.3.3. ELECCIÓN DE LA FIBRA ADECUADA

²⁰Como se puede imaginar y conocer, por las características intrínsecas de cada

²⁰ Referencia: Refuerzo de suelos con fibra sintética Asociación Técnica de Carreteras Comité de geotecnia vial

polímero, de la forma de obtenerlo (proceso) y de los posibles aditivos que se le hayan podido incorporar, se encuentran en el mercado una variedad enorme de fibras de diferentes características que, si bien en un principio fueron concebidas para ser empleadas en la industria textil, hoy en día ya se están fabricando para diferentes ramos de la ingeniería.

El factor o característica dominante a la que, al final, se debe remitir la selección es el coste final de la fibra en la proporción adecuada para cumplir con unas especificaciones o expectativas dadas.

Si lo que se quiere es que la superficie específica de la fibra sea elevada, pues su misión ofrecer resistencia al deslizamiento, se elegirá una fibra de pequeño diámetro y a ser posible de sección no circular y rugosa para ofrecer una mayor superficie por unidad de peso.

Si lo que se pretende es que sea biodegradable, se usarán fibras naturales animales o vegetales o sintéticas con diferentes componentes químicos que hagan descomponer a la fibra a lo largo de un cierto tiempo, ya sea por sí solas o en contacto con ciertas sustancias o con ciertos medios.

Si estas fibras deben estar en contacto con microorganismos, ácidos o álcalis, productos oxidantes, etc., se deberá revisar su comportamiento frente a estas sustancias.

Generalmente, las fibras reprocesadas o regeneradas (que son las fibras que se vuelven a procesar después de haber sufrido uno o más procesos de fabricación) se encuentran en el mercado a precios inferiores a los de las fibras vírgenes, pero suelen tener mermadas alguna de sus características, especialmente en lo que se refiere a su tenacidad.

Como se ha dicho, existen unas fibras que, por su proceso de obtención (por haberlas pigmentado y no haber logrado el color deseado) no son aptas para lo que fueron fabricadas, pero siguen siendo vírgenes para otras funciones: refuerzo de tierras, de hormigones, asfaltos, fabricación de Geotextiles, etc.

En el caso de seleccionar una fibra para que sujete o arme tierras, cemento o asfalto, además de la compatibilidad o resistencia a los diferentes agentes que pueden atacarla o perjudicarla, tiene que tener una buena superficie específica y una tenacidad suficiente, o dicho de otro modo, tener un módulo adecuado, facilidad en encontrar

cantidades suficientes en el mercado y precios o costes asequibles.

Cuando se dice que una tenacidad o módulo de elasticidad es adecuada, lo que se quiere decir es que las fibras deben ser más tenaces que los materiales que deben armar. No es necesario que sean mucho más tenaces, ya que sólo se aprovecha la tenacidad compatible con el rozamiento, es decir, a mayor rozamiento mayor será la tenacidad necesaria para que las fibras no se rompan ni que el material se disgregue.

La gran mayoría de fibras sintéticas tiene suficiente tenacidad para cumplir con los requisitos necesarios para su uso en refuerzo, incluso las fibras reprocesadas, si es que no se han degradado mucho al procesarlas una o más veces, suelen tener la tenacidad suficiente para la mayoría de aplicaciones.

2.3.4. FIBRA PARA EL REFUERZO DE TIERRAS

²¹Como se ha visto en el apartado anterior, se deben elegir las fibras en función de sus características técnicas y también en función de su facilidad de servicio y su coste.

Hoy por hoy, las fibras sintéticas de mayor producción en el mercado, las más utilizadas y también las de menor coste (posiblemente por ser las que se producen a mayor escala) son PAN, PA 6.6, PA 6, PES, PE, PP.

Sus precios no varían mucho de unas a otras, son fáciles de encontrar en el mercado Por todo ello, se muestra a continuación la siguiente Tabla con las características representativas de estas fibras para estos usos en grandes cantidades y se pueden conseguir también reprocesadas

TABLA N° 4 CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS

Fibra		p.e.	Tenac*	A.Rot	Forma	Resistencia a			
	SIM	g/cm	N/tex	%	Secc.	Acido	Alcalis	UV	Microorg.
Poliacrilonitrilo	PAN	1.17	0,2-0,4	17-45	Riñón	+++	++	+++	++++
Poliamida 6	PA6	1.12	0,4-0,57	18-30	Circular	++	++	++	+++
Poliamida 6.6	PA66	1.14	0,4-0,44	15-42	Circular	+	+++	+	++
Poliéster	PES	1.38	0,37-	13-40	Circular	+++	++	+++	+++
Polietileno	PE	0,95	0,5	18-30	Circular	++++	++++	++	++++
Polipropileno	PP	0,91	0,4	20-25	Circular	++++	++++	+	++++

Fuente: Refuerzo de suelos con fibra sintética Asociación Técnica de Carreteras Comité de geotecnia vial

*Nota: Las mismas fibras en alta tenacidad (HT ó AT) aumentan su tenacidad un 70-80 %.

²¹ Referencia: Refuerzo de suelos con fibra sintética Asociación Técnica de Carreteras Comité de geotecnia vial

Desde el punto de vista de la fabricación, aunque todas ellas pueden, en teoría, fabricarse a diámetros muy pequeños, en la práctica resulta que, por ejemplo, las fibras PE y PP no se fabrican a menos de 3 dtex mientras que las demás se fabrican normalmente hasta 1,5 dtex.

En principio, todas ellas deben ser válidas para el refuerzo de suelos, pero para hallar una relación entre diámetro y superficie específica, se muestra la siguiente tabla:

TABLA N° 5 RELACION ENTRE DIAMETRO Y SUPERFICIE ESPECÍFICA

Fibra	SIM	1,65 dtex		3,3 dtex		6,6 dtex	
		Φ	Superfi	Φ	Superfi	Φ	Superfi
		μm	m ² /Kg	μm	m ² /Kg	μm	m ² /Kg
Poliacrilonitrilo	PAN	12	300.000	19	200.000	26	150.000
Poliamida 6	PA6	13	290.000	20	176.00	27	131.000
Poliamida 6.6	PA66	13	270.000	20	177.000	27	131.000
Poliéster	PES	11	260.000	17	170.000	25	116.000
Polietileno	PE	14	300.000	21	200.000	29	145.000
Polipropileno	PP	15	290.000	22	199.000	30	146.000

Fuente: Refuerzo de suelos con fibra sintética Asociación Técnica de Carreteras Comité de geotecnia vial

Como puede observarse, la superficie específica es muy similar de una fibra a otra y, realmente, la diferencia está más en el diámetro o finura que en la clase de polímero.

²²Otra cosa a contemplar puede ser la posible compatibilidad / incompatibilidad de las fibras con el medio a reforzar por el hecho de que algunas (PAN) son susceptibles de hacer ciertas uniones físico-químicas mientras que otras como el PP, PE y PES no tienen tantas posibilidades. También, desde el punto de vista de "manejabilidad" o práctica de uso, las fibras como el polipropileno son mucho más "volátiles" que las demás, lo cual requiere ciertos cuidados cuando hay que colocarlas con viento. En cuanto a la longitud de las fibras se puede admitir que fibras cortas y largas sirven para refuerzo y que las muy cortas sólo para refuerzo, mientras que las largas pueden ejercer también funciones de retención o filtro. El uso, pues, de unas o de otras, o de ambas, dependerá de las funciones que queramos que realicen.

²² Referencia: Refuerzo de suelos con fibra sintética Asociación Técnica de Carreteras Comité de geotecnia vial

También se puede "fabricar in situ" una especie de Geotextil: bastará esparcir por la superficie del suelo una capa de fibras que pueden ser cortas si sólo tenemos que reforzar el terreno o cortas y largas o sólo largas si además queremos que hagan funciones de filtro (o hasta drenaje y protección). A continuación podemos poner la siguiente capa o tongada de tierra.

Por orden creciente de precios las fibras usadas, así como sus correspondientes fibras reprocesadas, son:

PP

PES

PAN

PE

PA

²³Para elegir la longitud de las fibras para "armado", deberemos tener en cuenta la granulometría del suelo. Así, por ejemplo, una fibra de 4 mm de longitud no puede "armar" áridos de más de 50 mm de diámetro, ni al contrario, no se puede armar un árido fino de 2 mm con una fibra de 100 mm puesto que lo más fácil es que se apelmace y que se hagan "pelotas" de fibra. Las longitudes "estándar" que se encuentran en el mercado son 25mm, 60mm, 80mm, 110mm, si bien, pueden conseguirse longitudes menores y mayores para casos especiales.

Al tratar este tema hemos entrado también en la capacidad de dispersión y repartido de la fibra en el suelo. Las fibras se apelmazan y forman grumos o pelotas. Deben tener un tratamiento superficial para que se dispersen bien. A ello ayuda el que la fibra sea mejor o peor conductora de electricidad. Una fibra mala conductora se electriza más fácilmente.

Para repartir en la tierra, las fibras que mejor se reparten son las de PAN, seguidas de las de PES y las de PP.

²³ Referencia: Refuerzo de suelos con fibra sintética Asociación Técnica de Carreteras Comité de geotecnia vial

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La Incorporación de Fibras Sintéticas tiene efecto positivo en las propiedades de un suelo, aplicado a vías en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Las propiedades físico mecánicas de un suelo natural repercuten directamente en los afirmados del distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017
- Las propiedades físico mecánicas de las fibras Sintéticas mejoran los afirmados del distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017
- Las propiedades físico mecánicas de un suelo incorporando fibras sintéticas inciden directamente a un suelo aplicado a Vías del distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017

2.5. VARIABLES E INDICADORES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

FIBRAS SINTÉTICAS

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

PROPIEDADES MECÁNICAS

2.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

TABLA N°6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE VALORACIÓN
Fibras Sintéticas	Propiedades físicas de la fibra sintética	1. Especificaciones Técnicas del Producto 2. Norma	1.1. Densidad real aprox.: 1.17 kg/l 1.2. Absorción de agua: < 2% 1.3. Módulo de elasticidad: 15,000 kg/cm ² 1.4. Alargamiento de rotura 26% 1.5. Resistencia a tracción: 468 kg/cm ² 1.6. Resistencia química: inerte a los álcalis del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. no se pudre y es resistente a hongos y bacterias. 1.7. Durabilidad: indefinida 1.8. Transición vítrea: 310 °c 1.9. Longitud: 20 mm 2.1. Norma: a los concretos a los que se agregado sikacem®-1 fiber cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116
Propiedades Mecánicas	Propiedades mecánicas de los afirmados sin refuerzo de fibra sintética	1. Análisis Granulométrico 2. Límites de consistencia 3. Desgaste por abrasión 4. Ensayo de compactación proctor modificado	1.1. Porcentaje de material pasante (%) 2.1. Límite Líquido (u/u) 2.2. Límite Plástico (u/u) 2.3. Índice de Plasticidad (u/u) 3.1. Porcentaje de desgaste (%) 4.1. Densidad Máxima seca (gr/cm ³) 4.2. Contenido de humedad óptimo (%)
	Propiedades mecánicas de los afirmados con refuerzo óptimo de fibra sintética de polipropileno	1. California Bearing Ratio (CBR en laboratorio)	1.1. Densidad (gr/cm ³) 1.2. CBR (%)

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Método hipotético-deductivo

Se propone la hipótesis como consecuencia de inferencias del conjunto de datos empíricos y de principios y leyes generales. En el primer caso arriba a la hipótesis mediante procedimientos inductivos y en segundo caso mediante procedimientos deductivos. Es la vía primera de inferencias lógico deductivo para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que después se puedan comprobar experimentalmente.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Experimental, ya que se manipulará de manera intencional la variable independiente **FIBRAS SINTÉTICAS** (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre la variable dependiente **PROPIEDADES MECÁNICAS** (efectos)

El tratamiento que se realiza es la incorporación de Fibra Sintética al Suelo de cantera con la finalidad de que sus propiedades mecánicas de soporte cambien de manera favorable para el afirmado futuro de acuerdo a 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes conocido como ensayo de laboratorio CBR de acuerdo a la tabla que sigue:

TABLA N°7 CANTIDAD DE PRUEBAS CBR PARA BASE Y AFIRMADO

DOSIFICACIÓN	CANTIDAD DE PRUEBAS	
	CBR AL 95 (%)	CBR AL 100 (%)
0.1% DE FIBRA	1	1
0.5% DE FIBRA	1	1
1.0 % DE FIBRA	1	1
2.0 % DE FIBRA	1	1
TOTAL	4	4

Fuente: Elaboración propia

3.2.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

a) Investigación exploratoria:

Se tomarán datos de campo. Esta información recopilada referida a la problemática de los afirmados, será básicamente de los deterioros presentados en las vías de afirmado, estos deterioros se tomaron con los instrumentos

necesarios indicando medidas y muestras para ser llevadas a laboratorio y así analizar los resultados que se obtenga, todas estas saldrán de la información recabada, esta información nos llevara a optimizar el tratamiento de afirmados reforzados.

b) Investigación descriptiva:

Para la descripción se realizó experimentos mediante la dosificación de fibra de polipropileno a la vía afirmada, pudiéndose cualificar y cuantificar el desempeño de la nueva estructura, se realizaron ensayos mecánicos en laboratorio (CBR).

c) Investigación explicativa:

Seguidamente se plantean varias muestras para llegar a las alternativas de solución técnica a los problemas ya planteados se vio necesario el estudio de los métodos de diseño actuales y un análisis de las variables que estos proponen.

d) Investigación correlacional:

Se buscará la correlación entre las variables independientes y dependientes, y se aplicará la correlación r de Pearson de 4 muestras con la finalidad de correlacionar los resultados estadísticos. Con lo cual se propondrá un diseño estructural de capa de afirmado con refuerzo de fibra sintética óptimo para el diseño.

3.3. OBJETO DE ESTUDIO Y MUESTRA

3.3.1. OBJETO DE ESTUDIO

Por la naturaleza de la investigación se va a considerar como objeto de estudio la cantidad de ensayos mecánicos del afirmado del camino vecinal Jacantaya del Distrito de Moho de la Región de Puno, en esta investigación 4 ensayos mecánicos de CBR con diferente dosificación de fibra.

3.3.2. MUESTRA

No Probabilístico, de acuerdo al tramo de prueba se realizó 01 prueba de CBR por cada dosificación

El tramo de prueba se ha ubicado a la salida de una cantera, para poder evidenciar su comportamiento ante un tráfico excepcional.

TABLA N° 08 El tramo de prueba se realizó considerando lo siguiente

ANCHO (m)	ESPESOR (m)	LONGITUD (m)	COMPACTADO (m3)	ESPONJADO (m3)	DENSIDAD (kg/m3)	DOSIFICACION DE FIBRA	FIBRA (kg)
5	0.18	120.00	107.142857	129	1400	0.1%	540

Fuente: Elaboración propia

El tramo de prueba se realizó desde el km 14+090 al km 14+210 del camino Moho, Jacantaya el cual pertenece a la provincia de Moho. Por otra parte, la NORMA "Manual de Carreteras", Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, en la Sección Suelos y Pavimentos R.D. N°10-2014-MTC/14, menciona la cantidad mínima de Ensayos a realizar, por ser una carretera de tercera clase con $IMDA \leq 400$ veh/día con una calzada de 2 carriles

TABLA N° 09 Número de Ensayos para Modulo Resiliente y CBR

Número de Ensayos M_R y CBR

Tipo de Carretera	N° M_R y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> 1 M_R cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1.5 km se realizará un CBR (*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 2 km se realizará un CBR (*)
Carreteras con un $IMDA \leq 200$ veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

(*): La necesidad de efectuar los ensayo de modulos de resiliencia, será determinado en los respectivos términos de referencia, previa evaluación de la zona de estudio y la importancia de la obra.

