

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA-ZYME Y
CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA
BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVÍO
HUANCANÉ – CHUPA)-PUNO**

TESIS

Presentado por:

**Yucra Callata, Arturo
Camala Jilapa, Edwin Iván**

Para Optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Puno - Peru

2017

**“ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA ZYME
Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE
LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA
(DESVÍO HUANCANÉ – CHUPA)- PUNO”**

PRESENTADO POR LOS BACHILLERES:

ARTURO YUCRA CALLATA

EDWIN IVAN CAMALA JILAPA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PUNO-PERÚ

- 2017 -

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
"ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA-ZYME Y CLORURO
CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA
NO PAVIMENTADA (DESVÍO HUANCANÉ-CHUPA)-PUNO"

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. ARTURO YUCRA CALLATA
BACH. EDWIN IVAN CAMALA JILAPA

APROBADO POR:

PRESIDENTE:



ING. ZENÓN MELLADO VARGAS

PRIMER MIEMBRO:



ING. WALTER HUGO LIPA CONDORI

SEGUNDO MIEMBRO:



Dr. SAMUEL HUAQUISTO CÁCERES

DIRECTOR DE TESIS:



D. Sc. FÉLIX ROJAS CHÁHUARES

Área: Transporte
Tema: Estabilización de suelos
Línea de Investigación: Geotecnia

DEDICATORIA

DEDICADO A:

- Dios** Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado vida y salud para lograr mis objetivos.
- Mis Padres** Clemente Yucra Yucra y Maximiana Callata Barrantes por estar toda mi vida a mi lado brindándome su apoyo incondicional, sus consejos y valores que me ha permitido ser una persona de bien, y dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi profesión.
- Mi Hermanas** A mi hermana mayor Marina (Que en paz descansa y de Dios goce) que supo ayudarme mientras estuve en mi formación profesional y compartirme muchas enseñanzas para ser una persona de bien, y a mis hermanas menores que siempre me ayudaron a realizar mi objetivo de culminar esta carrera profesional.

Bach. Arturo Yucra Callata

Mis Padres

Benito Camala Quispe por estar siempre conmigo en los momentos difíciles y a mi madre Juana Francisca Jilapa de Camala (Q.E.P.D. y D.D.G) por sus consejos que me ha permitido ser una persona de bien, y dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi profesión.

Mi Hermanos

A mi hermana Yesica y mi hermano Herbert que siempre me ayudaron a realizar mi objetivo de culminar mi carrera profesional.

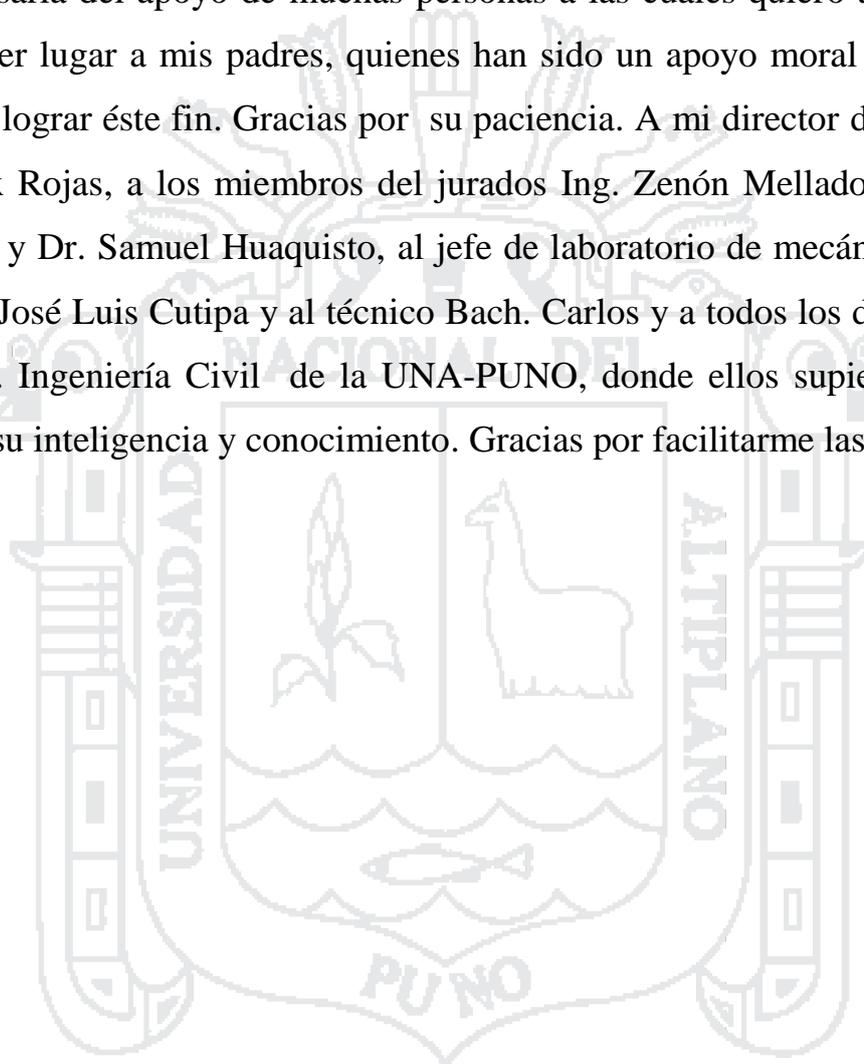
En especial

A Ybet, que siempre supo acompañarme y comprenderme en los momentos difíciles.

Bach. Edwin Ivan Camala Jilapa

AGRADECIMIENTOS

Para poder realizar ésta tesis de la mejor manera posible fue necesaria del apoyo de muchas personas a las cuales quiero agradecer. En primer lugar a mis padres, quienes han sido un apoyo moral y económico para lograr éste fin. Gracias por su paciencia. A mi director de tesis D. Sc. Félix Rojas, a los miembros del jurados Ing. Zenón Mellado, Ing. Walter Lipa y Dr. Samuel Huaquisto, al jefe de laboratorio de mecánica de suelos Ing. José Luis Cutipa y al técnico Bach. Carlos y a todos los docentes de la E. P. Ingeniería Civil de la UNA-PUNO, donde ellos supieron guiarnos con su inteligencia y conocimiento. Gracias por facilitarme las cosas.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	24
ABSTRACT	25
1. INTRODUCCIÓN.....	26
1.1. Análisis de situación problemática	26
1.2. Formulación del problema.....	27
1.2.1. Problema general.	27
1.2.2. Problemas específicos.	27
1.3. Objetivo general.....	28
1.4. Objetivos específicos.....	28
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	29
2.1. Estabilización de suelos	29
2.1.1. Estabilización química	29
2.1.1.1. Cloruro de calcio	30
2.1.1.2. Enzimas orgánicas	30
2.2. Carreteras	31
2.2.1. Clasificación de carreteras.	32
2.2.1.1. Clasificación de carreteras según su función.	32

2.2.1.1.1.	Red vial primaria.....	32
2.2.1.1.2.	Red vial secundaria.....	32
2.2.1.1.3.	Red vial terciaria o local.....	32
2.2.1.2.	Clasificación por demanda.....	32
2.2.1.2.1.	Autopistas de primera clase.....	32
2.2.1.2.2.	Autopistas de segunda clase.....	32
2.2.1.2.3.	Carreteras de primera clase.....	33
2.2.1.2.4.	Carreteras de segunda clase.....	33
2.2.1.2.5.	Carreteras de tercera clase.....	33
2.2.1.2.6.	Trochas Carrozables.....	34
2.2.1.3.	Clasificación por orografía.....	34
2.2.1.3.1.	Terreno plano (tipo 1).....	34
2.2.1.3.2.	Terreno ondulado (tipo 2).....	34
2.2.1.3.3.	Terreno accidentado (tipo 3).....	35
2.2.1.3.4.	Terreno escarpado (tipo 4).....	35
2.2.1.4.	Clasificación según el tipo de superficie de rodadura.....	35
2.2.1.4.1.	Carreteras pavimentadas.....	35
2.2.1.4.1.	Carreteras no pavimentadas.....	36
2.3.	Sistema vial peruano	37
2.4.	Características climáticas en la zona de estudio.	38

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....39

3.1. Materiales..... 39

3.1.1. Perma Zyme 30X..... 39

3.1.1.1. Especificación del producto..... 40

3.1.1.2. Parámetros recomendados que debe cumplir el suelo. 40

3.1.1.3. Ventajas que se obtendrían al aplicar el producto. 41

3.1.1.4. Aplicación de Perma Zyme. 42

3.1.1.4.1. Preparación..... 42

3.1.1.4.2. Mezclado..... 43

3.1.1.4.1. Compactacion..... 44

3.1.1.4.2. Apertura al tránsito..... 44

3.1.2. Cloruro de calcio..... 45

3.1.2.1. Especificaciones del producto. 46

3.1.2.2. Parámetros recomendables que debe cumplir el suelo..... 46

3.1.2.3. Ventajas que se obtendrían al aplicar al producto. 46

3.1.2.4. Aplicación de Cloruro de Calcio. 47

3.1.2.4.1. Preparación..... 47

3.1.2.4.2. Mezclado..... 48

3.1.2.4.3. Compactacion..... 48

3.1.2.4.4. Apertura al tránsito..... 49

3.1.3.	Canteras.....	49
3.1.3.1.	Cantera Punta.....	49
3.1.3.1.1.	Granulometría	49
3.1.3.1.2.	Límites de Atterberg.....	54
3.1.3.1.3.	Próctor modificado.....	56
3.1.3.1.4.	Valor de soporte relativo (CBR).....	58
3.1.3.2.	Cantera yanahoco.....	61
3.1.3.2.1.	Granulometría	62
3.1.3.2.2.	Límites de Atterberg.....	65
3.1.3.2.3.	Próctor modificado.....	67
3.1.3.2.4.	Valor de soporte relativo (CBR).....	68
3.2.	Métodos	71
3.2.1.	Grupo control.....	72
3.2.1.1.	Cantera 1 (Punta) sin aditivo	72
3.2.1.2.	Cantera 2 (Yanahoco) sin aditivo	72
3.2.2.	Grupo Experimental (Perma-Zyme)	73
3.2.2.1.	Cantera 1 (Punta) con aditivo	73
3.2.2.2.	Cantera 2 (Yanahoco) con aditivo	73
3.2.3.	Grupo Experimental (Cloruro Cálxico).....	74
3.2.3.1.	Cantera 1 (Punta) con aditivo	74