Fuente: Manual de ensayo de materiales del MTC

Total de muestras realizadas 04 de acuerdo a las diferentes dosificaciones de Fibra Sintética

TABLA N° 10 Número de Muestras

DOSIFICACIÓN	CBR (%)
0.1% DE FIBRA	54.03
0.5% DE FIBRA	58.90
1.0 % DE FIBRA	64.23
2.0 % DE FIBRA	10.68

Fuente: Elaboración propia

3.4. TÉCNICAS, FUENTES E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

²⁴Para la determinación de las propiedades mecánicas del afirmado reforzado se usarán los siguientes instrumentos:

- Granulometría: ASTM D422; MTC E107
- Límites de consistencia: ASTM D423 & D424; MTC E110 – E111
- Clasificación de suelos: ASTM D2487
- Ensayo de compactación Proctor Modificado: ASTM D1557; MTC E115
- Desgaste por abrasión e impacto los Angeles: ASTM C131; MTC E207
- California Bearing Ratio (CBR en laboratorio): ASTM D1883; MTC E132
- Compactación: ASTM D 1556 & D2922; MTC 117- E124

Con esta instrumentación se obtendrá las propiedades mecánicas del afirmado reforzado con sus respectivos ensayos de laboratorio, tales como; Ensayos de reconocimiento de terreno, análisis granulométrico por tamizado y sedimentación, determinación de los límites de Atterberg, Contenido de Humedad, densidad de suelo, Ensayo de compresión no confinada, ensayo de proctor, control de compactación determinación de densidad "in situ", estos ensayos se realizaron a diferentes dosificaciones de fibra sintética siendo estas de 04 muestras de afirmado reforzado en el camino vecinal de Jacantaya

²⁴ Referencia: Badillo E. Mecánica de suelos

3.4.1. TÉCNICA, DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1.1. EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES EMPLEADOS.

3.4.1.1.1. GRANULOMETRÍA POR MALLAS (ASTM D 422).

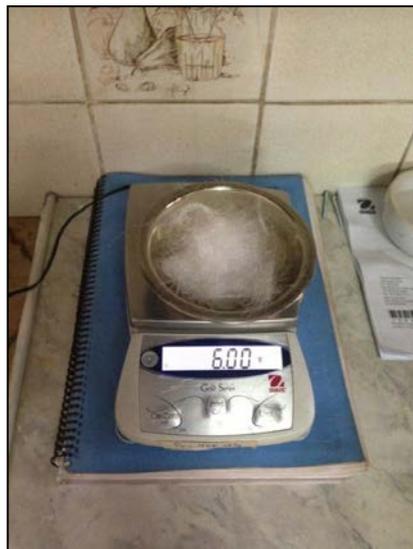
De los costales en los que se almacenaba la muestra de suelo, se separó una proporción que fue disgregada, homogenizada y cuarteada.

FIGURA N° 5 CUARTEO DE MUESTRA DE SUELO Y TAMIZAJE POR LAS MALLAS



Después de ser cuarteada, se escogieron 2 cuartos de la muestra para realizarles el proceso de tamizaje para la granulometría por mallas. Al realizarle el proceso de tamizaje se obtienen los siguientes resultados. Es importante aclarar que para este proceso se lavó todo el material que quedó retenido en la malla 200.

FIGURA N° 6 PESO DE LA FIBRA PARA UNA DOSIFICACIÓN DE 0.1%. Y DE LONGITUD DE 5CM



3.4.1.1.2. LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D423 – D424).

Para encontrar los límites Atterberg, se comenzó con la prueba de límite líquido, la cual se hizo con el suelo que estuviera seco al aire, para este procedimiento se utilizó suelo pasa tamiz número 40, el cual fue humedecido para posteriormente moldearlo en la máquina de casa grande (figura N°12) y contar el número de golpes necesario para cerrar la ranura previamente hecha con el separador.

FIGURA N° 7 COPA DE CASAGRANDE Y LIMITE PLÁSTICO



Luego de este procedimiento se realizaron los cálculos.

FIGURA N° 8 DISTRIBUCIÓN MANUAL DE LA FIBRA EN EL SUELO PARA COMPACTACIÓN Y AÑADIDURA DE AGUA PARA ALCANZAR EL CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD



3.4.1.1.3. COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1556).

Para la ejecución de este ensayo fue necesario tomar 4 muestras de suelo que pasara por el tamiz número 4 para garantizar que solo se le fuera hacer la prueba al suelo y no hubiera piedras, cada muestra tenía una masa de 3.5 kg y se organizaron en bolsas a las que se le agregaron 100, 200, 300 y 350 ml de agua, luego de esto se procedió a sacar la energía de compactación que arrojó un número de 25 golpes en 3 capas. A cada muestra se le realizó el mismo procedimiento. como resultado se obtuvo el contenido de humedad óptimo de 12.50% y la densidad máxima seca de 1.920 g/cm³ datos con los cuales se desarrollaron los ensayos de corte directo y CBR. En los anexos se muestran los resultados obtenidos con este ensayo.

FIGURA N° 9 COMPACTACIÓN DEL AFIRMADO CON FIBRA SINTETICA.



FIGURA N° 10 ENRASAMIENTO DE LA COMPACTACIÓN.



3.4.1.1.4. CALIFORNIA BEARING RATIO CBR (ASTM D 1883).

Los ensayos de CBR se hacen usualmente en muestras compactadas al contenido de humedad óptima para un suelo específico.

EXPANSIÓN

Método de sumergir la muestra y medir los cambios volumétricos.

Se coloca un filtro de papel sobre la superficie de la muestra compactada, luego la placa perforada con su vástago y sobre esta los pesos y sobrepesos requeridos.

Se coloca un extensómetro junto con un trípode que sirva para sostenerlo. Se sumerge la muestra en el recipiente y se deja allí durante cuatro días hasta que esté completamente saturada y no tenga más cambios volumétricos; se debe tomar la lectura de los extensómetros todos los días. Al cabo de 4 días se saca el molde del agua, se seca y se deja escurrir por espacio de 15 minutos.

Se quitan los sobrepesos y se pesa la muestra saturada con el fin de apreciar la cantidad de agua absorbida por el espécimen. La muestra se encuentra lista para la penetración del pistón.

PENETRACIÓN

Procedimiento (Penetración del Pistón)

Se colocan de nuevo los sobrepesos sobre la muestra saturada.

Se coloca la muestra sobre la plataforma de prensa del C.B.R. La muestra debe estar alineada con el pistón; se levanta la plataforma por medio del gato hidráulico hasta que el pistón esté en contacto con la muestra y se le esté aplicando una carga de 10 libras. Después se vuelve a colocar en cero el indicador de carga. Se coloca también el extensómetro en cero.

Se aplica la carga por medio del gato hidráulico de la prensa del C.B.R. a una velocidad de 0.05" por minuto. Se toma la lectura de las cargas, aplicadas a 0.025, 0.050, 0.075, 0.1, 0.3, 0.4 y 0.5" de penetración del pistón.

Se saca la muestra de la prensa del C.B.R. y se toma la muestra de humedad alrededor del orificio dejado por el pistón.

Para sacar la muestra del molde se usa el extractor de muestras con la placa de 6" de diámetro.

Se determina el valor del C.B.R. para cada molde tomando en cuenta que: La relación C.B.R. generalmente se determina para 1" y 2" de penetración, osea para un esfuerzo de 1000 y 1500 libras por pulgada cuadrada en el patrón, respectivamente. De estos dos valores se usa el que sea mayor. Se grafican los valores respectivos de Densidad Seca (antes de saturar) y C.B.R. de cada molde.

Se determina el C.B.R. de la muestra de acuerdo a la Densidad Seca Máxima obtenida en el ensayo de Compactación, como se muestra a continuación:

$$\text{C.B.R.} = \frac{\text{Esfuerzo en el Suelo Ensayado}}{\text{Esfuerzo en el Suelo Patrón}}$$

TABLA N° 11 Los Valores para el patrón, se muestran a continuación:

PENETRACIÓN (plg.)	ESFUERZO (lb./plg. ²)
01	1.000
02	1.500
03	1.900
04	2.300
05	2.600

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 16 MOLDE CBR Y EQUIPO CBR



CAPÍTULO IV

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADO DEL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO.

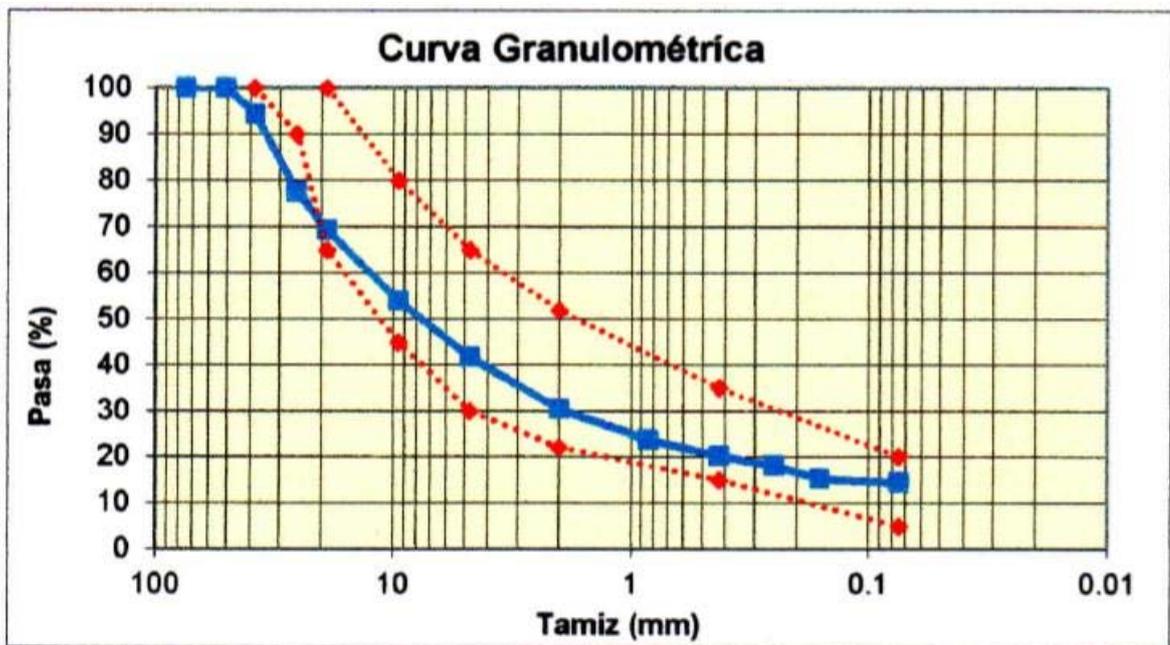
Los resultados del primer objetivo se determinaron mediante los ensayos de laboratorio, estos fueron aquellos que nos permitieron medir tanto las características físicas como mecánicas del afirmado reforzado, estos fueron realizados en la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones –Puno

4.1.1. PROPIEDADES FÍSICAS

4.1.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

El análisis granulométrico se realizó mediante la norma MTC E 107-2000 ASTM D 422 a través de tamizado.

GRAFICO N° 01 CURVA GRANULOMÉTRICA



Fuente: Elaboración propia

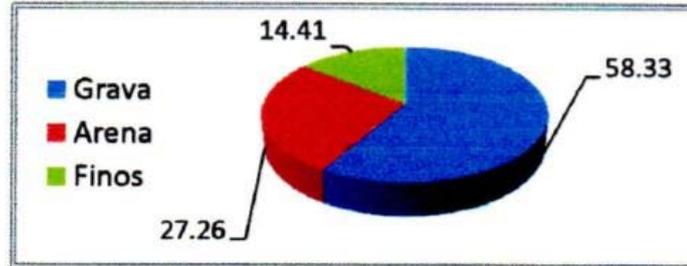
De la gráfica N° 01, se observa que los resultados mostrados entre la curva superior e inferior se encuentran dentro de los límites permisibles para el afirmado. Estas propiedades repercuten de manera positiva la granulometría material a utilizarse en el afirmado.

Discusión frente a los Antecedentes:

De acuerdo a los Antecedentes del Autor C. Fernández Calvo, el comportamiento mecánico de suelos cohesivos y expansivos es importante para conocer las propiedades físico mecánicas del suelo.

Observación: El material que se utilizó proveniente de la cantera de M (km 11+000 del camino Umuchi - Moho), como demuestra la curva posee un desfase al comienzo debido a la presencia de piedra de 2" a 2.5".

GRÁFICO N° 02 CLASIFICACIÓN MÉTODO ASTM



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 02, se observa los resultados mostrados en la gráfica anterior y se puede observar que el suelo es 58.33% de grava, 27.26 % de arena y 14.41 % de finos entre arcillas y limos. Estas propiedades repercuten de manera positiva la granulometría material a utilizarse en el afirmado.

Discusión frente a los Antecedentes:

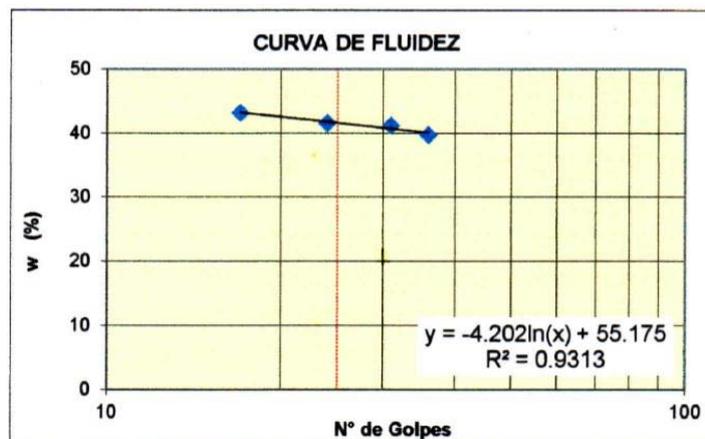
De acuerdo a los Antecedentes del Autor C. Fernández Calvo, el comportamiento mecánico de suelos cohesivos y expansivos es indispensable para la preparación de las muestras a utilizar.

4.1.1.2. LÍMITES DE CONSISTENCIA

A) LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO.

El límite líquido fue realizado mediante la norma ASTM D 423, y el límite plástico se realizó mediante la norma ASTM D 424.

GRÁFICO N° 03 LIMITES DE CONSISTENCIA



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 03, se observa los resultados mostrados a 25 golpes y se obtienen los siguientes resultados:.

TABLA N° 12 Resultados Límites de Consistencia

Límite Líquido	41.65
Límite Plástico	29.97
Índice de Plasticidad	11.68

Fuente: Elaboración propia

B) Clasificación de suelo.

- Clasificación SUCS.- Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas de con finos (suelo sucio)

Grava Limosa con arena GM

- Clasificación AASHTO.

Material granular excelente o bueno como subrasante.

A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa

Valor del índice de grupo (IG): 0

Discusión frente a los Antecedentes:

Según el Autor: Albert Mauritz Atterberg. Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco, va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico y, finalmente, líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

4.1.1.3. DESGASTE POR ABRASIÓN E IMPACTO MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.

La abrasión del material de afirmado fue realizada mediante la norma **MTC E 207 – 2000 ASTM C 131.**

TABLA N° 13 DESGASTE POR ABRASIÓN

GRADACION	N° REVOLUCIONES	N° BILLAS	PESO MUESTRA ANTES DE ENSAYO	PESO DE MUESTRA DESPUES DE ENSAYO	% TOTAL PERDIDA
B	500	11	5000.07	3304.2	33.92

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N° 13, se observa los resultados mostrados y se tiene 33.92 % total de pérdida lo que significa que se encuentra dentro de los límites permisibles en la norma **MTC E 207 – 2000 ASTM C 131**. Estos resultados repercuten de manera positiva frente al desgaste por abrasión.

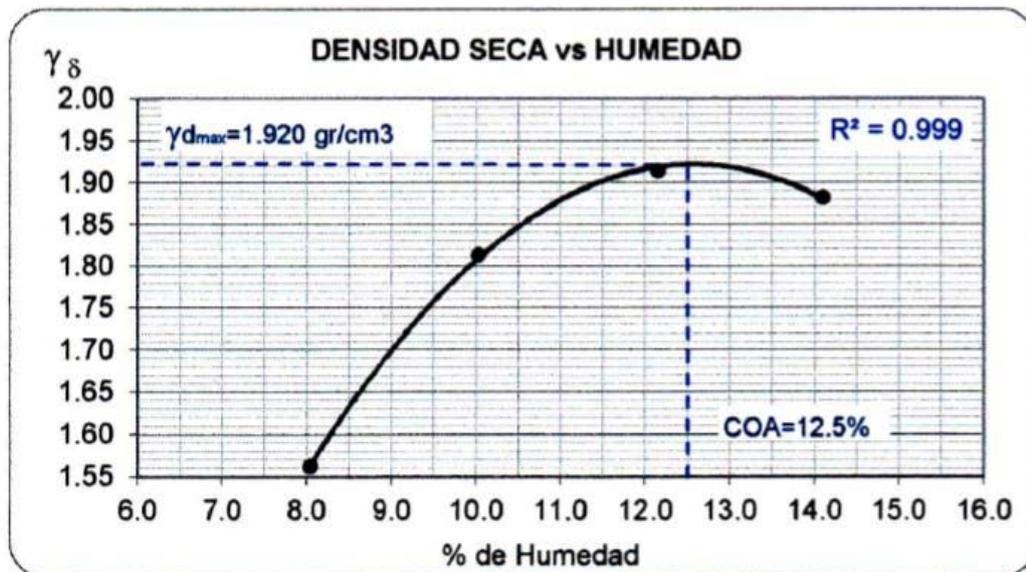
Discusión frente a los Antecedentes:

Esta es la prueba que más se aplica para averiguar la calidad global estructural del agregado grueso. Este método establece el procedimiento a seguir para determinar el desgaste, por abrasión, del agregado grueso, menor de 1½" (38 mm), utilizando la máquina de Los Ángeles

4.1.1.4. ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

El ensayo de Proctor modificado del material de afirmado fue realizado mediante la norma **MTC E 115 – 2000ASTM D 1557**.

GRÁFICO N° 04 CURVA DE COMPACTACIÓN



Fuente: Elaboración propia

Resultado:

TABLA N° 14 Resultados Proctor Modificado

Densidad máxima seca	1.920 gr/cm ³
Optimo % de humedad	12.50 %

Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 04, se observa la curva que indica la densidad máxima seca y el contenido de humedad óptimo, estos se encuentran dentro de los límites

permisibles en la norma **MTC E 115 – 2000 ASTM D 1557**. Estos resultados repercuten de manera positiva.

Discusión frente a los Antecedentes:

De acuerdo a los antecedentes del Autor C. Fernández Calvo, es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada.

4.2. RESULTADO DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO.

Se determinó las propiedades mecánicas de fibras sintéticas y estas Se obtienen por síntesis de diversos productos derivados del petróleo como el poliéster, el **nylon** o spandex, es decir, esta fibra es enteramente química, y tanto la elaboración de la materia prima como la fabricación de la hebra o filamento, son producto del hombre.

Por lo anterior, estos textiles son económicos, versátiles, durables, resistentes y de fácil cuidado, lo cual brinda una mayor libertad a la hora de confeccionar.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL

Un año en un lugar seco y bajo techo, en envases bien cerrados.

DENSIDAD REAL APROX.

1.17 kg/L

ABSORCIÓN DE AGUA

< 2%

MÓDULO DE ELASTICIDAD

15,000 kg/cm²

ALARGAMIENTO DE ROTURA

26%

RESISTENCIA A TRACCIÓN

468 kg/cm²

RESISTENCIA QUÍMICA

Inerte a los álcalis del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. No se pudre y es resistente a hongos y bacterias.

DURABILIDAD

Indefinida

TRANSICIÓN VÍTREA

310 °C

LONGITUD

20 mm

NORMA

A los concretos a los que se agregado SikaCem®-1 Fiber cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116

PRECAUCIONES

SikaCem®-1 Fiber no sustituye a las armaduras principales y secundarias resultantes del cálculo.

La adición de SikaCem®-1 Fiber no evita las grietas derivadas de un mal dimensionamiento y aunque ayuda a controlarlo, no evita las grietas producto de un deficiente curado.

La adición de SikaCem®-1 Fiber es compatible con cualquier otro aditivo de Sika.

Fuente: HOJA TÉCNICA SikaCem®-1 Fiber

Interpretación: de acuerdo a la norma ASTM C 1116 cumplen con los requerimientos, por lo que repercuten favorablemente en el mezclado del suelo.

Discusión frente a los Antecedentes:

De acuerdo a los antecedentes del Autor C. Fernández Calvo, se tiene lo siguiente:

- Existen diferentes fibras que pueden ser utilizadas en el refuerzo de suelos. Las más comunes para usar en estos momentos son las acrílicas poliacrilonitrilo, las de poliéster y las de polipropileno.
- No todas las fibras producen los mismos efectos de refuerzo. Los efectos de refuerzo para tierras los producen más las fibras de mayor superficie específica (más finas, sección no redonda, superficie rugosa).
- Las características intrínsecas de cada fibra son las que pueden determinar su mejor o peor comportamiento.
- Existe una relación directa entre la superficie específica de cada fibra y su capacidad de refuerzo. (A mayor superficie específica, mayor refuerzo)
- Las fibras cortas refuerzan, pero no hacen una función marcada de filtro o retención.
- Las fibras largas pueden hacer también la función de filtro (efecto de retención de finos), pero son más difíciles de mezclar y conseguir una mezcla uniforme. El rizado de las fibras ayuda a que éstas se "líen" unas con otras y se acentúe su acción de filtro, minimizando la infiltración del agua.
- Una vez realizada la mezcla del suelo con las fibras, el material se extiende y compacta con medios convencionales, que deben especificarse en proyecto. No obstante, parece recomendable alcanzar, salvo criterios específicos de la obra, densidades del orden del 95 % del Proctor Normal, siendo preferible el uso de compactadores de pata de cabra, con espesores de tongada limitados por la longitud de los dientes.
- La longitud de las fibras a utilizar está asociada con la granulometría del material a tratar, aunque los artículos no recogen criterios con relación a este parámetro.
- De forma general, parece que los materiales más usados en las fibras para refuerzo de suelo son el polipropileno y el poliéster.

4.3. RESULTADO DEL TERCER OBJETIVO ESPECIFICO.

Los resultados del tercer objetivo se determinaron mediante los ensayos de laboratorio, estos fueron aquellos que nos permitieron medir tanto las características físicas como mecánicamente del afirmado reforzado, estos fueron realizados en la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones – Puno

4.3.1. PROPIEDADES MECÁNICAS.

4.3.1.1. CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR EN LABORATORIO).

El ensayo de CBR se realizó mediante la norma **MTC E 132 – 2000 / ASTM D 1883 – AASTHO 1993**. Los ensayos de CBR se hicieron con la finalidad de encontrar una dosificación adecuada para reforzar el afirmado, para esto se realizó varias pruebas, considerando las siguientes dosificaciones.

- Dosificación al 0.1% del peso de suelo en estado suelto.
- Dosificación al 0.5% del peso de suelo en estado suelto.
- Dosificación al 1.0% del peso de suelo en estado suelto.
- Dosificación al 2.0% del peso de suelo en estado suelto.

Para la dosificación de fibra de polipropileno se ha enfocado mediante dos propiedades mecánicas de los afirmados el de compactación y el CBR, ambos han brindado resultados que nos permiten analizar el comportamiento del suelo.

Un afirmado es una estructura cuya función fundamental es distribuir suficientemente las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva. Además el afirmado debe ofrecer una superficie lisa no resbaladiza que resista la intemperie y, por último, debe proteger el suelo de la pérdida de sus propiedades por efecto del sol, las lluvias y la helada.

4.3.1.1.1. CBR CON DOSIFICACIÓN DE FIBRA AL 0.1% DEL PESO DE AFIRMADO SUELTO

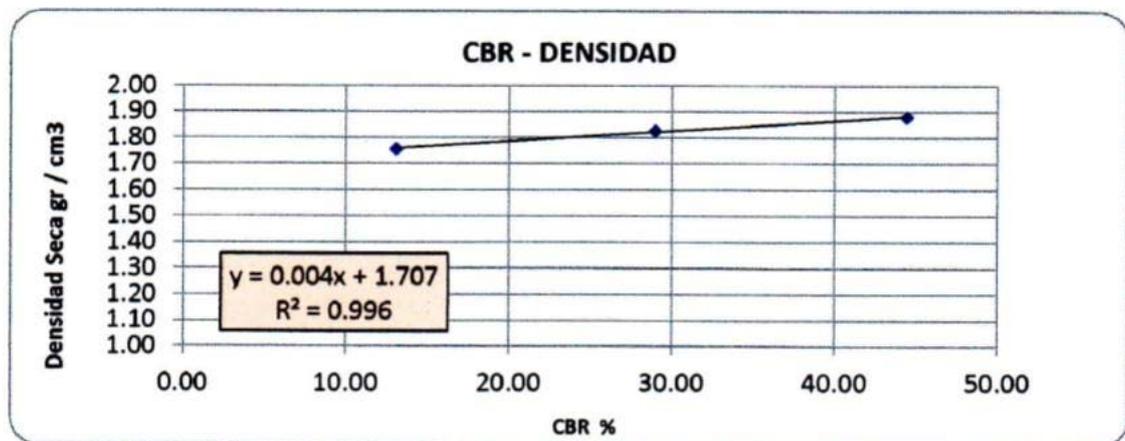
GRÁFICO N° 05 CURVA ESFUERZO PENETRACIÓN PARA 0.1% DE FIBRA



Fuente: Elaboración propia

Para el caso **CURVA ESFUERZO PENETRACIÓN PARA 0.1% DE FIBRA**, se realizó 3 ensayos de CBR el primero de color verde con 56 golpes, color rojo de 25 golpes y el color azul de 12 golpes, donde se tienen los siguientes resultados en 0.5 pulg corresponde 360lb/pulg2 (12 golpes), 720.3 lb/pulg2 (25 golpes), 1190.12 lb/pulg2 (56 golpes), de la misma forma para penetración desde 0.1pulg hasta 0.4 pulg

GRÁFICO N° 06 RECTA DE CBR-DENSIDAD PARA 0.1% DE FIBRA



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 06, para al grado de compactación de 95 % para una densidad seca de 1.824 gr/cm³, se obtuvo un CBR de diseño de 29.73 %, que se encuentra dentro de los límites permisibles para la base, así mismo se determinó para el afirmado que viene a ser la capa de rodadura con un grado de compactación del 100 %, para una densidad seca de 1.920 gr/cm³, se obtuvo un CBR de diseño de 54.03 %, que se encuentra dentro de los límites permisibles para el afirmado. Estas propiedades repercuten de manera positiva la durabilidad del afirmado.

Resultado:

TABLA N° 15 Resultados CBR con dosificación de fibra al 0.1 %

Compactación	Densidad	CBR
Al 95 %	1.824	29.73
Al 100 %	1.920	54.03

Fuente: Elaboración propia

Discusión frente a los Antecedentes:

De acuerdo a los Antecedentes Nacionales del Autor GARCIA AYMAR PEDRO ANTONIO: Al aumentar la dosificación de fibra sintética el asentamiento obtenido será menor, independientemente de la relación agua – cemento. Aquí, es donde actúa el aditivo Poliheed 770R controlando la trabajabilidad del concreto con fibras sintéticas, de similar forma sucede con nuestra Fibra SikaCem -1 Fiber con dosificación al 0.1 % del peso de afirmado suelto, se reduce el espesor del Afirmado en función al incremento del CBR producto de la añadidura de fibra, siendo la máxima reducción de espesor 2 cm, lo cual significaría un ahorro del 10% de afirmado. La dosificación que nos permite disminuir el espesor es de 0.10% de fibra sintética.

TABLA N° 16 Espesor de Diseño de afirmado (cm)

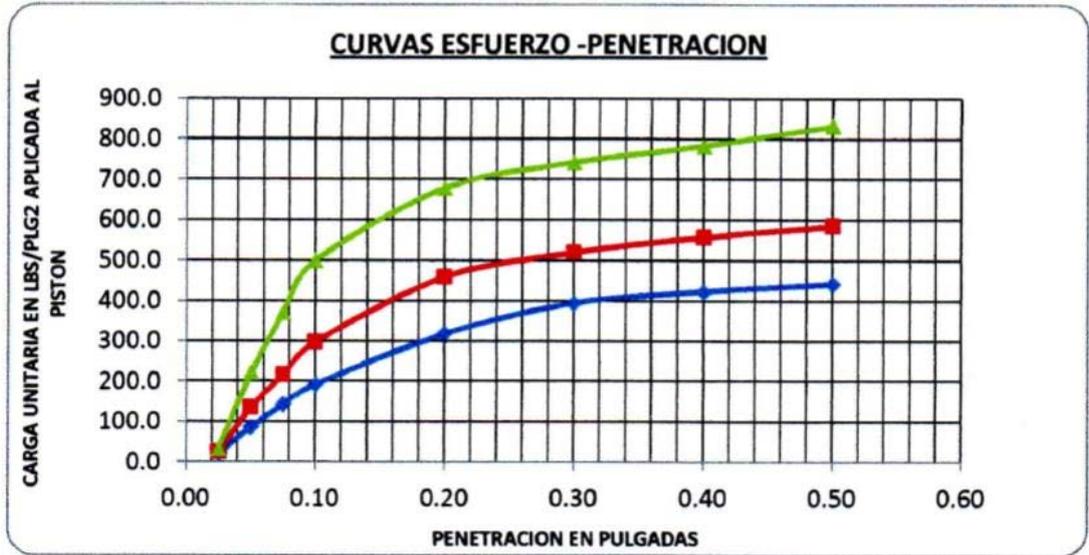
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	CBR (%)	Mr(PSI)	Número estructural a3	Espesor (cm)
Afirmado sin adición de fibra sintética	40	16,199.09	0.11655439	20.00
Afirmado con dosificación de fibra sintética a 0.1% del peso del suelo	54.03	17,499.75	0.12416822	18.00

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se concluye que es OPTIMO para diseño de Afirmado

4.3.1.1.2. CBR CON DOSIFICACIÓN DE FIBRA AL 0.5% DEL PESO DE AFIRMADO SUELTO

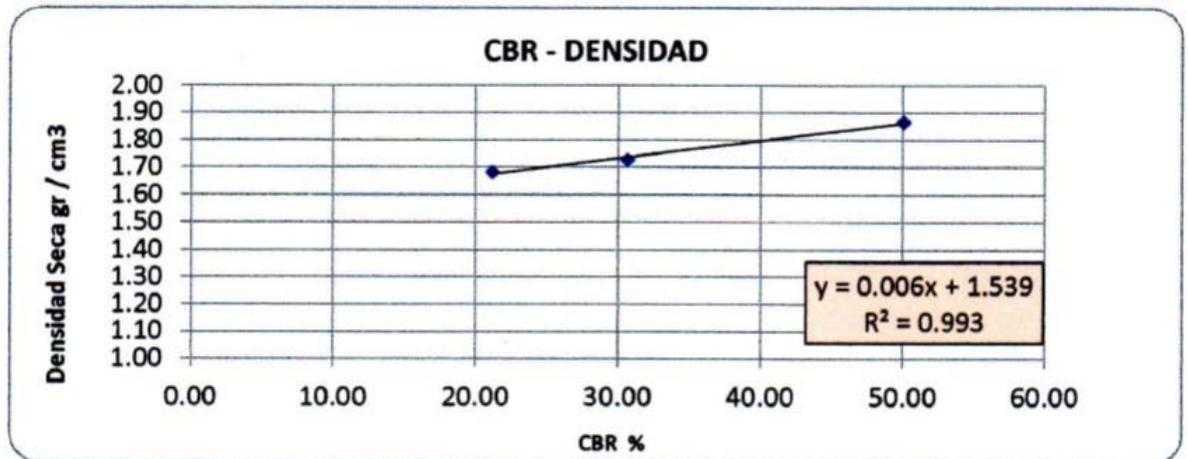
GRÁFICO N° 07 CURVA ESFUERZO PENETRACIÓN PARA 0.5% DE FIBRA



Fuente: Elaboración propia

Para el caso **CURVA ESFUERZO PENETRACIÓN PARA 0.5% DE FIBRA**, se realizó 3 ensayos de CBR el primero de color verde con 56 golpes, color rojo de 25 golpes y el color azul de 12 golpes, donde se tienen los siguientes resultados en 0.5 pulg corresponde 444.04lb/pulg2 (12 golpes), 585.58 lb/pulg2 (25 golpes), 831.70 lb/pulg2 (56 golpes), de la misma forma para penetración desde 0.1pulg hasta 0.4 pulg.