3.2.3.2.	Cantera 2 (Yanahoco) con aditivo	75
3.2.4.	Identificación de la población y muestra de estudio.	75
3.2.4.1.	Muestra.	76
3.3.	Dosificación del agente estabilizador Perma Zyme 30x	80
3.3.1.	Características cálculo de las muestras con el aditivo PZ 30x.	80
3.3.1.1.	Muestra Experimental de la cantera Punta.....	80
3.3.1.1.1.	Proctor modificado y CBR.....	80
3.3.1.1.2.	Limite Líquido y Limite Plástico.	82
3.3.1.2.	Muestra Experimental de la cantera Yanahoco.	83
3.3.1.2.1.	Proctor modificado y CBR.....	83
3.3.1.2.2.	Limite Líquido y Limite Plástico.	85
3.4.	Dosificación del agente estabilizador Cloruro de Calcio	86
3.4.1.	Características cálculo de las muestras con el aditivo CaCl ₂	87
3.4.1.1.	Muestra Experimental de la cantera Punta.....	87
3.4.1.1.1.	Proctor Modificado y CBR.	87
3.4.1.1.2.	Limite Líquido y Limite Plástico.	87
3.4.1.2.	Muestra Experimental de la cantera Yanahoco.	88
3.4.1.2.1.	Proctor modificado y CBR.....	88
3.4.1.2.2.	Limite Líquido y Limite Plástico.	89
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	90

4.1. Resultado con Perma Zyme 30x	90
4.1.1. Cantera Punta	90
4.1.1.1. Limite Liquido (L.L.)	90
4.1.1.1. Limite Plástico (L.P.).....	91
4.1.1.2. Próctor Modificado.....	92
4.1.1.3. CBR.....	93
4.1.1.1. Expansión	95
4.1.2. Cantera Yanahoco.....	95
4.1.2.1. Limite Liquido (L.L.)	95
4.1.2.1. Limite Plástico (L.P.).....	96
4.1.2.2. Próctor Modificado.....	97
4.1.2.3. CBR.....	99
4.1.2.1. Expansión	100
4.2. Resultado con cloruro de calcio.....	101
4.2.1. Cantera Punta	101
4.2.1.1. Limite Liquido (L.L.)	101
4.2.1.1. Limite Plástico (L.P.).....	102
4.2.1.2. Próctor Modificado.....	103
4.2.1.3. CBR.....	104
4.2.1.4. Expansión	105

4.2.2.	Cantera Yanahoco.....	106
4.2.2.1.	Limite Liquido (L.L.).....	106
4.2.2.2.	Limite Plástico (L.P.).....	106
4.2.2.3.	Próctor Modificado.....	108
4.2.2.4.	CBR.....	109
4.2.3.	Expansión.....	110
4.3.	Prueba de Hipótesis de suelo estabilizado con Perma Zyme.....	111
4.3.1.	Cantera Punta.....	111
4.3.1.1.	Variable: Índice de Plasticidad.....	111
4.3.1.1.	Variable: Expansión.....	113
4.3.1.1.	Variable: Densidad seca máxima.....	116
4.3.1.1.	Variable: CBR.....	118
4.3.2.	Cantera Yanahoco.....	120
4.3.2.1.	Variable: Índice de Plasticidad.....	120
4.3.2.2.	Variable: Expansión.....	123
4.3.2.3.	Variable: Densidad seca máxima.....	125
4.3.2.4.	Variable: CBR.....	128
4.4.	Prueba de Hipótesis de suelo estabilizado con Cloruro de Calcio.....	130
4.4.1.	Cantera Punta.....	130
4.4.1.1.	Variable: Índice de Plasticidad.....	130

4.4.1.2.	Variable: Expansión.	132
4.4.1.3.	Variable: Densidad seca máxima.....	135
4.4.1.4.	Variable: CBR.	137
4.4.2.	Cantera Yanahoco.....	140
4.4.2.1.	Variable: Índice de Plasticidad.....	140
4.4.2.2.	Variable: Expansión.	142
4.4.2.3.	Variable: Densidad seca máxima.....	145
4.4.2.4.	Variable: CBR.	147
4.5.	Costos de estabilización.....	150
4.5.1.	Estabilización con Perma Zyme.....	150
4.5.1.1.	Dosificación de 1 lt de Perma Zyme.....	150
4.5.1.2.	Dosificación de 1.5 lt de Perma Zyme.....	151
4.5.1.3.	Dosificación de 2 lt de Perma Zyme.....	151
4.5.2.	Estabilización con Cloruro Cálcico.....	152
4.5.2.1.	Cantera Punta.....	152
4.5.2.1.1.	Dosificación con 1% de CaCl ₂	152
4.5.2.1.2.	Dosificación con 2% de CaCl ₂	154
4.5.2.1.3.	Dosificación con 3% de CaCl ₂	154
4.5.2.2.	Cantera Yanahoco.....	155
4.5.2.2.1.	Dosificación con 1% de CaCl ₂	155

4.5.2.2.2.	Dosificación con 2% de CaCl ₂ .	156
4.5.2.2.3.	Dosificación con 3% de CaCl ₂ .	157
4.6.	Evaluación técnica	157
4.6.1.	Límites de Atterberg.	158
4.6.1.1.	Cantera Punta.	158
4.6.1.2.	Cantera Yanahoco.	159
4.6.1.	Próctor Modificado.	159
4.6.1.1.	Cantera Punta.	159
4.6.1.2.	Cantera Yanahoco.	160
4.6.2.	CBR.	161
4.6.2.1.	Cantera Punta.	161
4.6.2.2.	Cantera Yanahoco.	162
4.6.3.	Expansión.	162
4.6.3.1.	Cantera Punta.	162
4.6.3.2.	Cantera Yanahoco.	163
4.7.	Evaluación económica	164
5.	CONCLUSIONES	165
5.1.	Conclusiones técnicas	165
5.2.	Conclusiones económicas	166

6. RECOMENDACIONES.....167

7. REFERENCIAS168

8. ANEXOS170



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Escarificado del suelo a ser tratado	43
<i>Figura 2:</i> Mezclado del aditivo Perma Zyme con el suelo.....	43
<i>Figura 3:</i> Compactación de la superficie de rodadura estabilizada.....	44
<i>Figura 4:</i> Escarificado del suelo a ser tratado	47
<i>Figura 5:</i> Mezclado del aditivo Cloruro de Calcio con el suelo.....	48
<i>Figura 6:</i> Compactación de la superficie de rodadura estabilizada.....	48
<i>Figura 7:</i> Cantera punta	49
<i>Figura 8:</i> Secado de muestra al aire libre de la Cantera Punta.....	50
<i>Figura 9:</i> cuarteo de muestreo para ensayo de granulometría.....	50
<i>Figura 10:</i> Lavado de muestra de la cantera Punta.....	51
<i>Figura 11:</i> Tamizado de muestra de cantera Punta	51
<i>Figura 12:</i> Curva granulometría	53
<i>Figura 13:</i> Muestra tamizada del material de cantera punta para los ensayos de L.L. y L.P.....	54
<i>Figura 14:</i> Saturación de muestra con agua destilada y elaboración de cilindros de 3.2 mm de diámetro.....	55
<i>Figura 15:</i> Uso del instrumento de la cuchara de Casagrande y toma de datos para los ensayos de L.L. y L.P.....	55
<i>Figura 16:</i> Grafico del Limite Liquido.....	56
<i>Figura 17:</i> Humedecimiento de la muestra de la cantera Punta	57
<i>Figura 18:</i> Compactación de la muestra en prueba del ensayo Próctor modificado.....	57
<i>Figura 19:</i> Curva de Densidad Seca Máxima con el Contenido de Humedad Optimo.....	58
<i>Figura 20:</i> Preparación de muestra y moldes para el ensayo de CBR.....	58
<i>Figura 21:</i> Sobrecargas y deformimetro en las muestras ensayadas del ensayo CBR.....	59

<i>Figura 22:</i> Sumergido y sometido a prueba de carga de la muestra ensayada.	59
<i>Figura 23:</i> Grafica de penetración vs esfuerzo.	60
<i>Figura 24:</i> Grafica CBR vs Densidad Seca y Expansión en horas.....	61
<i>Figura 25:</i> Cantera Yanahoco.....	61
<i>Figura 26:</i> Secado de muestra al aire libre de la Cantera Yanahoco.....	62
<i>Figura 27:</i> Lavado de muestra de la cantera Yanahoco.....	63
<i>Figura 28:</i> Tamizado de muestra de cantera Punta	63
<i>Figura 29:</i> Curva granulometría de muestra de la cantera Yanahoco	64
<i>Figura 30:</i> Muestra tamizado del material de cantera punta para los ensayos de L.L. y L.P.....	65
<i>Figura 31:</i> Saturación de muestra con agua destilada y uso de la cuchara de Casagrande.....	65
<i>Figura 32:</i> Elaboración de cilindros de 3.2 mm para el ensayo de limite plástico.....	66
<i>Figura 33:</i> Grafica de Límite Líquido de muestra de la cantera Yanahoco.....	66
<i>Figura 34:</i> Humedecimiento de la muestra de la cantera Yanahoco.....	67
<i>Figura 35:</i> Compactación en el molde y enrasado de la muestra de la cantera Yanahoco.....	67
<i>Figura 36:</i> Curva de Densidad Seca Máxima con el Contenido de Humedad Óptimo.....	68
<i>Figura 37:</i> Preparación y humedecimiento para realizar el ensayo de CBR.....	68
<i>Figura 38:</i> Toma de datos del molde CBR	69
<i>Figura 39:</i> Lectura del deformimetro y las muestras ensayadas sometida a prueba de cargas.....	69
<i>Figura 40:</i> Grafica de penetración vs esfuerzo	70
<i>Figura 41:</i> Grafica CBR vs Densidad Seca y Expansión en horas.....	70
<i>Figura 42:</i> Solución de agua destilada y Perma Zyme con la muestra de la cantera Punta.....	90
<i>Figura 43:</i> Saturación de muestra con la solución preparada de la muestra de la cantera Punta.....	91