GRÁFICO N° 08 RECTA DE CBR-DENSIDAD PARA 0.5% DE FIBRA



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 08, para al grado de compactación de 95 % para una densidad seca de 1.824 gr/cm³, se obtuvo un CBR de diseño de 44.04 %, que se encuentra dentro de los límites permisibles para la base, así mismo se determinó para el afirmado que viene a ser la capa de rodadura con un grado de compactación del 100 %, para una densidad seca de 1.920 gr/cm³, se obtuvo un CBR de diseño de 58.90 %, que se encuentra dentro de los límites permisibles para el afirmado. Estas propiedades repercuten de manera positiva la durabilidad del afirmado.

Resultado:

TABLA N° 17 Resultados CBR con dosificación de fibra al 0.5 %

Compactación	Densidad	CBR
Al 95 %	1.824	44.04
Al 100 %	1.920	58.90

Fuente: Elaboración propia

Discusión frente a los Antecedentes:

De acuerdo a los Antecedentes Nacionales del Autor GARCIA AYMAR PEDRO ANTONIO: Al aumentar la dosificación de fibra sintética el asentamiento obtenido será menor, independientemente de la relación agua – cemento. Aquí, es donde actúa el aditivo Poliheed 770R controlando la trabajabilidad del concreto con fibras sintéticas, de similar forma sucede con nuestra Fibra SikaCem -1 Fiber con dosificación al 0.5 % del peso de afirmado suelto, se reduce el espesor del Afirmado en función al incremento del CBR producto de la añadidura de fibra, siendo la máxima reducción de espesor 2 cm, lo cual significaría un ahorro del 10% de afirmado. La dosificación que nos permite disminuir el espesor es de 0.50% de fibra sintética.

TABLA N° 18 Espesor de Diseño de afirmado (cm)

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	CBR (%)	Mr(PSI)	Número estructural a3	Espesor (cm)
Afirmado sin adición de fibra sintética	40	16,199.09	0.11655439	20.00
Afirmado con dosificación de fibra sintética a 0.5% del peso del suelo	58.9	17,873.09	0.12624931	18.00

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se concluye que es REGULAR para diseño de Afirmado

4.3.1.1.3. CBR CON DOSIFICACIÓN DE FIBRA AL 1.0 % DEL PESO DE AFIRMADO SUELTO.

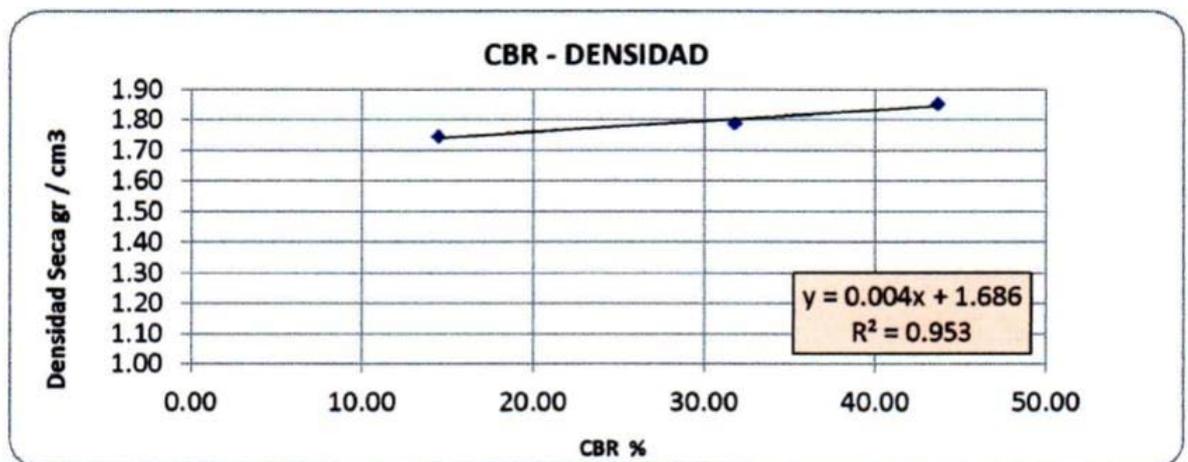
GRÁFICO N° 09 CURVA ESFUERZO PENETRACIÓN PARA 1.0% DE FIBRA



Fuente: Elaboración propia

Para el caso **CURVA ESFUERZO PENETRACIÓN PARA 1.0% DE FIBRA**, se realizó 3 ensayos de CBR el primero de color verde con 56 golpes, color rojo de 25 golpes y el color azul de 12 golpes, donde se tienen los siguientes resultados en 0.5 pulg corresponde 541.20lb/pulg2 (12 golpes), 1006.51 lb/pulg2 (25 golpes), 1224.75 lb/pulg2 (56 golpes), de la misma forma para penetración desde 0.1pulg hasta 0.4 pulg.

GRÁFICO N° 10 RECTA DE CBR-DENSIDAD PARA 1.0 % DE FIBRA



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 10, para al grado de compactación de 95 % para una densidad seca de 1.824 gr/cm³, se obtuvo un CBR de diseño de 37.86 %, que se encuentra dentro de los límites permisibles para la base, así mismo se determinó para el afirmado que viene a ser la capa de rodadura con un grado de compactación del 100 %, para una densidad seca de 1.920 gr/cm³, se obtuvo un CBR de diseño de 64.23 %, que se encuentra dentro de los límites permisibles para el afirmado. Estas propiedades repercuten de manera positiva la durabilidad del afirmado.

Resultado:

TABLA N° 19 Resultados CBR con dosificación de fibra al 1.0 %

Compactación	Densidad	CBR
Al 95 %	1.824	37.86
Al 100 %	1.920	64.23

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los Antecedentes Nacionales del Autor GARCIA AYMAR PEDRO ANTONIO: Al aumentar la dosificación de fibra sintética el asentamiento obtenido será menor, independientemente de la relación agua – cemento. Aquí, es donde actúa el aditivo Poliheed 770R controlando la trabajabilidad del concreto con fibras sintéticas, de similar forma sucede con nuestra Fibra SikaCem -1 Fiber con dosificación al 1.0 % del peso de afirmado suelto, se reduce el espesor del Afirmado en función al incremento del CBR producto de la añadidura de fibra, siendo la máxima reducción de espesor 2 cm, lo cual significaría un ahorro del 10% de afirmado. La dosificación que nos permite disminuir el espesor es de 0.50% de fibra sintética.

TABLA N° 20 Espesor de Diseño de afirmado (cm)

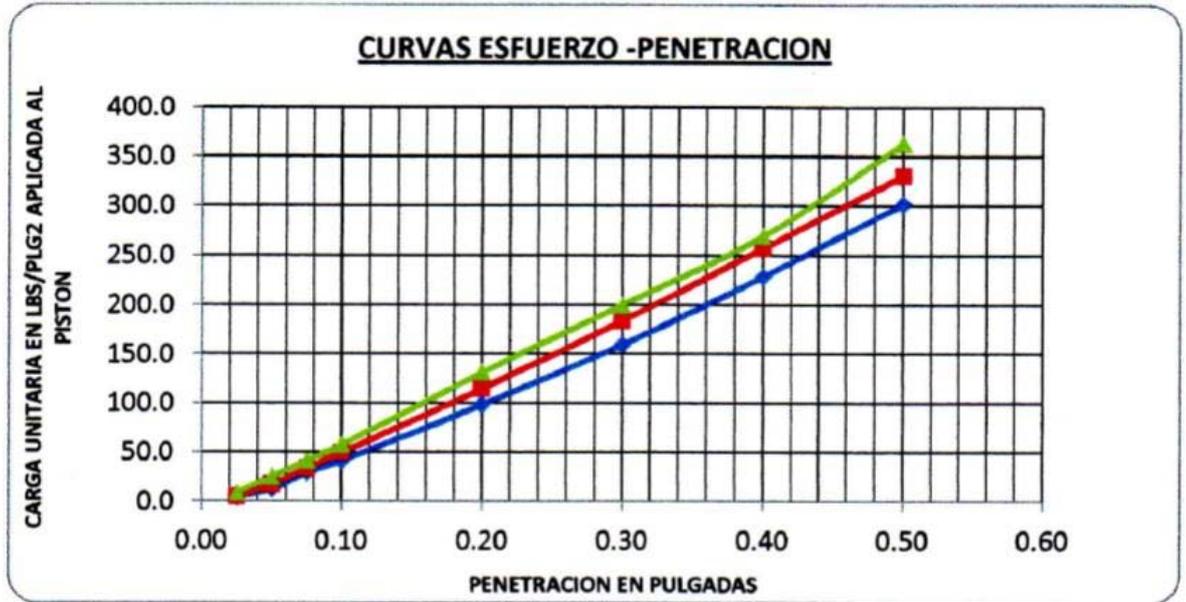
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	CBR (%)	Mr(PSI)	Número estructural a3	Espesor (cm)
Afirmado sin adición de fibra sintética	40	16,199.09	0.11655439	20.00
Afirmado con dosificación de fibra sintética a 1.0% del peso del suelo	64.23	18,247.85	0.12829504	18.00

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se concluye que es REGULAR para diseño de Afirmado

4.3.1.1.4. CBR CON DOSIFICACIÓN DE FIBRA AL 2.0 % DEL PESO DE AFIRMADO SUELTO.

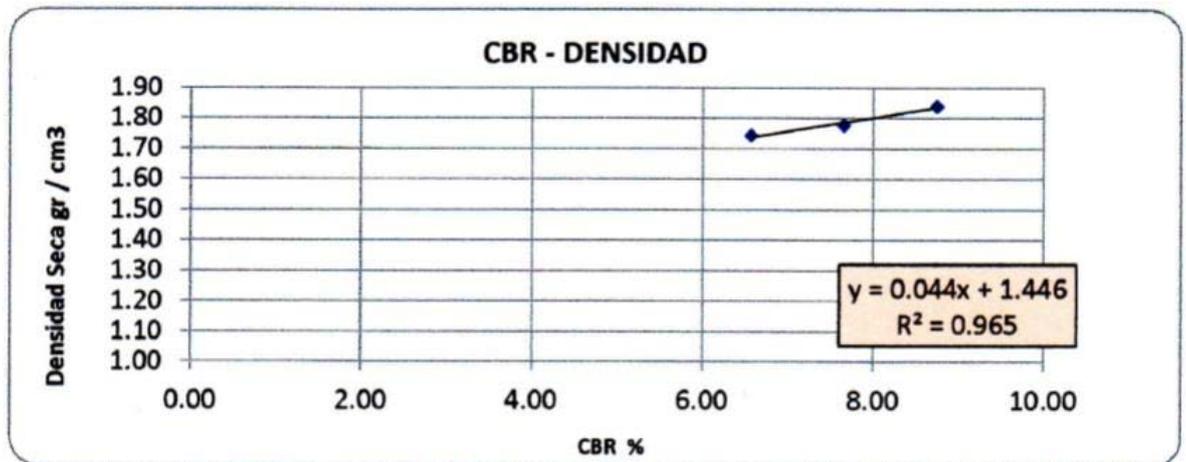
GRÁFICO N° 11 CURVA ESFUERZO PENETRACIÓN PARA 2.0% DE FIBRA



Fuente: Elaboración propia

Para el caso **CURVA ESFUERZO PENETRACIÓN PARA 2.0% DE FIBRA**, se realizó 3 ensayos de CBR el primero de color verde con 56 golpes, color rojo de 25 golpes y el color azul de 12 golpes, donde se tienen los siguientes resultados en 0.5 pulg corresponde 302.06lb/pulg² (12 golpes), 330.48 lb/pulg² (25 golpes), 362.95 lb/pulg² (56 golpes), de la misma forma para penetración desde 0.1pulg hasta 0.4 pulg.

GRÁFICO N° 12 RECTA DE CBR-DENSIDAD PARA 2.0 % DE FIBRA



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 12, para al grado de compactación de 95 % para una densidad seca de 1.824 gr/cm³, se obtuvo un CBR de diseño de 8.51 %, que se encuentra dentro de los límites permisibles para la base, así mismo se determinó para el afirmado que viene a ser la capa de rodadura con un grado de compactación del 100 %, para una densidad seca de 1.920 gr/cm³, se obtuvo un CBR de diseño de 10.68 %, que se encuentra dentro de los límites permisibles para el afirmado. Estas propiedades repercuten de manera positiva la durabilidad del afirmado.

Resultado:

TABLA N° 21 Resultados CBR con dosificación de fibra al 2.0 %

Compactación	Densidad	CBR
Al 95 %	1.824	8.51
Al 100 %	1.920	10.68

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los Antecedentes Nacionales del Autor GARCIA AYMAR PEDRO ANTONIO: Al aumentar la dosificación de fibra sintética el asentamiento obtenido será menor, independientemente de la relación agua – cemento. Aquí, es donde actúa el aditivo Poliheed 770R controlando la trabajabilidad del concreto con fibras sintéticas, de similar forma sucede con nuestra Fibra SikaCem -1 Fiber con dosificación al 2.0 % del peso de afirmado suelto, se incrementa el espesor del Afirmado en función al incremento del CBR producto de la añadidura de fibra, siendo el máximo incremento de espesor 11 cm, lo cual significaría un gasto sobre el 50% de afirmado. La dosificación que nos permite aumentar el espesor es de 2.0% de fibra sintética.

TABLA N° 22 Espesor de Diseño de afirmado (cm)

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	CBR (%)	Mr(Psi)	Número estructural a3	Espesor (cm)
Afirmado sin adición de fibra sintética	40	16,199.09	0.11655439	20.00
Afirmado con dosificación de fibra sintética a 2.0% del peso del suelo	10.68	10,486.58	0.07368390	31.00

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se concluye que es MALO para diseño de Afirmado

TABLA N° 23 Espesor de Diseño de afirmado (cm)

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	CBR (%)	Mr(Psi)	Número estructural a3	Espesor (cm)
Afirmado sin adición de fibra sintética	40	16,199.09	0.11655439	20.00
Afirmado con dosificación de fibra sintética a 0.1% del peso del suelo	54.03	17,499.75	0.12416822	18.00
Afirmado con dosificación de fibra sintética a 0.5% del peso del suelo	58.9	17,873.09	0.12624931	18.00
Afirmado con dosificación de fibra sintética a 1.0% del peso del suelo	64.23	18,247.85	0.12829504	18.00
Afirmado con dosificación de fibra sintética a 2.0% del peso del suelo	10.68	10,486.58	0.07368390	31.00

Fuente: Elaboración propia

En el caso del CBR, se hizo un análisis que compara cuanto podría reducir el espesor del afirmado en función al incremento del CBR producto de la añadidura de fibra, en este caso resulto como máxima reducción de espesor 2 cm, lo cual significaría un ahorro del 10%. La dosificación que nos permite disminuir el espesor es de 0.1%.

El ensayo de CBR, produjo incrementos; para 0.10% de dosificación de fibra, en 14.03%; para 0.5% de dosificación, en 18.90%; para 1.0% de dosificación en 24.23%; pero para la dosificación de 2.0 % el CBR disminuyo en 29.32%, todos con respecto al afirmado sin fibra sintética.

La dosificación mayor a 1.0 % no es recomendable, ya que las características mecánicas se ven afectadas, esto producto al acolchonamiento que no permite una adecuada homogenización, haciendo que las partículas entren en suficiente contacto.

La capa de afirmado reforzada con fibra sintética, necesitará el 0.10% de fibra para resistir el afirmado y provocar una disminución de 2cm.

Producto de los resultados de laboratorio y teniendo en cuenta las premisas anteriores se ha demostrado que la dosificación optima de fibra de polipropileno será de 0.1 % de fibra, la cual será la definitiva y la resultante de esta investigación.

4.4.2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO

El afirmado reforzado ha sido colocado a la salida de la cantera de Jacantaya, el cual ha tenido un excelente comportamiento ante grandes

solicitudes, como fue el caso de los volquetes cargados que pasaron innumerables veces por el tramo.

La fibra que no tuvo mucho contacto con el agua se agrupó en pequeños moños, los cuales no presentaron buena adherencia con el afirmado.

La mayor parte del afirmado reforzado presentó una adecuada homogenización, esta condición ha hecho que el tramo se desempeñe muy bien.