<i>Figura 44:</i> Histograma de resultados de los límites de A. Atterberg.....	92
<i>Figura 45:</i> Desprendimiento del collar y enrasado de la muestra del molde del Próctor Modificado.	92
<i>Figura 46:</i> Histograma de los resultados de la Densidad Máxima Seca.....	93
<i>Figura 47:</i> limpieza de molde CBR y peso de aditivo Perma Zyme en gramos	94
<i>Figura 48:</i> Lectura de expansión después de la inmersión y muestra sometido a pruebas de carga.....	94
<i>Figura 49:</i> Grafica de expansión vs dosificación del aditivo PZ 30x.....	95
<i>Figura 50:</i> Peso del material para la prueba con 1lt de Perma Zyme para el ensayo del L.L.	96
<i>Figura 51:</i> Elaboración de cilindros de 3.2 mm. Y toma de muestra de la cuchara de Casagrande.	96
<i>Figura 52:</i> Histograma de resultados de los límites de A. Atterberg.....	97
<i>Figura 53:</i> Solución agua-Perma Zyme 30x y compactacion de la muestra.....	98
<i>Figura 54:</i> Histograma de resultados de la Densidad Máxima Seca.	99
<i>Figura 55:</i> Lectura de deformimetro.....	99
<i>Figura 56:</i> Histograma de resultados de CBR al 95 y 100% de la D.S.M.....	100
<i>Figura 57:</i> Grafica de Expansión vs dosificación de PZ 30x.	101
<i>Figura 58:</i> Mezcla de CaCl ₂ y agua destilada con la muestra de la cantera Punta.....	101
<i>Figura 59:</i> Elaboración de cilindros de 3.2 mm y registro de taras con muestra saturada.....	102
<i>Figura 60:</i> Histograma de resultados de los límites de A. Atterberg.....	103
<i>Figura 61:</i> Histograma de los resultados de la Densidad Máxima Seca.....	104
<i>Figura 62:</i> Peso del CaCl ₂ y lectura de deformimetro en el ensayo CBR.....	104
<i>Figura 63:</i> Histograma de resultados del CBR al 95 y 100 % de la D.M.S.....	105
<i>Figura 64:</i> Grafica de expansión vs dosificación del aditivo CaCl ₂	106
<i>Figura 65:</i> Peso del material para la prueba con CaCl ₂ para el ensayo del L.L.	106

Figura 66: Uso de la cuchara de Casagrande para el límite líquido. 107

Figura 67: Elaboración de cilindros de 3.2 mm añadiendo CaCl₂ para el L.P. 107

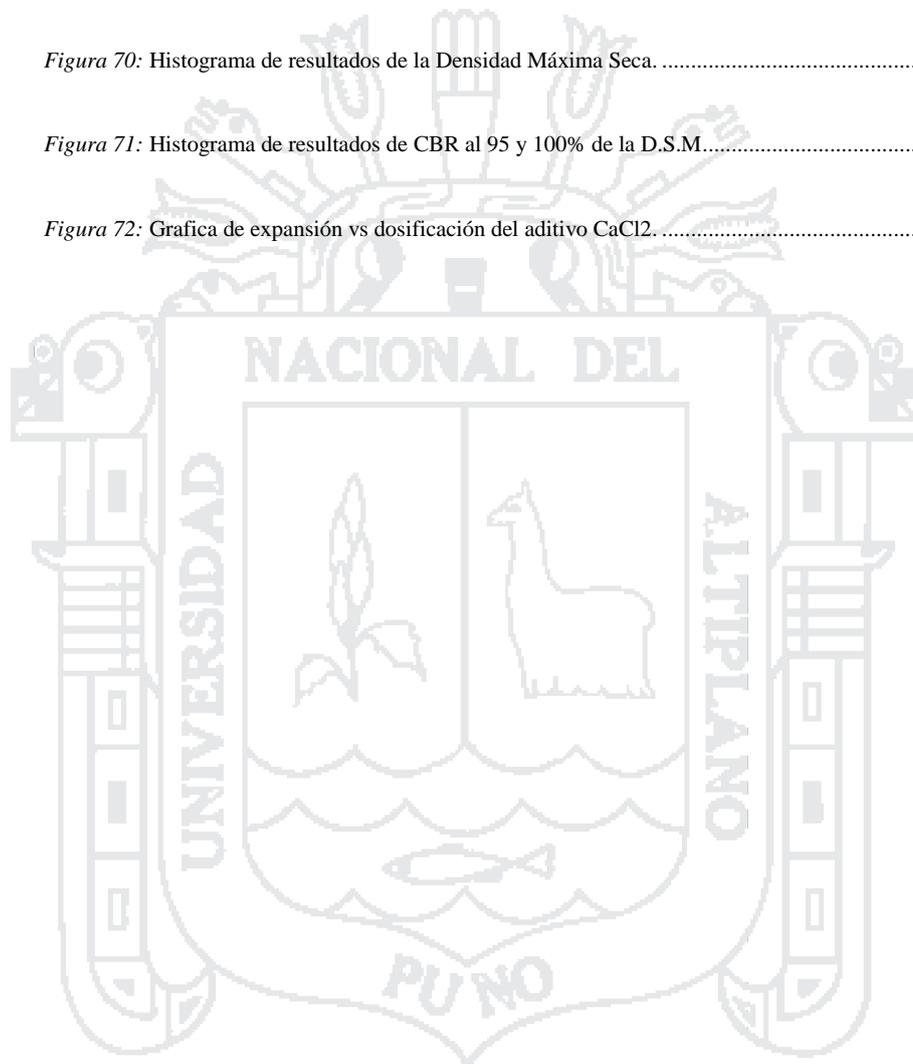
Figura 68: Histograma de resultados de los límites de A. Atterberg 108

Figura 69: Peso del CaCl₂ para añadir al humedecimiento de la muestra. 108

Figura 70: Histograma de resultados de la Densidad Máxima Seca. 109

Figura 71: Histograma de resultados de CBR al 95 y 100% de la D.S.M. 110

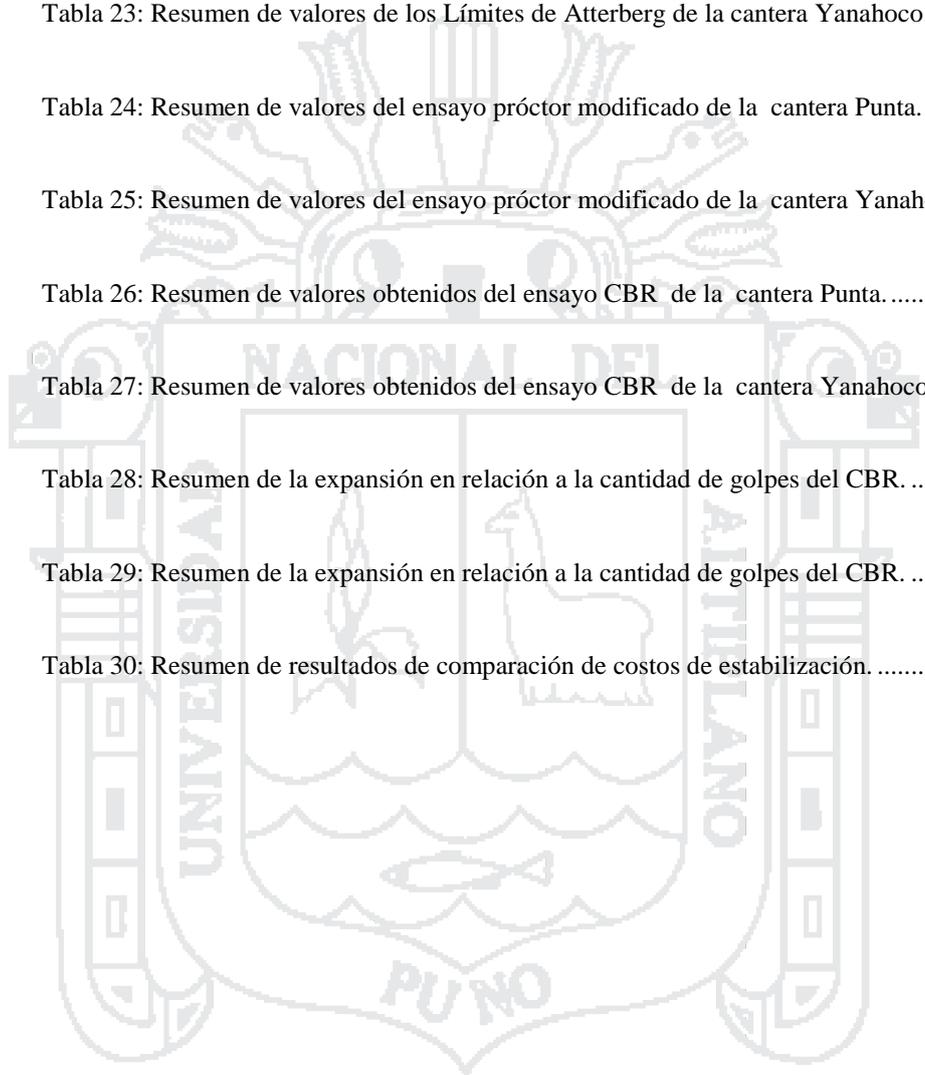
Figura 72: Grafica de expansión vs dosificación del aditivo CaCl₂. 111