Se pudo apreciar que las fibras se adherían con mucha facilidad al material pétreo, esto evidencia que existe un enlace eléctrico, lo cual ha sido evidenciado en las fotografías mostradas, esta condición hace que la adherencia suelo-fibra sea mayor, siendo causa importante para el buen comportamiento que ha tenido el tramo de prueba.

No se presentaron ahuellamientos, encalaminados ni deterioros similares.

Todos los puntos de evaluación pasan el valor de CBR de diseño = 54%.

La observación principal del proceso constructivo ha sido la parte del mezclado del afirmado con la fibra, en este proceso pudo ver que cuando la fibra es mezclada previamente con el agua esta se desagrupa, facilitando su mezcla con el afirmado.

CAPÍTULO V

5.PROCESO DE CONTRASTE DE LA HIPOTESIS

HIPOTESIS NULA

- La Incorporación de Fibras Sintéticas NO tiene efecto positivo en las propiedades de un suelo, aplicado a vías en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017

H_0 = (NULA): Variables no son Independientes

HIPÓTESIS ALTERNA

- La Incorporación de Fibras Sintéticas tiene efecto positivo en las propiedades de un suelo, aplicado a vías en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017

H_1 = (ALTERNATIVA): Variables son Independientes

VARIABLES

FIBRAS SINTÉTICAS

PROPIEDADES MECÁNICAS

PROCESO DE CONTRASTE

De los resultados se tiene como resumen el siguiente cuadro que someteremos a prueba de χ^2 de Pearson

TABLA N° 24 Resumen de la etapa de Resultados

DOSIFICACIÓN	CBR AL 95 (%)	CBR AL 100 (%)
0.1% DE FIBRA	29.73	54.03
0.5% DE FIBRA	44.04	58.90
1.0 % DE FIBRA	37.86	64.23
2.0 % DE FIBRA	8.51	10.68

Realizamos la suma de filas y columnas

TABLA N° 25 Valores o Frecuencias Observadas (fo)

DOSIFICACIÓN	PROPIEDADES MECÁNICAS		TOTAL
	CBR AL 95 (%)	CBR AL 100 (%)	
0.1% DE FIBRA	29.73	54.03	83.76
0.5% DE FIBRA	44.04	58.9	102.94
1.0 % DE FIBRA	37.86	64.23	102.09
2.0 % DE FIBRA	8.51	10.68	19.19
TOTAL	120.14	187.84	307.98

Con el cuadro anterior aplicamos la siguiente fórmula:

$$f_e = \frac{\text{Total Columna} \times \text{Total Fila}}{\text{Suma Total}}$$

Se obtiene los siguientes valores o frecuencias esperadas

TABLA N° 26 Valores o Frecuencias Esperadas (fe)

DOSIFICACIÓN	PROPIEDADES MECÁNICAS	
	CBR AL 95 (%)	CBR AL 100 (%)
0.1% DE FIBRA	32.67	51.09
0.5% DE FIBRA	40.16	62.78
1.0 % DE FIBRA	39.82	62.27
2.0 % DE FIBRA	7.49	11.70

Procedemos a calcular el

$$\chi^2_{\text{calculado}} = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

$$\chi^2_{\text{calculado}} = 1.44$$

Según el nivel de significancia de

$$\alpha = 0.01$$

Calculamos los grados de libertad

$$n = \text{grados de libertad} = (\# \text{filas} - 1) \times (\# \text{columnas} - 1)$$

$$n = 3$$

Ahora calculamos el

$$\chi^2_{\text{crítico}} = \text{cuadro de Pearson}$$

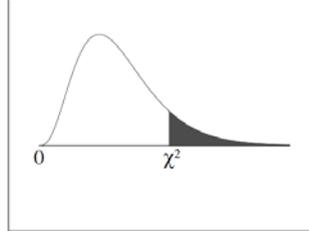
$$\chi^2_{\text{crítico}} = \chi^2_{3, 0.01}$$

$$\chi^2_{\text{crítico}} = 11.345$$

Valor obtenido de la siguiente tabla de Pearson

TABLA N° 27 Tabla de Distribución de χ^2 de Pearson

Chi-Square Distribution Table



The shaded area is equal to α for $\chi^2 = \chi^2_{\alpha}$.

df	$\chi^2_{.995}$	$\chi^2_{.990}$	$\chi^2_{.975}$	$\chi^2_{.950}$	$\chi^2_{.900}$	$\chi^2_{.100}$	$\chi^2_{.050}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.010}$	$\chi^2_{.005}$
1	0.000	0.000	0.001	0.004	0.016	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	9.236	11.070	12.833	15.086	16.750

Fuente: Tabla de Pearson

Por lo tanto se obtiene como resultado final

$$x^2_{calculado} = 1.44 < x^2_{crítico} = 11.345$$

Se dice que se cumple la hipótesis nula cuando

$$x^2_{calculado} < x^2_{crítico}$$

Se dice que se cumple la hipótesis alternativa cuando

$$x^2_{calculado} > x^2_{crítico}$$

CONCLUSIÓN DE χ^2 de Pearson

Por lo que corresponde a la hipótesis nula, Entonces diremos que las FIBRAS SINTÉTICAS Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS no son independientes, significa que están Altamente relacionados.

Por otra parte

Se determinó la medida de dispersión como varianza de una muestra usando la fórmula:

$$S^2 = \sum \frac{(X - \bar{X})^2}{n-1}$$

Para la prueba de hipótesis se realizó el cálculo del coeficiente de correlación producto o momento r de Pearson

Ensayo de Hipótesis:

$$H_0; \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1; \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

El estadístico de prueba de correlación de Pearson fue:

La fórmula para el coeficiente de correlación de r de Pearson es la siguiente:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Donde

\bar{x} = Media de muestra promedio de la matriz x

\bar{y} = Media de muestra promedio de la matriz \bar{y}

TABLA N° 27 Cálculos Estadísticos Pearson

DATO	CBR	CBR	CÁLCULOS ESTADÍSTICOS			
	95	100	$(X_1 - \bar{X}_1)$	$(X_1 - \bar{X}_1)^2$	$(X_2 - \bar{X}_2)$	$(X_2 - \bar{X}_2)^2$
	%	%				
1	29.73	54.03	-0.31	0.09	7.07	49.98
2	44.04	58.9	14.01	196.14	11.94	142.56
3	37.86	64.23	7.83	61.23	17.27	298.25
4	8.51	10.68	-21.53	463.33	-36.28	1316.24
$\sum_{i=1}^n (n)$	120.14	187.84	$\sum (X_1 - \bar{X}_1)^2 =$	720.79	$\sum (X_2 - \bar{X}_2)^2 =$	1807.04
$\bar{X} =$	30.04	46.96	$\frac{\sum (X_1 - \bar{X}_1)^2}{n-1} =$	240.26	$\frac{\sum (X_2 - \bar{X}_2)^2}{n-1} =$	602.35
			$n-1$		$n-1$	

Del análisis estadístico se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA N° 28: Resultados del análisis estadístico para dosificación de fibra sintética respecto de sus propiedades mecánicas CBR

Análisis estadístico para dosificación de fibra sintética respecto de sus propiedades mecánicas CBR	
Número de datos (sin fibra sintética)	$n_1 = 04$
Número de datos (con dosificación de fibra sintética a 0.10%)	$n_2 = 04$
Media (CBR AL 95 %)	$\mu_1 = 30.04 \%$
Media (CBR AL 95 %)	$\mu_2 = 46.96 \%$
Varianza (sin fibra sintética)	$S_1^2 = 240.26$
Varianza (con dosificación de fibra sintética a 0.10%)	$S_2^2 = 602.35$
Grados de libertad	$V_1 = 3$ y $V_2 = 3$
Correlación perfecta	$[-1 \leq r \leq 1]$
Valor de v:	$v=3$
Intervalo de confianza aproximado del 95%.	$[1.96 \leq x - \bar{y} \leq 1.96]$
Valor del coeficiente de correlación r de Pearson:	0.947

FUENTE: Elaboración propia

CONCLUSIÓN DE r de Pearson

Como $r=0.947$ está en el rango de $(-1 \leq r \leq 1)$, se acepta la hipótesis nula H_0 , se concluye existe correlación ALTA entre la dosificación de la FIBRA SINTÉTICA versus PROPIEDADES MECANICAS CBR

CONCLUSIONES

PRIMERA.- La incorporación de fibra sintética incide de manera favorable, para el refuerzo de afirmados (firmes), se ha utilizado la dosificación óptima de fibra sintética al 0.10% en el camino vecinal Jacantaya, mejora las propiedades mecánicas, debido al aumento de la capacidad de soporte y al incremento del CBR indicado en los anexos adjuntos

En el caso del CBR, se reduce el espesor del afirmado en función al incremento del CBR producto de la añadidura de fibra, siendo la máxima reducción de espesor 2 cm, lo cual significaría un ahorro del 10% de afirmado. La dosificación que nos permite disminuir el espesor es de 0.10% de fibra sintética.

SEGUNDA. – Las propiedades físico mecánicas de un suelo natural de la cantera Jacantaya de acuerdo al análisis granulométrico y ensayos de constantes físicos son adecuados, cumplen con los requisitos establecidos por las normas y se ha clasificado como un suelo GM que significa grava limosa con arena, cuya característica como capa de rodadura es un suelo pobre de acuerdo al SUCS.

TERCERA. - Para elegir la longitud de las fibras para "armado", deberemos tener en cuenta la granulometría del suelo, por lo que las fibras que mejor se reparten son las de PAN, seguidas de las de PES y las de PP.

En principio, todas ellas deben ser válidas para el refuerzo de suelos, pero para hallar una relación entre diámetro y superficie específica, se muestra la siguiente tabla:

CUADRO N°4 RELACION ENTRE DIAMETRO Y SUPERFICIE ESPECÍFICA

Fibra	SIM	1,65 dtex		3,3 dtex		6,6 dtex	
		Φ	Superfi	Φ	Superfi	Φ	Superfi
		µm	m2/Kg	µm	m2/Kg	µm	m2/Kg
Poliéster	PES	11	260.00	17	170.000	25	116.000
Polipropileno	PP	15	290.00	22	199.000	30	146.000

Como puede observarse, la superficie específica es muy similar de una fibra a otra y, realmente, la diferencia está más en el diámetro o finura que en la clase de polímero.

Otra cosa a contemplar puede ser la posible compatibilidad / incompatibilidad de las fibras con el medio a reforzar por el hecho de que algunas (PAN) son susceptibles de hacer ciertas uniones físico-químicas mientras que otras como el PP, PE y PES no tienen tantas posibilidades.

También, desde el punto de vista de "manejabilidad" o práctica de uso, las fibras como el polipropileno son mucho más "volátiles" que las demás, lo cual requiere ciertos cuidados cuando hay que colocarlas con viento.

CUARTA. – Las propiedades físico mecánicas incorporando fibras sintéticas aumentan significativamente las propiedades mecánicas del suelo tal como se muestra en el siguiente cuadro:

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	CBR (%)	Mr(PSI)	Número	Espesor
			estructural a3	
Afirmado sin adición de fibra sintética	40	16,199.09	0.11655439	20.00
Afirmado con dosificación de fibra sintética a 0.1% del peso del suelo	54.03	17,499.75	0.12416822	18.00
Porcentaje de incidencia del afirmado si fibra sintética versus el afirmado con 0.10% de dosificación óptima de fibra sintética	35.08%	8.03%	6.53%	-10.00%

RECOMENDACIONES

PRIMERA.- La fibra requiere previamente entrar en contacto con el agua, para así facilitar que se desagrupen y conseguir una buena homogenización de la mezcla. Esta homogenización resulta más difícil con las fibras de mayor longitud.

Se recomienda el uso de una mezcladora de concreto para realizar esta actividad. El proceso de mezclado es la ruta crítica en el proceso constructivo, por lo que se podría recomendar el uso de una maquinaria especializada para este trabajo, usar una mezcladora de suelos o quizá una recicladora en campo lo cual evitaría que las fibras puedan quedar sueltas y ser transportadas por el aire a las áreas próximas a la carretera.

SEGUNDA.- Realizar este trabajo en otras partes de la estructura de la carretera, para estabilizar y reforzar, caso de bases, sub-bases, suelos de fundación, capa anticontaminante, etc. Así mismo se puede variar las longitudes de fibra, tipo de fibra y las marcas.

TERCERA.- Realizar tramos experimentales in situ con un control a base de ensayos a mayor escala que los de laboratorio, con la finalidad de ver el comportamiento mecánico de la fibra sintética en campo y determinar las dosificaciones de fibra sintética respecto al tipo de suelo encontrado.

CUARTA.- Realizar tramos experimentales in situ con un control a base de ensayos a mayor escala que los de laboratorio, con la finalidad de ver el comportamiento mecánico de la fibra sintética en campo y determinar las dosificaciones de fibra sintética respecto al tipo de suelo encontrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asociación Técnica de Carreteras Comité de Geotecnia Vial. Refuerzo de suelos con fibra sintética: Perú; 2013
2. Badillo E. Mecánica de suelos. México: Editorial Limusa; 1976.
3. Beltrán M L. VIII Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones =. [Bogotá]: Sección de Publicaciones, Universidad Nacional de Colombia; 1987.
4. Berry Preid D. Mecánica de suelo. Santa fé de Bogotá: McGraw-Hill; 1993.
5. Céspedes Abanto, Jose Maria. Los pavimentos en las vías terrestres: Calles, carreteras y aeropistas. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca; 2016.
6. Coronado García O. Construcción de una máquina de corte directo para estudio de suelos reforzados con geosintéticos. Santafé de Bogotá: Uniandes; 1995.
7. Das B. Principles of geotechnical engineering. Boston: PWS; 1985.
8. Devore J. Sánchez Frago F. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. México, D.F.: Thomson; 2005.
9. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles M. Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito. Tarea Asociación Gráfica Educativa; 2008.
10. Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones –Puno- Laboratorio de geotecnia de mecánica de suelos, concreto, pavimentos y ensayos de materiales. Gobierno Regional de Puno; 2016.
11. Eyssautier de la Mora M. Metodología de la investigación. México: International Thomson; 2006.
12. García Avilés A. Introducción a la metodología de investigación científica. México: Plaza y Valdés; 1997.
13. Fernández Calvo C. Estudio experimental de refuerzo de suelos con fibras sintéticas. Casilla: Geogaceta; 2006.

14. Fernández Calvo C, Martínez Santa María J, Thode Mayoral J. Refuerzo de suelos con fibra sintética. Andalucía: asociación técnica de carreteras; 2010.
15. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. 4th ed. Bogotá: McGrawHill; 2006.
16. Jiménez Salas J, Justo Alpañes J, Serrano González A. Geotecnia y cimientos. Madrid: Rueda; 1975.
17. Lambe T Whitman R. Mecánica de suelos. México: Editorial Limusa; 1972.
18. Rico Rodríguez A. La ingeniería de suelos en las vías terrestres. México D.F: Limusa; 1977.
19. Terzaghi K, Peck R, Moretto O. Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. Barcelona: El Ateneo Editorial; 1963.
20. Triola M Pineda Ayala M. Probabilidad y estadística. México: Pearson Educación; 2004.
21. Yang H. Huang. Pavement Analysis and Design. U.S: Prentice Hall; 2003.

ANEXOS

GLOSARIO

AHUELLAMIENTO: El ahuellamiento es un tipo de defecto o falla se produce en los afirmados, el cual consiste en una depresión canalizada en la huella de circulación de los vehículos.

Se desarrolla gradualmente y aparece como una depresión continua en las bandas de circulación de los neumáticos, dificultando la maniobrabilidad de los vehículos y ocasionando una disminución en la seguridad.

AFIRMADO: Capa compactada de material granular natural ó procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas.

Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

ANGULO DE FRICCIÓN: También se le conoce como ángulo de frotamiento interno es un valor que depende del tamaño, forma, densidad de las partículas o de los granos y de la presión normal. Como los suelos gruesos tienen superficies de contacto y sus partículas son angulares, presentan una fricción entre ellas que se opone al movimiento.