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen general del SINAC.....	37
Tabla 2: Graduación granulométrica del material de cantera Punta.	52
Tabla 3: Banda granulométrica del material para afirmado.....	53
Tabla 4: Resultados del ensayo CBR.....	59
Tabla 5: Graduación granulométrica del material de cantera Yanahoco.	63
Tabla 6: Resultados del ensayo CBR.....	69
Tabla 7: Nivel de significancia.	77
Tabla 8: Suelos estabilizados con productos químicos.....	77
Tabla 9: Cantidad de Ensayos según al método.....	79
Tabla 10: Resumen de los resultados de límites de A. Atterberg.:	91
Tabla 11 : Resumen de resultados de Proctor Modificado.....	93
Tabla 12: Resumen de resultados del ensayo CBR, con el aditivo Perma Zyme.....	94
Tabla 13: Resumen de los resultados de límites de A. Atterberg.	96
Tabla 14: Resumen de resultados de Proctor Modificado	98
Tabla 15: Resumen de resultados del ensayo CBR, con el aditivo Perma Zyme.....	100
Tabla 16: Resumen de los resultados de límites de A. Atterberg.	102
Tabla 17: Resumen de resultados de Proctor Modificado	103
Tabla 18: Resumen de resultados del ensayo CBR, con el aditivo CaCl ₂	105
Tabla 19: Resumen de los resultados de límites de A. Atterberg.	107

Tabla 20: Resumen de resultados de Proctor Modificado	109
Tabla 21: Resumen de resultados del ensayo CBR, con el aditivo CaCl2.	110
Tabla 22: Resumen de valores de los Límites de Atterberg de la cantera Punta.....	158
Tabla 23: Resumen de valores de los Límites de Atterberg de la cantera Yanahoco.....	159
Tabla 24: Resumen de valores del ensayo próctor modificado de la cantera Punta.....	159
Tabla 25: Resumen de valores del ensayo próctor modificado de la cantera Yanahoco.....	160
Tabla 26: Resumen de valores obtenidos del ensayo CBR de la cantera Punta.....	161
Tabla 27: Resumen de valores obtenidos del ensayo CBR de la cantera Yanahoco.....	162
Tabla 28: Resumen de la expansión en relación a la cantidad de golpes del CBR.	162
Tabla 29: Resumen de la expansión en relación a la cantidad de golpes del CBR.	163
Tabla 30: Resumen de resultados de comparación de costos de estabilización.	164



ACRÓNIMOS

AASHTO: American Association of State Highway and Transport Oficial

ASTM : American Society for Testing and Materials

L. L. : Limite Líquido

L. P. : Límite Plástico

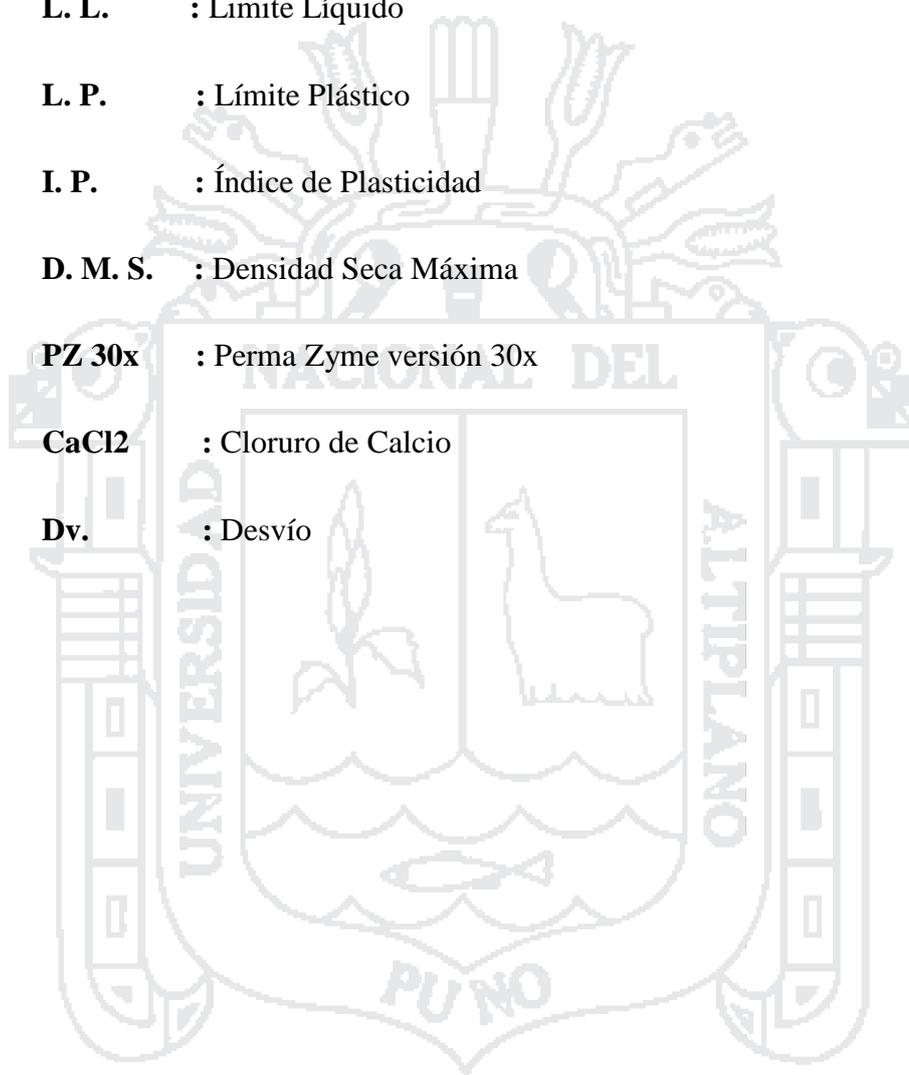
I. P. : Índice de Plasticidad

D. M. S. : Densidad Seca Máxima

PZ 30x : Perma Zyme versión 30x

CaCl₂ : Cloruro de Calcio

Dv. : Desvío



Resumen

El presente proyecto de investigación analiza los parámetros físico-mecánicos y costos de aplicación usando los aditivos Perma-Zyme y Cloruro Cálxico en el material de dos canteras diferentes, dicho material conformará la base de la carretera no pavimentada, mejorando su resistencia y estabilidad volumétrica, como consecuencia del proceso de densificación de masa. Además se tomara en cuenta la proporción en el suelo del uso de aditivos según su hoja técnica y su costo en su aplicación. Las propiedades físicas y mecánicas aquí analizadas son el limite líquido, limite plástico, expansión, densidad seca máxima del proctor modificado y valor de soporte relativo (CBR).

Perma Zyme es un producto a base de enzimas, el cual se utiliza para estabilizar suelos plástico-arcillosos, obteniendo una reducción del; índice de plasticidad hasta en un 11%, expansión en 36%, incremento de la densidad seca máxima del proctor modificado hasta en 0.89% y valor de soporte relativo (CBR) en 24%, puesto que las enzimas actúan como catalizadores, debido a que la estructura de sus moléculas contiene partes activas que aceleran el proceso de aglutinamiento de las arcillas disminuyendo la relación de vacíos.

Cloruro de calcio aumenta significativamente la tensión superficial la que provoca una aparente cohesión dentro de la matriz del suelo, obteniendo una reducción del; índice de plasticidad hasta en un 34%, expansión en 13%, incremento de la densidad seca máxima del proctor modificado hasta en 0.89% y valor de soporte relativo (CBR) en 26%, pueden ayudar a la compactación ligando las partículas del suelo y reduciendo la fricción entre ellas.

Palabras Claves: Aditivo, Estabilización, Muestra, Producto.

Abstract

The present research project analyzes the physico-mechanical parameters and application costs using Perma-Zyme and Calcium Chloride additives in the material of two different quarries, this material will form the basis of the unpaved road, improving its strength and volumetric stability, As a consequence of the process of mass densification. In addition the proportion in the soil of the use of additives according to its technical sheet and its cost in its application will be taken into account. The physical and mechanical properties analyzed here are the liquid limit, plastic bound, expansion, modified maximum procured density and relative support value (CBR).

Perma Zyme is a product based on enzymes, which is used to stabilize plastic-clay soils, obtaining a reduction of; Plasticity index up to 11%, expansion in 36%, increase of the maximum dry density of the modified proctor up to 0.89% and relative support value (CBR) in 24%, since the enzymes act as catalysts, because The structure of its molecules contains active parts that accelerate the clumping process of the clays decreasing the void ratio.

Calcium chloride significantly increases the surface tension which causes an apparent cohesion within the soil matrix, obtaining a reduction of; Plasticity index up to 34%, expansion at 13%, increase of the maximum dry density of the modified proctor up to 0.89% and relative support value (CBR) at 26%, can help compaction by binding the soil particles and Reducing the friction between them.

Palabras Claves: Additive, Stabilization, Sample, Product.

CAPITULO I

1. Introducción

La estabilización química de suelos es una tecnología de amplia data, que se basa en la aplicación de un producto químico, el cual se mezcla íntima y homogéneamente con el suelo a tratar de acuerdo especificaciones técnicas propias del producto, el fin de este proyecto de investigación es brindar una alternativa de solución básica para la conservación de nuestra red vial, específicamente en carreteras no pavimentadas.

El estado situacional de la carretera no pavimentada parece estar sometida a un ciclo inexorable de construcción – conservación insuficiente o inexistente – degradación – destrucción – reconstrucción y así sucesivamente.

Teniendo en cuenta que el mantenimiento de caminos no pavimentados son los que generan mayores costos, estos caminos generalmente se deterioran al poco tiempo después de su mantenimiento, lo cual se traduce en una pesadilla para el usuario y una inversión constante para las entidades encargadas de su mantenimiento.

1.1. Análisis de situación problemática

La mala compactación, el tipo y la mala gradación granulométrica del suelo que conforma la base de una carretera no pavimentada, causa diferentes fallas en la superficie de rodadura, motivo por lo que se presenta esta investigación en la cual se realizará una comparación entre el uso del aditivo PERMA –ZYME y el CLORURO

CÁLCICO, para así poder dar una solución técnica y económica al problema de compactación de la base de la carretera no pavimentada que se tiene actualmente en la vía Desvío Huancané - Chupa, con lo cual se mejorará la transitabilidad entre Chupa, Huancané, Huatasani, Juliaca, y viceversa, además de permitir el desarrollo socio-económico y mejorar la calidad de vida de los pobladores que se encuentran asentados en las márgenes de la carretera y la misma capital del distrito.

La aplicación de estos aditivos permitirá reducir los costos de mantenimiento de la carretera por consiguiente ampliara su periodo de vida útil con la consecuente reducción de costos operativos de las unidades de transporte terrestre que prestan servicio en esta ruta.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general.

PG.

¿Cuáles son las ventajas comparativas de las propiedades físico-mecánicas y costo de aplicación con el uso del aditivo PERMA-ZYME y el CLORURO CÁLCICO en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada Dv. Huancané - Chupa?

1.2.2. Problemas específicos.

PE1

¿El uso del aditivo PERMA ZYME y CLORURO CÁLCICO permitirá mejorar la propiedad física (*índice de plasticidad y expansión*) en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada Dv. Huancané - Chupa?

PE2

¿El uso del aditivo PERMA ZYME y CLORURO CÁLCICO permitirá mejorar la propiedad mecánica (*densidad seca máxima y valor de soporte relativo*) en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada Dv. Huancané - Chupa?

PE3

¿El costo de aplicación del aditivo PERMA ZYME será menor que la aplicación del CLORURO CÁLCICO en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada Dv. Huancané - Chupa?

1.3. Objetivo general

- ✓ Analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo estabilizado con el uso de los aditivos PERMA ZYME y CLORURO CÁLCICO que conformar la base de la carretera no pavimentada Dv. Huancané – Chupa.

1.4. Objetivos específicos.

- ✓ Determinar la propiedad física (*índice de plasticidad y expansión*) del suelo estabilizado con el uso de los aditivos PERMA ZYME y CLORURO CÁLCICO de la base de la carretera no pavimentada Dv. Huancané –Chupa.
- ✓ Determinar la propiedad mecánica (*densidad seca máxima y valor de soporte relativo*) del suelo estabilizado con el uso de los aditivos PERMA ZYME y CLORURO CÁLCICO de la base de la carretera no pavimentada Dv. Huancané –Chupa.
- ✓ Analizar el costo de aplicación de PERMA ZYME y CLORURO CÁLCICO en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada.

CAPITULO II

2. Revisión de literatura

2.1. Estabilización de suelos

Núñez, (2011) nos dice:

Llamamos estabilización de un suelo al proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose un firme estable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas. Se dice que es la corrección de una deficiencia para darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su plasticidad (p.17).

2.1.1. Estabilización química

Ravines (2010) nos dice:

Se usa por la adición de agentes estabilizantes químicos específicos; comúnmente se usa cemento, cal, asfalto, cemento portland, entre otros. Con esta tecnología de estabilización se busca generar una reacción química del suelo con el estabilizante para lograr la modificación de las características y propiedades del suelo; y así darle mayor capacidad de respuesta a los requerimientos de carga dinámica a los que estará sometido (p.15).

Los estabilizadores químicos pueden tener tres categorías:

- Para cubrir e impermeabilizar los granos del suelo o proveer de fuerza cohesiva.

- Para formar una adhesión cementante entre las partículas del suelo; proporcionándoles fuerza y durabilidad.
- Para suelos finos tipo arcillas; generarán una alteración en la naturaleza del sistema agua-arcilla, con la cual se tendrá como resultado una baja en la plasticidad; posibles cambios de volumen; hará que se formen uniones cementantes y por ultimo de mejorará la resistencia aumentándola.

2.1.1.1. Cloruro de calcio

Choque (2012) nos dice:

Se ha encontrado un incremento en los pesos volumétricos hasta en un 11% con la adición de 0.5 a 3% de cloruro de calcio, según el tipo de suelo. Sin embargo, existen datos que reportan disminuciones en el peso volumétrico con respecto a un suelo arcilloso que no contenga el cloruro de calcio. Así también se tiene que el cloruro de calcio ayuda a mantener constante la humedad en un suelo pero desafortunadamente esta sal es muy fácilmente lavable. Se reduce la evaporación y es capaz de absorber hasta 10 veces su propio peso cuando las condiciones de humedad son altas en el medio ambiente, lo que permite mantener dicha humedad en sus dos terceras partes durante un día de calor seco, lo que hace de esta sal un producto muy eficaz cuando se trata de evitar la formación de polvo en terracerías, lo aceptable por el Cuerpo de Ingenieros para el caso de caminos con tránsito muy ligero (p.50).

2.1.1.2. Enzimas orgánicas

Ravines, (2010) nos dice que “son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas hasta hacerlas instantáneas o casi instantáneas, son catalizadores altamente específicos. La especificidad de las enzimas es tan marcada que en general actúan exclusivamente sobre sustancias que tienen una configuración precisa” (p.18).

Espinoza (2011) menciona que:

La aplicación del aditivo Perma Zyme produce una disminución del índice de plasticidad, humedad de compactación y aumento del valor de soporte CBR en

el suelo analizado. Sin embargo, estas variaciones no son completamente significativamente en lo que es la construcción de una base para un proyecto vial, si bien se tendrá una base más resistente, pero el aumento en el CBR no nos conlleva a un espesor mínimo de una base o una carpeta de hormigón o asfalto, por ende solo nos encarece el presupuesto como se indicó en el análisis económico. Tomando en cuenta los gastos ocurridos para aplicar el aditivo y ventajas técnicas que proporciona Perma Zyme no se justifica el aumento en el aumento de las propiedades mecánicas del suelo en estudio (p.72).

2.2. Carreteras

Gutiérrez, (2010) nos dice:

Una carretera es una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos terrestres. La carretera se distingue de un camino porque la primera está especialmente concebida para la circulación de vehículos de transporte. El diseño de una carretera y su respectiva superficie de rodadura responde a una necesidad justificada social y económica; es decir, ambos conceptos se correlacionan para establecer las características técnicas y físicas que debe tener la carretera que se proyecta a fin de que los resultados buscados sean óptimos, en beneficio de la comunidad que requiere del servicio, la cual normalmente se encuentra en situación de limitaciones muy estrechas de recursos locales y nacionales. Las carreteras han sido desde siempre el principal medio de desplazamiento de viajeros, y la vía principal para la distribución de mercancías. Al conectar los pueblos y comunidades con las grandes ciudades, y al fortalecer la integración de los países, las carreteras han sido indispensables en el desarrollo de diversas actividades y regiones en todo el mundo. Actualmente, ante un mundo cada vez más integrado, que intercambia más bienes y servicios, la importancia de las carreteras se ha incrementado notablemente, convirtiéndose en verdaderas vías que impulsan la competitividad de la economía y, también, el desarrollo social (p.20).

2.2.1. Clasificación de carreteras.

2.2.1.1. *Clasificación de carreteras según su función.*

2.2.1.1.1. *Red vial primaria.*

Gutierrez, (2010) menciona que “se denomina en el Perú como SISTEMA NACIONAL, conformado por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras” (p. 24)

2.2.1.1.2. *Red vial secundaria.*

Gutierrez, (2010) menciona que “se le denomina en el Perú como SISTEMA DEPARTAMENTAL, constituyen la red vial circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división política de la nación, o en zonas de influencia económica; constituyen las carreteras troncales departamentales” (p. 24).

2.2.1.1.3. *Red vial terciaria o local.*

Gutierrez, (2010) menciona que “se denomina en el Perú como SISTEMA VECINAL compuesta por: Caminos troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones, caminos rurales alimentadores, uniendo aldeas y pequeños asentamientos poblaciones (p. 24).

2.2.1.2. *Clasificación por demanda.*

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

2.2.1.2.1. *Autopistas de primera clase.*

Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) nos dice:

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada (p. 12).

2.2.1.2.2. *Autopistas de segunda clase.*

Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) nos dice:

Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada (p. 12).

2.2.1.2.3. *Carreteras de primera clase.*

Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) nos dice:

Son carreteras con un IMDA entre 4000 y 2001 veh/día, de con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada (p.12).

2.2.1.2.4. *Carreteras de segunda clase.*

Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) nos dice:

Son carreteras con IMDA entre 2000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada (p.12).

2.2.1.2.5. *Carreteras de tercera clase.*

Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) nos dice:

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico

correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase (p.13).

2.2.1.2.6. *Trochas Carrozables.*

Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) nos dice:

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirán sanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar (p.13).

2.2.1.3. *Clasificación por orografía.*

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por donde discurre su trazado, se clasifican en:

2.2.1.3.1. *Terreno plano (tipo 1).*

Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) nos dice:

Tiene pendientes transversales al eje de las vías menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazado (p.14).

2.2.1.3.2. *Terreno ondulado (tipo 2).*

Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) nos dice:

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado (p.14).

2.2.1.3.3. *Terreno accidentado (tipo 3).*

Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) nos dice:

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado (p.14).

2.2.1.3.4. *Terreno escarpado (tipo 4).*

Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) nos dice que “tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado” (p.14).

2.2.1.4. *Clasificación según el tipo de superficie de rodadura.*

2.2.1.4.1. *Carreteras pavimentadas.*

Gutiérrez (2010) nos dice:

Las carreteras pavimentadas son aquellas vías que tienen una estructura formada por una o más capas de materiales seleccionados y eventualmente tratados (pavimento), que se colocan sobre la subrasante con el objetivo de proveer una superficie de rodadura adecuada y segura bajo diferentes condiciones ambientales y que soporta las solicitaciones que impone el tránsito. Las carreteras pavimentadas son construidos plenamente desde el punto de vista de la ingeniería, donde la superficie de rodamiento está formada por capas de concreto asfálticos, concreto hidráulico o adoquines. Los costos de transporte de importar material adecuado han promovido el desarrollo de técnicas de estabilización para poder utilizar los recursos localmente disponibles. En muchas ocasiones, las resistencias requeridas pueden obtenerse de un material

local de baja calidad, a través de la adición de pequeñas cantidades de agentes estabilizadores (estabilizadores cementantes, asfálticos, entre otros) a un costo relativamente bajo. Estas técnicas son aplicables tanto al reciclado como a nuevas construcciones. A través del suplemento de un agente estabilizador, el material recuperado de un pavimento existente puede ser mejorado, eliminando así la necesidad de importar nuevos materiales que cumplan con las resistencias requeridas por la estructura del pavimento (p.26).