Para encontrar el ángulo de fricción interno, se puede desarrollar el ensayo de corte directo o triaxial que entregan la información más representativa del esfuerzo cortante que sufre una masa del suelo al ser cargada. Donde el segundo consiste en colocar una muestra cilíndrica del suelo dentro de una membrana de goma que se introduce en una cámara especial y se aplica una presión igual en todo sentido y dirección. Alcanzado ese estado de equilibrio, se aumenta la presión normal o axial, sin modificar la presión lateral aplicada hasta que se produzca la falla, y el primero fue explicado anteriormente. (Karl Terzaghi, 1958)

ARRASTRE DE PARTÍCULAS: Para generar el arrastre de las partículas, primeramente el desgaste que provoca las ruedas de los vehículos produce la pérdida de los finos, poco a poco las partículas gruesas van quedando expuestas hasta que quedan sueltas, este material es fácilmente transportado hacia los bordes de la huella.

CBR: (california bearing ratio) Relación entre tensión necesaria para penetrar 0,1 in (0,25 cm) un material dado y tensión necesaria para la misma penetración en un material arbitrario, adoptado como patrón (Piedra triturada de California de la que se conoce tensiones necesarias para producir penetraciones preestablecidas).

COHESIÓN: La cohesión es la máxima resistencia del suelo a la tensión. Ésta resulta de la interacción de factores tales como la adherencia de la superficie de las partículas, la tensión capilar de las partículas de agua, las condiciones de drenaje y los esfuerzos del suelo.

CONSOLIDACIÓN: La consolidación es un proceso mediante el cual se reduce el volumen de una masa de suelo debido a una carga aplicada sobre éste, debido a que ésta carga que se ejerce sobre él hace que haya una disminución de la relación de vacíos de la muestra, a medida que avanza el tiempo de aplicación de la carga. La consolidación es un proceso que fue observado, estudiado y desarrollado mediante pruebas, por primera vez por el profesor Karl

ENSAYO POR HIDRÓMETRO: Este método se utiliza para obtener un estimado de la distribución granulométrica de una muestra de suelo de sus partículas finas, es decir, partículas que pasan el tamiz 200 y su resultado se presenta por medio de una gráfica semilogarítmica de porcentaje de material más fino (eje X) contra el diámetro de los granos (eje Y) y puede combinarse con la gráfica que se obtiene del análisis granulométrico presentado en el numeral anterior en el cual se grafica la fracción gruesa de la muestra del suelo.

Su objetivo principal es obtener el porcentaje de la muestra del suelo más fino (porcentaje de arcilla) y su comportamiento depende principalmente del tipo y porcentaje de arcilla presente más que del tamaño de los granos.

FIBRA SINTÉTICA: Fibra de polipropileno (PP) que se obtiene de productos derivados del petróleo. Estas se consiguen por medio de hilos que produce la industria textil.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: INCORPORACIÓN DE FIBRAS SINTÉTICAS A UN SUELO Y LA REPERCUSIÓN DE SUS PROPIEDADES MECÁNICAS APLICADAS EN VÍAS DEL DISTRITO DE MOHO PROVINCIA DE MOHO DEPARTAMENTO DE PUNO EN EL AÑO 2017

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLES					METODOLOGÍA
			VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE VALORACIÓN	U.M.	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	Fibras Sintéticas	Propiedades físicas de la fibra sintética	1. Especificaciones Técnicas del Producto.	1.1. Densidad real aprox.: 1.2. Absorción de agua: 1.3. Módulo de elasticidad: 1.4. Alargamiento de rotura 1.5. Resistencia a tracción: 1.6. Resistencia química: inerte a los álcalis del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. no se pudre y es resistente a hongos y bacterias. 1.7. Durabilidad 1.8. Transición vítrea: 1.9. Longitud:	kg/l % kg/cm ² % kg/cm ² indefinida °c mm	MÉTODO Exploratorio Comparativo Correlacional DISEÑO comportamiento mecánico de afirmados sin adición de fibra sintética (\bar{X} 1) comportamiento mecánico de afirmados con adición de fibras sintéticas (\bar{X} 2) POBLACIÓN Ensayos de propiedades físicas MUESTRA Ensayos mecánicos de afirmado con diferentes dosificaciones TÉCNICAS Ensayos mecánicos en afirmados INSTRUMENTOS ASTM D2435 ASTM D2435 ASTM D2216 ASTM D424 ASTM D422 ASTM D2166
¿Cómo incide la incorporación de Fibras Sintéticas a un suelo, aplicado a vías en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017?	Determinar la Incidencia de la incorporación de Fibras Sintéticas a un suelo, aplicado a vías en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017	La Repercusión de la incorporación de Fibras Sintéticas tiene efecto positivo en las propiedades de un suelo, aplicado a vías en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017		2. Norma	2.1. Norma: a los concretos a los que se agregado sikacem®-1 fiber cumplen con los requerimientos de la norma	ASTM C 1116		

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICO	Propiedades Mecánicas	Propiedades mecánicas de los afirmados sin refuerzo de fibra sintética y geo sintético	1. Análisis Granulométrico	6. Porcentaje de material pasante (%)	%			
¿Cuáles son las propiedades físico mecánicas de un suelo natural en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017?	Conocer las propiedades físico mecánicas de un suelo natural en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017	Las propiedades físico mecánicas de un suelo natural repercuten directamente en los afirmados del distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017		Propiedades mecánicas de los afirmados con refuerzo óptimo de fibra sintética y geo sintético	2. Límites de consistencia	3. Desgaste por abrasión	2.1. Limite Liquido	u/u		
¿Cómo son las propiedades físico mecánicas de las fibras Sintéticas en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017?	Determinar las propiedades físico mecánicas de las fibras Sintéticas en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017	Las propiedades físico mecánicas de las fibras Sintéticas mejoran los afirmados del distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017					4. Ensayo de compactación proctor modificado	2.2. Limite Plástico	u/u	2.3. Índice de Plasticidad
¿Cuáles son las propiedades físico mecánicas de un suelo incorporando fibras sintéticas a un suelo aplicado a Vías en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017?	Identificar las propiedades físico mecánicas de un suelo incorporando fibras sintéticas de un suelo aplicado a Vías en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017	Las propiedades físico mecánicas de un suelo incorporando fibras sintéticas inciden directamente a un suelo aplicado a Vías del distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno en el año 2017	3.1. Porcentaje de desgaste					%	4.1. Densidad Máxima seca (gr/cm3)	gr/cm3
			5. California Bearing Ratio (CBR en laboratorio)	5.1. Densidad (gr/cm3)	gr/cm3	5.2. CBR (%)		%		

Fuente: Autor de la investigación



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA	REGISTRO N°	75628
Solicitante	JESUS VERDY LAZARTE PARRA	ING° RESP.	SBP
Tramo	MOHO - JACANTAYA	TECNICO	RECA
Muestra	CANTERA JACANTAYA	FECHA	PUNO, 28 Setiembre 2017
		OPERADOR	PERSONAL DE LABORATORIO

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera :	JACANTAYA	Color :	-----
Profundidad :	-----	Tam. Max :	1 1/2"
Tipo de Muestra :	Mab	Forma :	Angular
Uso Prop. a la Muestra :	Afirmado	Obs :	-----

DATOS DEL ENSAYO

ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN GRUESA

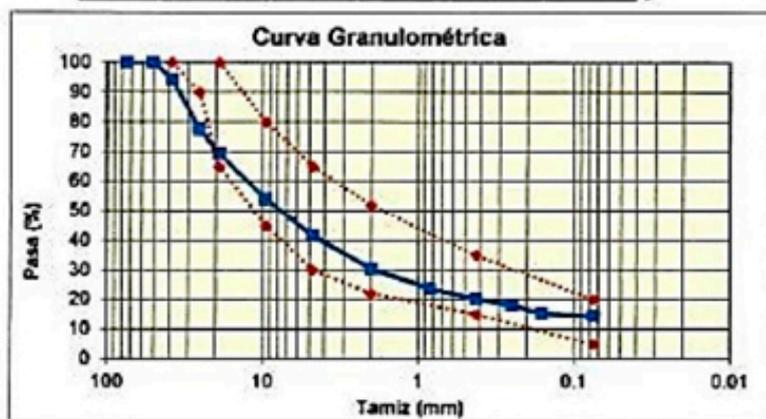
Peso Material Total = 1100.20 Antes del Lavado
 Peso Material Total = 941.7 Despues del Lavado
 Material Más Fino que la Malla N°200 = 14.28% Por lavado

Malla	Abertura (mm)	Peso Ret (gr)	% Peso Ret	% Ret. Acum	% Pasa
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	62.40	5.67	5.67	94.33
1"	25.40	184.70	16.79	22.46	77.54
3/4"	19.00	91.00	8.27	30.73	69.27
3/8"	9.50	167.90	15.26	45.99	54.01
N° 4	4.76	135.60	12.34	58.33	41.67
Cazuela		300.10	27.40		

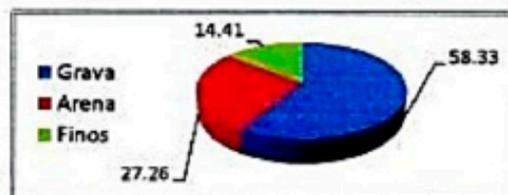
ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN FINA

Peso Fracción Menor N°4 = 300.10 gr
 Factor de Corrección = 27.40

Malla	Abertura (mm)	Peso Ret (gr)	% Peso Ret	% Ret. Acum	% Pasa c/r Fino	% Pasa c/r Global
N° 10	2.00	124.4	41.26	41.26	58.74	30.38
N° 20	0.84	73.8	24.48	65.74	34.26	23.67
N° 40	0.425	38.5	12.77	78.51	21.49	20.17
N° 60	0.250	21.9	7.26	85.77	14.23	18.18
N° 140	0.160	32.5	10.78	96.55	3.45	15.22
N° 200	0.075	9.0	2.99	99.54	0.46	14.41
Cazuela		1.3	0.43			



Grava 58.33
 Arena 27.26
 Finos 14.41
 D60: 13.23 mm
 D30: 1.93 mm
 D10: mm
 Cu =
 Cc =



GOBIERNO REGIONAL PUNO
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES PUNO
Ing° JEFFERSON ARANDA
S. J.P.
JENÉ CASTILLO ARACA
Ing. Esp. Suelos, Pavimentos y Control

DIREC. REG. TRANSPORTES Y COMUNIC. PUNO
LABORATORIO DE SUELOS
SERAÑO BAUTISTA PERALTA
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 75628
Especialista en Mecánica de Suelos y Pavimentos



ENSAYOS DE CONSTANTES FÍSICAS

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA Muestra : CANTERA JACAN.
 Solicitante : JESÚS VERDY LAZARTE PARRA FECHA : PUNO, 28 Setiembre 2017
 Ubicación : MOHO - JACANTAYA TECNICO : RECA

DATOS DE LA MUESTRA

Ubicación : JACANTAYA Color : _____
 Profundidad : _____ Tam. Max : 1 1/2"
 Tipo de Muestra : Mab Forma : Angular
 Uso Prop. a la Muestra : EMS Obs : _____

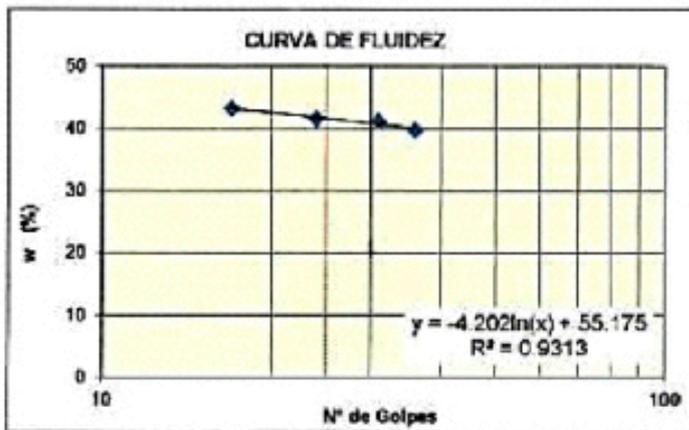
DATOS DEL ENSAYO

LIMITE LIQUIDO ASTM D 423

Ensayo	1	2	3	4
N° de Golpes	17	24	31	36
Capsula N°	P 06	P 12	P 04	P 07
Peso de Capsula	23.07	23.01	23.29	22.94
Peso Capsula + Suelo Húmedo	48.83	47.20	53.55	53.12
Peso Capsula + Suelo Seco	41.05	40.09	44.71	44.53
Humedad w%	43.27	41.63	41.27	39.79

LIMITE PLÁSTICO ASTM D 424

Ensayo	1	2	3
Capsula N°	6	2	3
Peso de Capsula	5.96	5.68	5.95
Peso Capsula + Suelo Húmedo	13.98	14.31	16.13
Peso Capsula + Suelo Seco	12.14	12.32	13.77
Humedad w%	29.77	29.97	30.18



Límite Líquido	41.65
Límite Plástico	29.97
Índice de Plasticidad	11.68



DIREC. REG. TRANSPORTES Y COMUNICACIONES PUNO
LABORATORIO DE SUELOS
 SERAFINO BAUTISTA PEBALTA
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 75628
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA Muestra : CANTERA JACAN.
 Solicitante : JESÚS VERDY LAZARTE PARRA FECHA : PUNO, 28 Setiembre 2017
 Ubicación : MOHO - JACANTAYA TECNICO : RECA

DATOS DE LA MUESTRA

Ubicación : JACANTAYA Color :
 Profundidad : Tam. Max : 1 1/2"
 Tipo de Muestra : Mab Forma : Angular
 Uso Prop. a la Muestra : EMS Obs :

DATOS DEL ENSAYO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (VÍA HÚMEDA)

Peso Material Total = 1100.20 Antes Lavado Granulometría 58.33 / 27.26 / 14.41
 Peso Material Total = 941.7 Después del Lavado (Grava/Arena/Finos)
 Material Más Fino que la Malla N°200 = 14.41% Total

Malla	Abertura (mm)	Peso Ret (gr)	% Pasa
3"	75.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	62.40	94.33
1"	25.40	184.70	77.54
3/4"	19.00	91.00	69.27
3/8"	9.500	167.90	54.01
N°4	4.760	135.60	41.67
N°10	2.000	124.40	30.38
N°20	0.840	73.80	23.67
N°40	0.425	38.50	20.17
N°60	0.250	21.90	18.18
N°140	0.160	32.50	15.22
N°200	0.075	9.00	14.41



LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Líquido:	41.65 %
Limite Plástico:	29.97 %
Índice de Plasticidad:	11.68 %
Pasa tamiz N° 4:	41.67 %
Pasa tamiz N° 200:	14.41 %
D60:	15.05 mm
D30:	1.93 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

CLASIFICACIÓN SUCS

Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).
 Grava limosa con arena
GM

CLASIFICACIÓN AASHTO

Material granular
 Excelente a bueno como subbase
 A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa
 Valor del índice de grupo (IG): 0

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES PUNO
 LABORATORIO
 ING. JESÚS VERDY LAZARTE PARRA
 JEFE DEL AREA LABORATORIO
 PUNO
 JESÚS CASTILLO ARACA
 Tec. Esp. Suelos, Pavimentos y Concreto

DIREC. REG. TRANSPORTES Y COMUNIC. PUNO
 LABORATORIO DE SUELOS
 SERAFÍN BAUTISTA PEBALTA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: N° 75628
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA Muestra : CANTERA JACAN.
 Solicitante : JESÚS VERDY LAZARTE PARRA FECHA : PUNO, 28 Setiembre 2017
 Ubicación : MOHO - JACANTAYA TECNICO : RECA

DATOS DE LA MUESTRA

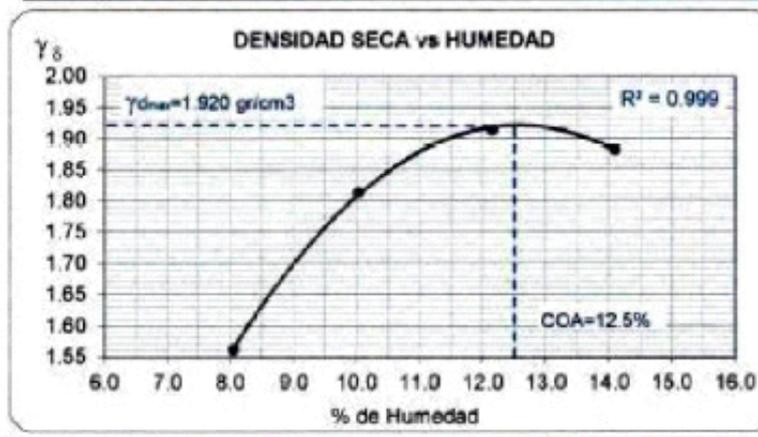
Cantera : JACANTAYA Color : _____
 Profundidad : _____ Tam. Max : 1 1/2"
 Tipo de Muestra : Mab Forma : Angular
 Uso Prop. a la Muestra : Afirmado Obs : _____