2.2.1.4.1. Carreteras no pavimentadas.

Gutiérrez (2010) nos dice:

Son aquellas vías que tienen una capa delgada de asfalto o estabilizadas mediante aditivos, pero que no pasaron por un proceso de pavimentación. El manual de diseño para carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, ha considerado que básicamente se utilizarán los siguientes materiales y tipos de superficie de rodadura:

- Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.
- Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.
- Carreteras afirmadas constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm.
 - Afirmados con gravas naturales o zarandeadas.
 - Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.
- Carreteras con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:
 - Grava con superficie estabilizada con materiales como: cal, aditivos químicos y otros.
 - Suelos naturales estabilizados con: material granular y finos ligantes, cal, aditivos químicos y otros (p.26).

2.3. Sistema vial peruano

La red vial en el Perú está compuesta por más de 172,000 km. de carreteras, organizada en tres grandes grupos: las longitudinales, las carreteras de penetración y las carreteras de enlace. Estas rutas están a cargo de PROVIAS, organismo descentralizado del ministerio de Transportes y Comunicaciones, quien tiene la función mantener y ampliar dichas vías. A continuación se muestra una tabla de resumen general proporcionado por SINAC (Sistema Nacional de Carreteras del Perú), que está clasificada por tipo de superficie de rodadura: pavimentadas, y no pavimentadas dentro de esta última tenemos sin afirmar y trocha

Tabla 1: Resumen general del SINAC.

Red Vial del SINAC (N° de Rutas)	Existente por tipo de superficie de rodadura					Proyectada	Total
	Pavimentada	No pavimentada			Sub total		
		Afirmada	No afirmada	Trocha			
Nacional (133)	17,411.5	6,060.7	1,053.9	1,262.8	25,788.9	1,761.0	27,549.9
Departamental (393)	2,429.8	14,381.3	4,477.7	3,723.4	25,012.3	4,123.6	29,135.9
Vecinal (6,240)	1,924.1	28,483.9	27,129.4	57,127.4	114,665.4	683.0	115,348.4
Registrada	1,506.9	15,295.1	12,719.8	23,865.3	53,387.1	111.2	53,498.3
No registrada	417.7	13,188.8	14,409.6	33,262.1	61,278.2	571.8	61,850.1
Total	21,765.9	48,926.0	32,661.0	62,113.7	165,466.6	6,567.6	172,034.2

Fuente: SINAC; PVN / PVD / DGCF / OGPP. Elaborado: GTT-31 de diciembre del 2014

2.4. Características climáticas en la zona de estudio.

Según el Servicio de Hidrografía Puno, la Región de Puno se caracteriza por ser una zona muy seca y fría, debido fundamentalmente a su ubicación altitudinal, sin embargo, por su cercanía al Lago Titicaca que actúa como un efecto termorregulador, la temperatura del aire, promedio multianual durante el verano oscila alrededor de 10.5°C y durante el invierno entre 8° y 9°C; durante estas temporadas, los valores promedios mensuales multianuales máximos y mínimos son alrededor de 16.5° y 0°C respectivamente; sin embargo, se han presentado temperaturas extremas de 20°C. La humedad relativa oscila alrededor del 55% en el verano y entre el 36% y 40% en el invierno.



CAPITULO III

3. Materiales y métodos

3.1. Materiales

3.1.1. Perma Zyme 30X.

Producto en base a enzimas, en el cual se utiliza para estabilizar suelos plásticos-arcillosos. Las enzimas PZ-30X actúan como catalizadores, debido a que la estructura de sus moléculas contienen partes activas que aceleran el proceso de aglutinamiento de las arcillas, es así como PZ-30X incrementa notablemente el proceso humectante del agua y provoca una acción aglutinante sobre los materiales finos, disminuyendo la relación de vacíos. La acción cohesiva de este proceso, produce una fuerte actividad cementante, formando finalmente un estrato resistente y permanente. Un suelo tratado con PZ-30X que cuente con la suficiente cantidad de partículas finas cohesivas, es prácticamente no afectado por los cambios de humedad, debido a que la acción de enzimas genera que se aglutinen de forma que se disminuye parte de la relación de vacíos entre las mismas, lográndose con esto que el agua no penetre. Estos suelos tratados debido a que presentan una buena resistencia a los esfuerzos no se ven afectados por los ciclos de hielo y deshielo, descartando problemas de grietas o similares, sin embargo debido a la constante humedad a la que está expuesta la superficie de la carpeta en proceso de deshielo, es posible que se vea reblandecida en el primer centímetro de profundidad. El agua compromete lentamente la estabilidad del suelo tratado, es decir un camino construido con éste aditivo deberá controlar los

drenajes o desagües para que no sufra inundaciones de su superficie, ya que esto producirá el ablandamiento de los sectores donde se acumule el agua. Ante lluvias persistentes un camino tratado con PZ-30X se ve comprometido el primer centímetro por lavado del producto.

3.1.1.1. Especificación del producto.

- ❖ Producto comercial en nuestro medio: Perma Zyme 30X.
- ❖ Distribuido por BIOTIKA S.A.C.
- ❖ Tecnología: Sistema enzimático.
- ❖ Efecto en la estructura mineral de la arcilla: reduce la plasticidad y permeabilidad, incrementa la densidad y razón soporte (CBR).
- ❖ Naturaleza: Tecnología de fermentación de vegetales. Líquido.
- ❖ Vencimiento: 48 meses, contados desde la fecha de su fabricación.
- ❖ Medio ambiente: Ecológico, no tóxico y biodegradable.
- ❖ Propiedades a 25° C: Considerando la temperatura ambiente.
 - ✓ PH: 4 - 9.
 - ✓ Densidad (g/ml): 1.08.
 - ✓ Color: Marrón oscuro.
 - ✓ Viscosidad: 114.4 cP a 25°C
 - ✓ Olor: A fermento dulce.
 - ✓ Solubilidad: Total.
- ❖ Presentación: cilindro de 208 litros ó 55glns, bidones de 20 lts.
- ❖ Rendimiento: 1 lt para 30 a 33 m³ de suelo compacto.
- ❖ Precio: US\$ 188.00 por litro (con IGV)
- ❖ Garantía: certificado que se adjunta y documentación de compra.
- ❖ Especificación del fabricante:

Un producto estabilizante de suelos que tiene una acción cementante o aglutinante de las partículas presentes en el suelo (material tratado) para lo cual y el empleo óptimo del producto se deben cumplir algunas condiciones físicas.

3.1.1.2. Parámetros recomendados que debe cumplir el suelo.

- ❖ Índice plástico: 5 a 15 (%).
- ❖ PH: 4.5 a 8.5.

- ❖ Granulometría. Los finos deberán pasar por la malla N° 200 de 18% al 30%.
- ❖ Humedad óptima: de acuerdo al análisis de laboratorio.
- ❖ Los siguientes ensayos también se utilizaran:
 - ✓ California Bearing Ratio (CBR): El ensayo mide la resistencia del suelo a la carga. Para éstas pruebas se dejan secar las muestras después de compactadas un máximo de 72 horas permitiendo reaccionar al suelo, posteriormente se colocan en la poza de agua y se sumergen 96 horas, transcurrido este período de tiempo se procede a medir la expansión y se someten las probetas al ensayo de carga. El número más alto se toma como la capacidad más alta para el soporte de carga del suelo.

3.1.1.3.

Ventajas que se obtendrían al aplicar el producto.

- ❖ Alto rendimiento y bajo costo: Se puede obtener caminos de tierra con bajo costo de mantenimiento, de extensa vida útil y en las más variadas condiciones climatológicas.
- ❖ Reduce problemas generales de trabajo y mantenimientos de caminos: Al disminuir la penetración de agua, aumenta la estabilidad del suelo. De esta manera se reducirían los efectos de las ondulaciones, encalaminado y baches, dando como resultado mayor tiempo de vida útil y menor costo de mantenimiento.
- ❖ Se puede usar material de menor calidad, lo que reduce la necesidad de importar material costoso: Usa más material del propio suelo.
- ❖ Aumenta la resistencia de la compresión: Como catalizador orgánico, éste debería fortalecer la unión del material, así esta tendría mayor densidad, mayor cohesión y mayor estabilidad; con el mejoramiento de estas propiedades la resistencia a la compresión también debería aumentar.
- ❖ Mejora la capacidad del camino de soportar carga: Aumenta la capacidad para soportar carga. Esto extiende la vida útil del camino.
- ❖ Reduce el esfuerzo de compactación y hace más fácil trabajar el suelo: El producto debe de aumentar la lubricación de las partículas del suelo.

Hace el suelo más fácil de nivelar y permitiría obtener la densidad deseada con menos pasadas del compactador.

- ❖ **Aumenta la densidad del suelo:** Cambiando la atracción electroquímica en las partículas del suelo y liberando el agua retenida, el producto debería ser capaz de disminuir los vacíos existentes entre las partículas del suelo. Se produce así una fundación del camino más firme, seca, densa y con menos polvo.
- ❖ **Disminuye la permeabilidad del agua:** Después de la aplicación del producto, se debería obtener una configuración del suelo más cohesiva, de modo tal que inhiba el escurrimiento y la migración del agua que se suele producir a través de los vacíos que existen entre las partículas del suelo.
- ❖ **Climas:** Deberá reaccionar de modo efectivo a los cambios bruscos de temperatura y en zonas lluviosas en las alturas y a la acción de las heladas.
- ❖ **Tiempo de ejecución.** La obra es más corta respecto de los proyectos de afirmado.
- ❖ **Reducción del polvo** originado por la fricción entre los neumáticos y la superficie de rodadura

3.1.1.4. Aplicación de Perma Zyme.

La aplicación de productos estabilizadores es factible en cualquier tipo de superficie de rodadura, de preferencia en aquellas que cuentan con material granular de cantera y espesor no menor de 15cm. Para la estabilización con el estabilizante se requiere la maquinaria tradicional con la que se trabaja en vías, es decir una moto-niveladora, un vibro-compactador y un carro-tanque. Una fresadora o recicladora puede ser usada para acelerar el trabajo y obtener aún mejores resultados.

3.1.1.4.1. Preparación.

Antes de aplicar el estabilizador al suelo por tratar, el material debe ser transportado y colocado en el terreno por camión volquete, luego será extendido con motoniveladora (maquinaria que posee una larga hoja metálica empleada para repartir, nivelar, modelar o dar la pendiente necesaria al material en que se trabaja), a

continuación se muestra una imagen de la motoniveladora realizando el extendido del material para luego realizar el mezclado con el aditivo.



Figura 1: Escarificado del suelo a ser tratado

Fuente: Suelos estabilizados una buena alternativa para la conservación de caminos no pavimentados, Ing. Gonzalo Brazzini Silva

3.1.1.4.2. *Mezclado.*

Dentro del carro-tanque cisterna diluir el Perma Zyme 30x en la cantidad de agua que se adicionará, teniendo en cuenta la cantidad de suelo. Sobre el material escarificado, con el carro-tanque se adiciona la mezcla de agua + Perma Zyme 30x.

En la siguiente imagen se muestra humectación de Perma Zyme y ejecución de mezclado con la motoniveladora hasta lograr que la mezcla sea distribuida de manera homogénea en todo el material de la base.



Figura 2: Mezclado del aditivo Perma Zyme con el suelo.

Fuente: Suelos estabilizados una buena alternativa para la conservación de caminos no pavimentados, Ing. Gonzalo Brazzini Silva

3.1.1.4.1. Compactación.

Con la moto-niveladora se homogeniza la mezcla de suelo + agua + Perma Zyme 30x. Posteriormente se extiende y se nivela. Luego con el vibro-compactador se compacta, procurando dejar los desniveles o bombeos adecuados.

Se deben ejecutar tres pasadas con rodillo liso, (primera y segunda pasada con alta amplitud, tercera con baja amplitud).

El rodillo debe avanzar vibrando y vuelve planchando por el mismo carril. Además el rodillo debe superponerse un 50% entre pasadas.



Figura 3: Compactación de la superficie de rodadura estabilizada.

Fuente: Suelos estabilizados una buena alternativa para la conservación de caminos no pavimentados, Ing. Gonzalo Brazzini Silva

3.1.1.4.2. Apertura al tránsito.

Normalmente, se proporcionara a la vía un tiempo de curado de 24 a 72 horas. En condiciones de clima seco la vía puede abrirse inmediatamente al tránsito liviano.

Si se va a cubrir la carretera con asfalto o concreto, el trabajo debe continuar después de 2 ó 3 días.

3.1.2. Cloruro de calcio

El cloruro de calcio se obtiene como un subproducto en forma de salmuera en algunos procesos industriales, aunque también se puede obtener de algunos pozos naturales, siendo la fuente más común el obtenido en la elaboración de carbonato de sodio mediante procedimientos químicos. La solubilidad del cloruro de calcio es de 60 g aproximadamente, por cada 100 c.c. de agua destilada a 0° C, o de 159 g aproximadamente, por cada 100 c.c. de agua destilada a 100° C.

Se ha demostrado que con la adición de cloruro de calcio disminuyen las fuerzas de repulsión entre las arcillas. Hay autores que inclusive aseguran que la película de agua que rodea a las partículas se ve eléctricamente reforzada con la adición del cloruro de calcio, a tal grado que se incrementa notablemente la cohesión aparente. Como en el intercambio catiónico se sustituye un ión Ca^{++} por 2 iones Na^+ , la doble capa se ve reducida en su espesor lo que hace que se reduzca el potencial eléctrico y en consecuencia se reduzcan las fuerzas de repulsión entre las partículas.

Se ha encontrado un incremento en los pesos volumétricos hasta en un 11% con la adición de 0.5 a 3% de cloruro de calcio, según el tipo de suelo. Sin embargo, existen datos que reportan disminuciones en el peso volumétrico con respecto a un suelo arcilloso que no contenga el cloruro de calcio. Así también se tiene que el cloruro de calcio ayuda a mantener constante la humedad en un suelo pero desafortunadamente esta sal es muy fácilmente lavable. Se reduce la evaporación y es capaz de absorber hasta 10 veces su propio peso cuando las condiciones de humedad son altas en el medio ambiente, lo que permite mantener dicha humedad en sus dos terceras partes durante un día de calor seco, lo que hace de esta sal un producto muy eficaz cuando se trata de evitar la formación de polvo en terracerías, lo aceptable por el Cuerpo de Ingenieros para el caso de caminos con tránsito muy ligero.

Sin embargo que existen limitaciones para el empleo del cloruro de calcio, entre las más importantes se tienen:

- ❖ Se tengan minerales que pasen la malla 200 y que estos reaccionen favorablemente con la sal.
- ❖ En el medio ambiente se tenga una humedad relativa superior al 30%.

- ❖ El nivel freático no se encuentre a distancias que provoquen la emigración de la sal.

3.1.2.1. *Especificaciones del producto.*

- ❖ Producto comercial en nuestro medio: Cloruro de Calcio Escamas 77% - Técnico.
- ❖ Distribuido por INDIQSA.
- ❖ Propiedades: Considerando la temperatura ambiente.
 - ✓ Estado físico: Solido en escamas.
 - ✓ Color: Blanco.
 - ✓ Peso molecular: 111.0 g/mol.
 - ✓ Pureza %: 77.0%.
 - ✓ Solubilidad: Miscible.
- ❖ Presentación: 1 bls de 25kg y 5 kg.
- ❖ Rendimiento: 1% a 2% de suelo suelto seco.
- ❖ Precio: S/. 4.50 por 1 kg (con IGV)
- ❖ Garantía: certificado que se adjunta y documentación de compra.

3.1.2.2. *Parámetros recomendables que debe cumplir el suelo.*

- ❖ Agregado grueso (1" -N° 4) de 10 -60%
- ❖ Agregado fino menor que la malla N° 200 de 10 -30%
- ❖ Índice plástico IP = 4 -15%
- ❖ Sulfatos 001% máximo.

3.1.2.3. *Ventajas que se obtendrían al aplicar al producto.*

- ❖ Vías con óptima presentación, similitud al asfalto.
- ❖ Ahorros económicos significativos en el mantenimiento de las vías y vehículos.
- ❖ Mayor seguridad para el transporte de personas y carga.
- ❖ Eliminación de la contaminación ambiental producida por el polvo de las vías.
- ❖ El producto es compatible con el medio ambiente y contribuye a mejorar el paisaje.

- ❖ Certificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones noviembre 2001 para su uso en carreteras.
- ❖ Muy amigable con el medio ambiente.
- ❖ Aplicable en todo el Perú.
- ❖ Incremento en la capacidad de soporte del suelo (CBR).
- ❖ Eliminación de la contaminación ambiental producida por el polvo de las vías.

3.1.2.4. *Aplicación de Cloruro de Calcio.*

La aplicación de productos estabilizadores es factible en cualquier tipo de superficie de rodadura, de preferencia en aquellas que cuentan con material granular de cantera y espesor no menor de 15cm. Para la estabilización con el estabilizante se requiere la maquinaria tradicional con la que se trabaja en vías, es decir una moto-niveladora, un vibro-compactador y un carro-tanque. Una fresadora o recicladora puede ser usada para acelerar el trabajo y obtener aún mejores resultados.

3.1.2.4.1. *Preparación.*

El Antes de aplicar el estabilizador al suelo por tratar, tiene que ser escarificado con la moto-niveladora en el lugar o el material debe ser transportado hasta el lugar de conformación.



Figura 4: Escarificado del suelo a ser tratado

Fuente: Suelos estabilizados una buena alternativa para la conservación de caminos no pavimentados, Ing. Juan Zapata Martinez.

3.1.2.4.2. Mezclado.

Dentro o del carro-tanque cisterna diluir el cloruro de calcio en la cantidad de agua que se adicionará, teniendo en cuenta la cantidad de suelo y el contenido de humedad optimo hallado en laboratorio con la dosificación correcta. Sobre el material escarificado, con el carro-tanque se adiciona la mezcla de agua + cloruro de calcio.



Figura 5: Mezclado del aditivo Cloruro de Calcio con el suelo.

Fuente: Suelos estabilizados una buena alternativa para la conservación de caminos no pavimentados Ing. Juan Zapata Martinez.

3.1.2.4.3. Compactacion.

Con la moto-niveladora se homogeniza la mezcla de suelo + agua + cloruro de calcio. Posteriormente se extiende y se nivela. Luego con el vibro-compactador se compacta, procurando dejar los desniveles o bombeos adecuados.



Figura 6: Compactación de la superficie de rodadura estabilizada.

Fuente: Suelos estabilizados una buena alternativa para la conservación de caminos no pavimentados, Ing. Ing. Juan Zapata Martinez.

3.1.2.4.4. *Apertura al tránsito.*

Normalmente, se proporcionara a la vía un tiempo de curado de 24 a 72 horas. En condiciones de clima seco la vía puede abrirse inmediatamente al tránsito liviano.

El tiempo recomendable es de 72 horas debido a la reacción química en sus propiedades físicas y mecánicas del agente estabilizador con el suelo.

3.1.3. Canteras.

3.1.3.1. *Cantera Punta*

Ubicado en la progresiva Km 08+000 de la carretera Chupa - Arapa del Distrito de Chupa, Provincia de Azángaro del Departamento de Puno y tiene las siguientes propiedades físicas y mecánicas.



Figura 7: Cantera punta
Fuente: Elaboración Propia

Luego de obtener las muestras se transportó en un automóvil hasta el laboratorio de mecánica de suelos de la *Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno*, para realizar los ensayos siguientes.

3.1.3.1.1. *Granulometría*

- ❖ Descripción de la muestra: Presenta el 17.02% de finos pasantes de la malla N° 200, 26.79% de arena y 56.19% de grava, color rosado claro.

- ❖ Clasificación AASHTO: Materiales granulares, A-1-b (0); fragmentos de roca, grava y arena; excelente a buena.
- ❖ Clasificación SUCS: GC – GM; grava limosa-arcillosa con arena.

El secado de la muestra se hizo dentro de la ciudad Universitaria en el patio de la *E. P. de Ingeniería Mecánica Eléctrica*, para luego comenzar los ensayos respectivos necesarios para el proyecto de investigación



Figura 8: Secado de muestra al aire libre de la Cantera Punta.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra en la siguiente figura el cuarteo de la muestra.



Figura 9: cuarteo de muestreo para ensayo de granulometría.
Fuente: Elaboración propia

La granulometría se realizó conforme al *Manual de ensayos y materiales EM-2016*, separando el grueso del fino, realizando este proceso con la malla N° 4 (4.76 mm), y para tener mejor resultado se hizo el lavado de muestra de la fracción fina, teniendo el peso del material antes de someterlo a esta actividad, por lo que se muestra a continuación en la siguiente figura:



Figura 10: Lavado de muestra de la cantera Punta.
Fuente: Elaboración propia.

Luego de esta actividad se realizó el secado de muestra en el horno a una temperatura de 110 °C durante 24 horas. A continuación del secado se realizó el tamizado por las mallas requeridas para graficar la curva granulométrica, donde este se muestra en la figura siguiente:



Figura 11: Tamizado de muestra de cantera Punta
Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la granulometría en la tabla siguiente:

Tabla 2: Graduación granulométrica del material de cantera Punta.

Tamiz	% Que pasa
50 mm (2")	100
37.5mm (1 ½")	100
25 mm (1")	96.78
19 mm (¾")	90.74
9,5 mm (3/8 ")	72.55
4,75 mm (N.º 4)	56.19
2,0 mm (N.º 10)	41.30
425 µm (N.º 40)	25.83
75 µm (N.º 200)	17.02

Fuente: Elaboración propia.

La granulometría fue realizada en el laboratorio de mecánicas de suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano Puno y los formatos de los resultados se encuentran en el capítulo de los anexos.

Mostrando así la curva granulométrica en la siguiente figura:

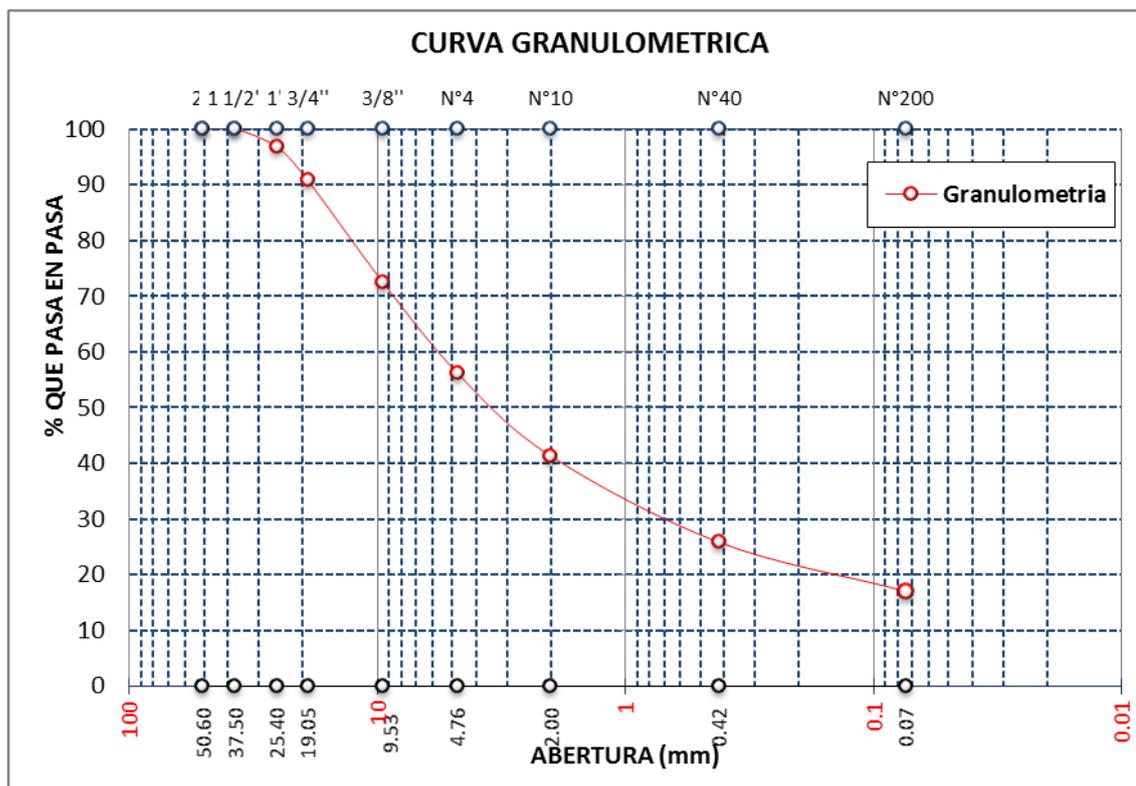


Figura 12: Curva granulométría
Fuente: Elaboración propia

Los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales, deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas, según lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 3: Banda granulométrica del material para afirmado

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	-	-	-	-	-
37.5mm (1 ½")	100	-	-	-	-	-
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (¾")	65-100	80-100	-	-	-	-
9,5 mm (3/8 ")	45-80	65-100	50-85	60-100	-	-

4,75 mm (N.º 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (N.º 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N.º 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N.º 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: Manual de Carreteras “Especificaciones Generales”, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima - Perú, Enero – 2013.

Por ende la gradación de tamaños de partículas no cumplen con la granulometría exigente de la norma EG-2013.

3.1.3.1.2. Límites de Atterberg.

Estos ensayos se realizaron según a la norma del manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones EM-2016, tal como se muestran en las figuras siguientes:



Figura 13: Muestra tamizada del material de cantera punta para los ensayos de L.L. y L.P.
Fuente: Elaboración propia.

Esta muestra se obtuvo del material pasante la malla N° 40 de la fracción fina, para luego ser humedecida con agua destilada y se dejó la muestra durante 24 horas para su saturación completa.



Figura 14: Saturación de muestra con agua destilada y elaboración de cilindros de 3.2 mm de diámetro.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15: Uso del instrumento de la cuchara de Casagrande y toma de datos para los ensayos de L.L. y L.P.

Fuente: Elaboración Propia

El cálculo se realizó de cuatro contenidos de humedad, esto con el fin de obtener un resultado aceptable, hallando así los resultados siguientes:

L.L.= 21.03%.

L.P.=14.54%.

I.P.=6.00%

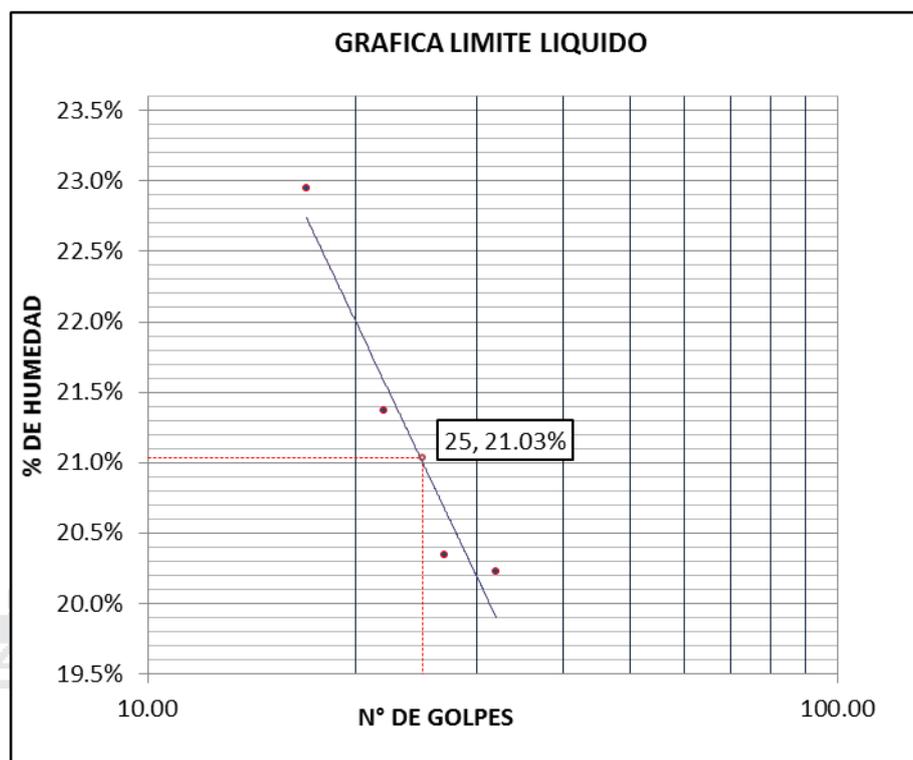


Figura 16: Grafico del Limite Liquido.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.1.3. *Próctor modificado.*

Al tener la granulometría de este material se dedujo que el método a emplear es el C, donde este requiere que el 20% en peso del material se retenga en el tamiz 3/8 pulg (9.53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg (19.0 mm), teniendo la muestra separada de gruesos (pasantes la malla 3/4") y finos por la malla N° 4, pasamos a juntar y pesar 6000 gr, considerando el porcentaje material grueso y fino que nos resulta de la granulometría, y posteriormente humedecemos el material desde 3%, 5%, 7% y 9% para luego ser compactada con 56 golpes en 5 capas dentro del molde proctor todo esto con el fin de hallar la densidad seca máxima con el contenido de humedad óptimo, a continuación se muestra las imágenes de cómo se realizó este ensayo.



Figura 17: Humedecimiento de la muestra de la cantera Punta
Fuente: Elaboración propia



Figura 18: Compactación de la muestra en prueba del ensayo Próctor modificado
Fuente: Elaboración propia

Por lo que se obtuvo los siguientes resultados:

$$\delta_{d(max)} = 2.236 \frac{gr}{cc} \text{ y } w_{(opt)} \% = 6.22\%$$