DATOS DEL ENSAYO

METODO "C"				
Volumen del molde cm ³	2114			
Determinación	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
P. del molde+ muestra humeda	7062	7760	8032	8082
Peso del molde gr	3494	3542	3494	3542
P. de la muestra compactada	3568	4218	4538	4540
DENSIDAD HUMEDA gr/cm ³	1.688	1.995	2.147	2.148

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº de recipiente o tara	PQ 02	PQ 16	PQ 13	PQ 09	PQ 16	PQ 12	PQ 14	PQ 800
P de la tara + suelo humedo gr	433.90	393.90	403.80	417.10	374.40	354.90	335.10	358.30
P de la tara mas suelo seco gr	406.10	368.20	372.60	383.20	339.60	322.30	299.90	321.20
P del agua gr	27.80	25.70	31.20	33.90	34.80	32.60	35.20	37.10
P de la tara gr	54.20	54.30	53.70	53.20	53.50	53.80	54.90	52.90
P del suelo seco gr	351.90	313.90	318.90	330.00	286.10	268.50	245.00	268.30
% de humedad	7.9	8.2	9.8	10.3	12.2	12.1	14.4	13.8
% de humedad promedio	8.0		10.0		12.2		14.1	
MAX. DENSIDAD SECA gr/cm ³	1.562		1.813		1.914		1.882	



DENSIDAD MAXIMA SECA : 1.920 gr/cm³
 OPTIMO % DE HUMEDAD : 12.50 %

GENÉ CASTILLO ARACA
 Ing. Elop. Suelos, Pavimentos y Concreteo

SIRANO BAUTISTA PERALTA
 INGENIERO CML
 CIP: N° 75628
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



DESGASTE POR ABRASIÓN E IMPACTO MAQUINA DE LOS ÁNGELES																																							
PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA	Muestra	CANTERA JACAN.																																				
Solicitante	JESÚS VERDY LAZARTE PARRA	FECHA	PUNO, 28 Setiembre 2017																																				
Ubicación	MOHO - JACANTAYA	TECNICO	RECA																																				
<u>DATOS DE LA MUESTRA</u>																																							
Cantera :	JACANTAYA	Color :	-----																																				
Agregado :	-----	Tam. Max :	3/4"																																				
Tipo de Muestra :	Mab	Forma :	Ángular																																				
Uso Prop. a la Muestra :	Conformacion de Afirmado	Obs :	-----																																				
<u>DATOS DEL ENSAYO</u>																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">ESPECIFICACIONES</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">TAMAÑO MÁXIMO</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">Graduación</th> <th style="width: 15%;">N° de Esferas</th> <th style="width: 15%;">Carga Abrasiva</th> <th style="width: 15%;">Peso de la Muestra</th> <th style="width: 15%;">PASA</th> <th style="width: 15%;">RETENIDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>12</td> <td>5000 ± 25</td> <td>5000 ± 10</td> <td>1 1/2"</td> <td>1"</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>11</td> <td>4584 ± 25</td> <td>5000 ± 25</td> <td>3/4"</td> <td>1/2"</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>8</td> <td>3330 ± 20</td> <td>5000 ± 25</td> <td>3/8"</td> <td>1/4"</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>6</td> <td>2500 ± 15</td> <td>5000 ± 25</td> <td>N°4</td> <td>N°8</td> </tr> </tbody> </table>				ESPECIFICACIONES				TAMAÑO MÁXIMO		Graduación	N° de Esferas	Carga Abrasiva	Peso de la Muestra	PASA	RETENIDO	A	12	5000 ± 25	5000 ± 10	1 1/2"	1"	B	11	4584 ± 25	5000 ± 25	3/4"	1/2"	C	8	3330 ± 20	5000 ± 25	3/8"	1/4"	D	6	2500 ± 15	5000 ± 25	N°4	N°8
ESPECIFICACIONES				TAMAÑO MÁXIMO																																			
Graduación	N° de Esferas	Carga Abrasiva	Peso de la Muestra	PASA	RETENIDO																																		
A	12	5000 ± 25	5000 ± 10	1 1/2"	1"																																		
B	11	4584 ± 25	5000 ± 25	3/4"	1/2"																																		
C	8	3330 ± 20	5000 ± 25	3/8"	1/4"																																		
D	6	2500 ± 15	5000 ± 25	N°4	N°8																																		
Muestra : Lavada y Secada al Horno Velocidad : 30 rpm																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">GRADACION</th> <th style="width: 15%;">N° REVOLUCIONES</th> <th style="width: 15%;">N° BILLAS</th> <th style="width: 15%;">PESO MUESTRA ANTES DE ENSAYO</th> <th style="width: 15%;">PESO DE MUESTRA DESPUES DE ENSAYO</th> <th style="width: 15%;">% TOTAL PERDIDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">11</td> <td style="text-align: center;">5000.07</td> <td style="text-align: center;">3304.2</td> <td style="text-align: center;">33.92</td> </tr> </tbody> </table>						GRADACION	N° REVOLUCIONES	N° BILLAS	PESO MUESTRA ANTES DE ENSAYO	PESO DE MUESTRA DESPUES DE ENSAYO	% TOTAL PERDIDA	B	500	11	5000.07	3304.2	33.92																						
GRADACION	N° REVOLUCIONES	N° BILLAS	PESO MUESTRA ANTES DE ENSAYO	PESO DE MUESTRA DESPUES DE ENSAYO	% TOTAL PERDIDA																																		
B	500	11	5000.07	3304.2	33.92																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">% DE DESGASTE</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">33.92</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">%</td> </tr> </table>						% DE DESGASTE	33.92	%																															
% DE DESGASTE	33.92	%																																					

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES PUNO
 LABORATORIO
 Ing. JEFÉ
 Area Laboral
 S. y P.
WILLY CASTILLO ARACA
 Tec. Esp. Suelos, Pavimentos y Concreteo

DIREC. REG. TRANSPORTES Y COMUNIC. PUNO
 LABORATORIO DE SUELOS

 SR. RAIMUNDO BAUTISTA PERALTA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: N° 75628
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR EN LABORATORIO)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA	Página : 01 de 02
Solicitante : JESÚS VERDY LAZARTE PARRA	Muestra : CANTERA JACAN.
Ubicación : MOHO - JACANTAYA	FECHA : PUNO, 28 Setiembre 2017
	TECNICO : RECA

DATOS DE LA MUESTRA

Centra : Jacantaya	Color : _____
Fibra sintética : 0.10%	Tam. Máx : 3/4"
Tip. de Muestra : Mals	Forma : Angular
Uso Prop. de la Muestra : _____	Ø : _____

DATOS DEL ENSAYO

MOLDE No.	1		2		3	
Nº DE CAPAS	5		5		5	
Nº DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	SIN MOJAR		SIN MOJAR		SIN MOJAR	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	8885.00		8324.00		9095.00	
PESO DE MOLDE	4650.00		4570.00		4564.00	
PESO DE SUELO HUMEDO	4235.00		3754.00		4531.00	
VOLUMEN DE SUELO	2135.00		2135.00		2135.00	
DENSIDAD HUMEDA	1.98		2.04		2.12	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	12.52		12.79		12.32	
DENSIDAD SECA	1.76		1.81		1.89	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN MOJAR		SIN MOJAR		SIN MOJAR	
CAPSULA No.	PQ10	PQ06	PQ13	PQ08	PQ14	PQ15
PESO DE LA CAP. + SUELO HUMED	307.65	303.30	333.23	334.50	437.50	419.40
PESO DE LA CAP. + SUELO SECO	279.65	275.00	301.03	302.00	395.35	379.50
PESO DE LA CAPSULA	55.00	55.60	53.45	54.30	53.00	54.80
PESO DEL AGUA	28.00	27.70	31.60	31.00	42.15	30.00
PESO DEL SUELO SECO	224.65	220.10	248.15	248.30	341.45	324.70
% DE HUMEDAD	12.46	12.59	12.73	12.85	12.34	12.29
% PROMEDIO DE HUMEDAD	12.52		12.79		12.32	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO (Hrs.)	LECTURA		EXPANSION I		LECTURA		EXPANSION I		LECTURA		EXPANSION I	
			DIAL	PULG.	PULG.	%	DIAL	PULG.	%	DIAL	PULG.	%		
15/09/2016	08:00 am	0	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000
16/09/2016	08:00 am	24	8	0.008	0.160	33	0.033	0.660	34	0.034	0.680			
17/09/2016	08:00 am	48	9	0.009	0.180	36	0.036	0.720	40	0.040	0.800			
18/09/2016	08:00 am	72	9	0.009	0.180	36	0.036	0.720	41	0.041	0.820			
19/09/2016	08:00 am	96	10	0.010	0.200	39	0.039	0.780	42	0.042	0.840			

PENETRACIÓN

Penetrac (Pulg.)	Carga Patron	K (area) Pulg2	LECTURA		PRESION (PSI)	%	CORREGIDO		LECTURA	PRESION (PSI)	%	CORREGIDO		LECTURA	PRESION (PSI)	%	CORREGIDO	
			Dial	PULG.			CORR.	CBR				CORR.	CBR					CORR.
0.025		3.11	4.00	12.960	3.589			7.00	30.000	4.165			6.00	24.300	2.04			
0.050		3.11	9.00	25.320	7.032			17.00	130.100	18.062			30.00	120.300	10.11			
0.075		3.11	18.00	50.140	13.925			32.00	204.150	28.342			55.00	220.300	18.51			
0.100	1000	3.11	28.00	80.080	22.240		80.000	8.000	51.00	250.020	34.711	250	25.30	83.00	325.000	27.31	325	32.50
0.200	1500	3.11	54.00	150.360	41.757		150.000	10.000	118.00	400.230	55.564	400	26.87	162.00	650.470	54.66	650	43.33
0.300	1900	3.11	84.00	225.170	62.533		225.000	11.842	165.00	510.020	70.807	510	26.84	218.00	900.580	75.67	901	47.42
0.400	2300	3.11	112.00	290.060	80.554		290.000	12.609	205.00	630.510	87.534	631	27.43	260.00	1011.050	84.95	1011	43.96
0.500	2600	3.11	134.00	390.080	180.000		390.000	13.846	250.00	720.300	100.000	720	27.86	304.00	1190.120	100.00		77


RENE CASTILLO ARACA
 Tec. Exp. Suelos, Pavimentos, Control


SERAPIO BAUTISTA PERALTA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: N° 75628
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



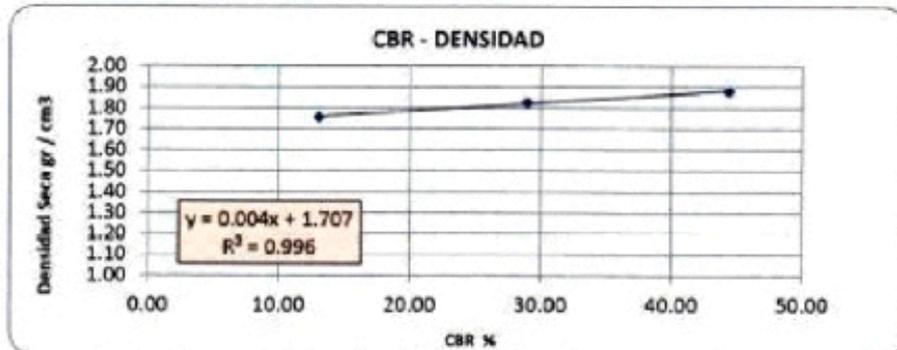
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR EN LABORATORIO)

PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA	Página	: 02 de 02
Solicitante	: JESÚS VERDY LAZARTE PARRA	Muestra	: CANTERA JACAN.
Ubicación	MOHO - JACANTAYA	FECHA	: PUNO, 28 Setiembre 2017
		TECNICO	: RECA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera	: Jacantaya	Color	: _____
Fibra sintética	: 0.10%	Tam. Max	: 3/4"
Tipo de Muestra	: Mah	Forma	: Angular
Uso Prop. a la Muestra	: _____	Obs	: _____

GRÁFICOS DEL ENSAYO



DENSIDAD MAX.	1.920	gr/cm ³
DENSIDAD MAX. 95%	1.824	gr/cm ³
C.B.R.	29.73	%

HUMEDAD OPTIMA	12.50	%
DENSIDAD MAX.	1.920	gr/cm ³
C.B.R.	54.03	%

GOBIERNO REGIONAL PUNO
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES PUNO
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. JEFE Área Laboratorio S. J. P.
JESÚS VERDY LAZARTE PARRA
Ing. Esp. Suelos, Pavimentos y Concreto

DIREC. REG. TRANSPORTES Y COMUNICACIONES PUNO
LABORATORIO DE SUELOS
SERAPO BAUTISTA PERALTA
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 75628
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR EN LABORATORIO)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA
 Solicitante : JESÚS VERDY LAZARTE PARRA
 Ubicación : MOHO - JACANTAYA

Pagina : 01 de 02
 Muestra : CANTERA JACAN.
 FECHA : PUNO, 28 Setiembre 2017
 TECNICO : RECA

DATOS DE LA MUESTRA

Carrera : Jacantaya
 Hora sintética : 0.50%
 Tipo de Muestra : Mab
 Uso Prop. a la Muestra :

Color :
 Tam. Max : 3/4"
 Forma : Angular
 Ots :

DATOS DEL ENSAYO

MOLDE No	1		2		3	
NO DE CAPAS	3		6		8	
NO DE GOLPES POR CAPA	12		20		50	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	8750		8710		9158	
PESO DEL MOLDE	4686		4556		4658	
PESO DEL SUELO HUMEDO	4064		4154		4480	
VOLUMEN DEL SUELO	2135		2135		2135	
DENSIDAD HUMEDA	1.89		1.92		2.10	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	12.57		12.56		12.45	
DENSIDAD SECA	1.68		1.73		1.87	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
CAPSULA No	PQ 09	PQ 12	PQ 13	PQ 16	PQ 52	PQ 05
PESO DE LA CAPSULA	33.20	33.96	51.60	54.30	54.10	53.50
PESO DE CAP+SUELO HUMEDO	410.10	351.10	387.50	335.40	355.30	407.13
PESO DE LA CAP+SUELO SECO	370.40	317.80	349.80	304.40	321.30	368.71
PESO DEL AGUA	39.70	33.30	37.70	31.00	34.00	30.40
PESO DEL SUELO SECO	317.20	263.90	296.20	250.10	287.90	315.90
% DE HUMEDAD	12.52	12.60	12.73	12.40	12.72	12.18
% PROMEDIO DE HUMEDAD	12.57		12.56		12.45	

EXPANSION

MOLDE No			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
			DIAL	PULG.	%	DIAL	PULG.	%	DIAL	PULG.	%
15/09/2016	08.00am	0	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
16/09/2016	08.00am	24	34.0	0.034	0.74	38.0	0.038	0.61	30.0	0.030	0.68
17/09/2016	08.00am	48	34.0	0.034	0.74	34.0	0.034	0.74	36.0	0.036	0.79
18/09/2016	08.00am	72	37.0	0.037	0.81	34.0	0.034	0.74	39.0	0.039	0.85
19/09/2016	08.00am	96	40.0	0.040	0.87	34.0	0.034	0.74	40.0	0.040	0.87

PENETRACION

MOLDE No			1				2				3			
DIAMETRO	VELOCIDAD	AREA	CARGA		CORREGIDO		CARGA		CORREGIDO		CARGA		CORREGIDO	
IN	(PSI)	(POL.02)	DIAL	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR
0.025	3.11	6	21	21.13			7	25.21			9	33.97		
0.050	3.11	22	86	86.39			14	135.29			51	220.77		
0.075	3.11	36	143.44				54	218.70			92	371.06		
0.100	1000	3.11	48	192.29	192	19.23	74	297.99	298	29.80	124	500.74	501	50.07
0.200	1500	3.11	79	318.30	318	21.22	111	460.25	460	30.68	168	678.57	679	45.24
0.300	1900	3.11	98	395.40	395	20.81	129	520.97	521	27.42	184	743.10	743	39.11
0.400	2300	3.11	165	423.78	424	18.43	134	557.38	557	24.23	104	792.39	793	34.06
0.500	2500	3.11	130	444.04	444	17.08	143	585.68	586	22.53	200	831.10	832	31.99

GOBIERNO REGIONAL PUNO
 DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES PUNO
 LABORATORIO
 Ing. JERFE
 Área Laboratorio
 S. Y. P.
 PUNO
 JERFE CASTILLO ARACA
 Tec. Esp. Suelos, Pavimentos y Concreto

DIRCC. REG. TRANSPORTES Y COMUNIC. PUNO
 LABORATORIO DE SUELOS

SERRANO BAUTISTA PERALTA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: N° 75628
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



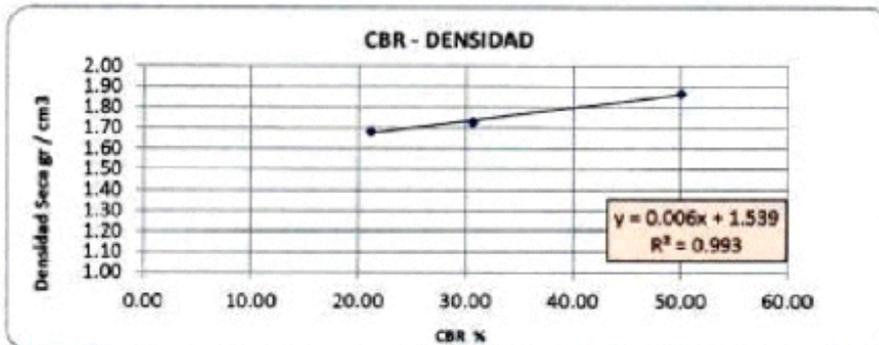
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR EN LABORATORIO)

PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA	Página	: 02 de 02
Solicitante	: JESÚS VERDY LAZARTE PARRA	Muestra	: CANTERA JACAN.
Ubicación	MOHO - JACANTAYA	FECHA	: PUNO, 28 Setiembre 2017
		TECNICO	: RECA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera	Jacantaya	Color	
Fibra sintética	0.50%	Tam. Max	3/4"
Tipo de Muestra	Mab	Forma	Ángular
Uso Prop. a la Muestra		Obs	

GRÁFICOS DEL ENSAYO



DENSIDAD MAX.	1.920	gr/cm3
---------------	-------	--------

HUMEDAD OPTIMA	12.50	%
----------------	-------	---

DENSIDAD MAX. 95%	1.824	gr/cm3
-------------------	-------	--------

DENSIDAD MAX.	1.920	gr/cm3
---------------	-------	--------

C.B.R.	44.04	%
--------	-------	---

C.B.R.	58.90	%
--------	-------	---

GOBIERNO REGIONAL PUNO
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES PUNO
LABORATORIO DE SUELOS
Ing. JERRE
Área Laboratorio
S. y P.
PUNO
JERRE CASTILLO ARACA
Tec. Esp. Suelos, Pavimentos y Concreto

DIREC. REG. TRANSPORTES Y COMUNIC. PUNO
LABORATORIO DE SUELOS
SERRANO BAUTISTA PERALTA
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 75628
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR EN LABORATORIO)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA
 Solicitante : JESÚS VERDY LAZARTE PARRA
 Ubicación : MOHO - JACANTAYA
 Pagina : 01 de 02
 Muestra : CANTERA JACAN.
 FECHA : PUNO, 28 Setiembre 2017
 TECNICO : RECA

DATOS DE LA MUESTRA

Centro : Jacantaya
 Fibra sintética : 1.00%
 Tipo de Muestra : Mah
 Uso Prop. de la Muestra :
 Color :
 Tem. Max : 34°C
 Forma : Angular
 Obs :

DATOS DEL ENSAYO

MOLDE No	1		2		3	
No DE CAPAS	5		5		5	
NO DE GOLPES POR CAPA	12		28		54	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	BIN MOJAR		MOJADA		BIN MOJAR	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	3856		8928		9442	
PESO DEL MOLDE	4613		4622		4598	
PESO DEL SUELO HUMEDO	4188		4304		4444	
VOLUMEN DEL SUELO	2135		2135		2135	
DENSIDAD HUMEDA	1.96		2.02		2.08	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	12.46		12.73		12.33	
DENSIDAD SECA	1.74		1.79		1.83	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	BIN MOJAR		MOJADA		BIN MOJAR	
CAPSULA No	PQ 02	PQ 21	PQ 07	PQ 03	PQ 08	PQ 14
PESO DE LA CAPSULA	54.90	55.50	52.60	54.30	52.96	54.90
PESO DE CAP+SUELO HUMEDO	312.00	303.30	332.10	334.30	455.60	419.40
PESO DE LA CAP+SUELO SECO	283.80	276.20	300.30	302.90	410.40	380.10
PESO DEL AGUA	28.90	27.10	31.80	31.40	45.20	39.10
PESO DEL SUELO SECO	226.60	220.70	247.70	246.00	357.50	325.40
% DE HUMEDAD	12.64	12.28	12.84	12.63	12.64	12.02
% PROVEDOR DE HUMEDAD	12.48		12.73		12.33	

EXPANSION

MOLDE No	FECHA	HORA	TIEMPO	1			2			3		
				EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
				DIAL	PULG	%	DIAL	PULG	%	DIAL	PULG	%
	15/09/2016	08:00am	0	8.0	0.000	0.30	9.0	0.000	0.00	8.0	0.000	0.00
	16/09/2016	08:00am	24	8.0	0.004	0.17	33.0	0.033	0.72	34.0	0.034	0.74
	17/09/2016	08:00am	48	9.0	0.009	0.20	38.0	0.038	0.83	40.0	0.040	0.87
	18/09/2016	08:00am	72	9.0	0.009	0.20	38.0	0.038	0.83	41.0	0.041	0.90
	19/09/2016	05:00am	96	10.0	0.010	0.22	39.0	0.039	0.85	42.0	0.042	0.92

PENETRACION

MOLDE No	1		2				3							
	CARGA	CONSECUO	CARGA	CONSECUO	CARGA	CONSECUO	CARGA	CONSECUO						
FB (PSI)	FB (PULG)	DIAL	FB	CORR.	CBR	DIAL	FB	CORR.	CBR	DIAL	FB	CORR.	CBR	
0.025	3.11	4	12.96			7	25.21			6	21.13			
0.050	3.11	9	33.37			17	66.00			30	118.99			
0.075	3.11	18	70.08			32	127.14			55	220.77			
0.100	1000	3.11	22	110.84	111	11.08	51	204.49	204	20.45	83	334.54	336	33.45
0.200	1500	3.11	54	216.70	217	14.49	118	476.45	476	31.76	182	654.35	654	40.62
0.300	1900	3.11	84	336.60	339	17.82	165	666.46	666	35.06	218	879.96	880	46.38
0.400	2300	3.11	112	452.14	452	19.66	205	827.68	828	35.99	269	1048.62	1049	45.59
0.500	2800	3.11	134	541.20	541	20.82	250	1006.51	1009	38.79	304	1234.75	1226	47.11

GOBIERNO REGIONAL PUNO
 DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES PUNO
 LABORATORIO DE SUELOS
 Ing. JEPE
 Área Laboratorio
 S.Y.P.
 PUNO
 JESÚS VERDY LAZARTE PARRA
 Ing. Exp. Suelos, Pavimentos y Control

DIREC. REG. TRANSPORTES Y COMUNIC. PUNO
 LABORATORIO DE SUELOS

SERAFIO BAUTISTA PERALTA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: N° 75628
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



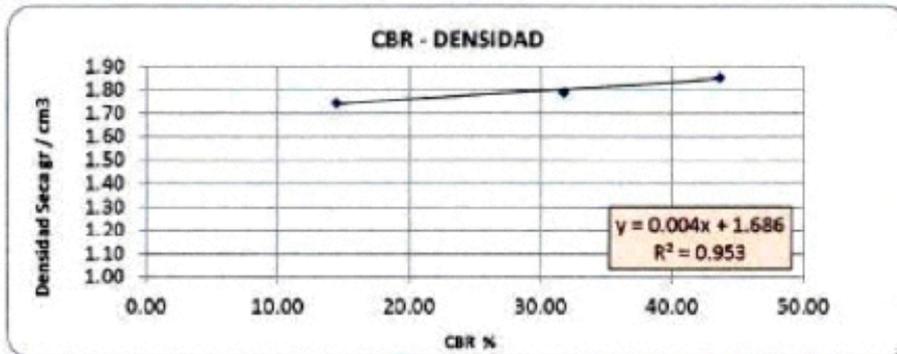
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR EN LABORATORIO)

PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA	Página	: 02 de 02
Solicitante	: JESÚS VERDY LAZARTE PARRA	Muestra	: CANTERA JACAN.
Ubicación	MOHO - JACANTAYA	FECHA	: PUNO, 28 Setiembre 2017
		TECNICO	: RECA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera	: Jacantaya	Color	: _____
Fibra sintética	: 1.00%	Tam. Max	: 54"
Tipo de Muestra	: Mab	Forma	: Angular
Uso Prop. a la Muestra	: _____	Obs	: _____

GRÁFICOS DEL ENSAYO



DENSIDAD MAX.	1.920	gr/cm ³
DENSIDAD MAX. 95%	1.824	gr/cm ³
C.B.R.	37.86	%

HUMEDAD OPTIMA	12.50	%
DENSIDAD MAX.	1.920	gr/cm ³
C.B.R.	64.23	%

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES PUNO
LABORATORIO

[Signature]
JESÚS CASTILLO ARACA
Téc. Esp. Suelos, Pavimentos y Concreto

DIREC. REG. TRANSPORTES Y COMUNIC. PUNO
LABORATORIO DE SUELOS

[Signature]
SERAFÍN BAUTISTA PEBALTA
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 75628
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR EN LABORATORIO)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA
 Solicitante : JESÚS VERDY LAZARTE PARRA
 Ubicación : MOHO - JACANTAYA
 Pagina : 01 de 02
 Muestra : CANTERA JACAN.
 PUNO, 28 Setiembre 2017
 FECHA :
 TECNICO : RECA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : Jacantaya
 Fibra simetrica : 2.00%
 Tipo de Muestra : Mab
 Uso Prop. a la Muestra :
 Color :
 Tam. Max : 3/4"
 Forma : Angular
 Obs :

DATOS DEL ENSAYO

MOLDE No	1		2		3	
	8		6		8	
No DE CAPAS	12		25		55	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	8010		8100		8128	
PESO DEL MOLDE	3838		3816		3820	
PESO DEL SUELO HUMEDO	4172		4284		4408	
VOLUMEN DEL SUELO	2135		2135		2135	
DENSIDAD HUMEDA	1.95		2.00		2.06	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	12.10		12.48		12.23	
DENSIDAD SECA	1.74		1.78		1.84	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
EXPULSA No	PQ 02	PQ 15	PQ 02	PQ 14	PQ 04	PQ 20
PESO DE LA CAPSULA	54.10	54.80	54.50	54.90	54.50	52.20
PESO DE CAP+SUELO HUMEDO	334.90	297.00	254.20	359.40	287.80	282.30
PESO DE LA CAP+SUELO SECO	304.90	270.50	231.60	326.30	262.10	257.50
PESO DEL AGUA	30.00	26.50	22.60	33.10	25.70	24.80
PESO DEL SUELO SECO	250.80	215.80	177.10	271.40	207.80	205.30
% DE HUMEDAD	11.95	12.23	12.76	12.20	12.38	12.08
% PROMEDIO DE HUMEDAD	12.10		12.48		12.23	

EXPANSION

MOLDE No	FECHA	HORA	TIEMPO	1			2			3		
				EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
				DIAL	PULG	%	DIAL	PULG	%	DIAL	PULG	%
	15/09/2016	08.00am	0	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
	16/09/2016	08.00am	24	25.0	0.923	0.50	27.0	0.923	0.59	33.0	0.933	0.72
	17/09/2016	08.00am	48	25.0	0.923	0.55	28.0	0.928	0.61	35.0	0.933	0.78
	18/09/2016	08.00am	72	25.0	0.924	0.57	31.0	0.931	0.68	37.0	0.937	0.81
	19/09/2016	08.00am	96	25.0	0.926	0.57	31.0	0.931	0.68	38.0	0.938	0.83

PENETRACION

MOLDE No	PENET	CAPSA	AREA	1				2				3			
				CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	(PSI)	(PULG ²)	DIAL	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR	
0.025		3.11	2	4.80			2	4.80			3	6.88			
0.050		3.11	4	12.96			5	17.04			7	26.21			
0.075		3.11	6	29.29			9	33.37			11	41.53			
0.100	1000	3.11	11	41.53	42	4.15	13	49.69	50	4.97	15	57.85	58	5.76	
0.200	1600	3.11	21	98.42	99	6.57	20	114.92	115	7.66	33	131.22	131	8.75	
0.300	1900	3.11	40	159.72	160	8.41	46	184.15	184	9.69	53	200.43	200	10.58	
0.400	2300	3.11	57	228.90	229	9.95	64	257.36	257	11.19	67	269.55	270	11.72	
0.500	2600	3.11	75	302.06	302	11.62	82	330.48	330	12.71	91	362.95	363	13.98	

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES PUNO
 GOBIERNO REGIONAL PUNO
 Ing. JESÚS VERDY LAZARTE PARRA
 JEFE CASTILLO ARACA
 Ing. Exp. Susana Paredes / 01/2017

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES PUNO
 LABORATORIO DE SUELOS
 Sr. RAFAEL BAUTISTA PEBALTA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: N° 76628
 PARA MUESTRA DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



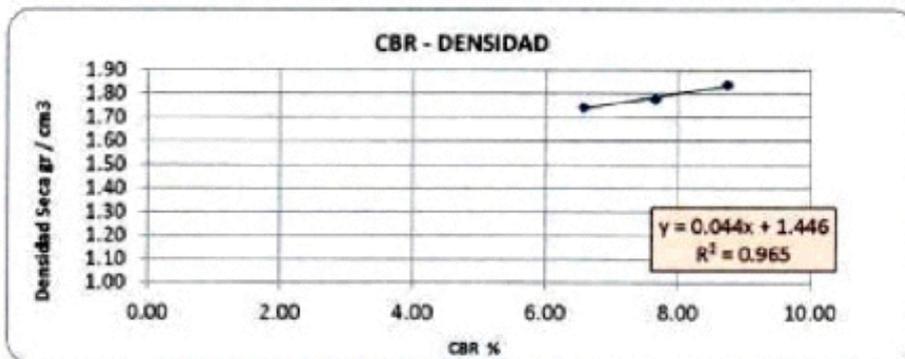
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR EN LABORATORIO)

PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL MOHO - JACANTAYA	Página	: 02 de 02
Solicitante	: JESÚS VERDY LAZARTE PARRA	Muestra	: CANTERA JACAN.
Ubicación	MOHO - JACANTAYA	FECHA	: PUNO, 28 Setiembre 2017
		TECNICO	: RECA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera	: Jacantaya	Color	: _____
Fibra sintética	: 2.00%	Tam. Max	: 3/4"
Tipo de Muestra	: Mab	Forma	: Angular
Uso Prop. a la Muestra	: _____	Obs	: _____

GRÁFICOS DEL ENSAYO



DENSIDAD MAX.	1.920	gr/cm3
---------------	-------	--------

HUMEDAD OPTIMA	12.50	%
----------------	-------	---

DENSIDAD MAX. 95%	1.824	gr/cm3
-------------------	-------	--------

DENSIDAD MAX.	1.920	gr/cm3
---------------	-------	--------

C.B.R.	8.51	%
--------	------	---

C.B.R.	10.68	%
--------	-------	---

Gobierno Regional Puno
 DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - PUNO
 JESÚS VERDY LAZARTE PARRA
 Jefe de Laboratorio
 PUNO

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - PUNO
 LABORATORIO DE SUELOS
 SERRANO BAUTISTA PERALTA
 INGENIERO CMI
 CIP: N° 75628
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS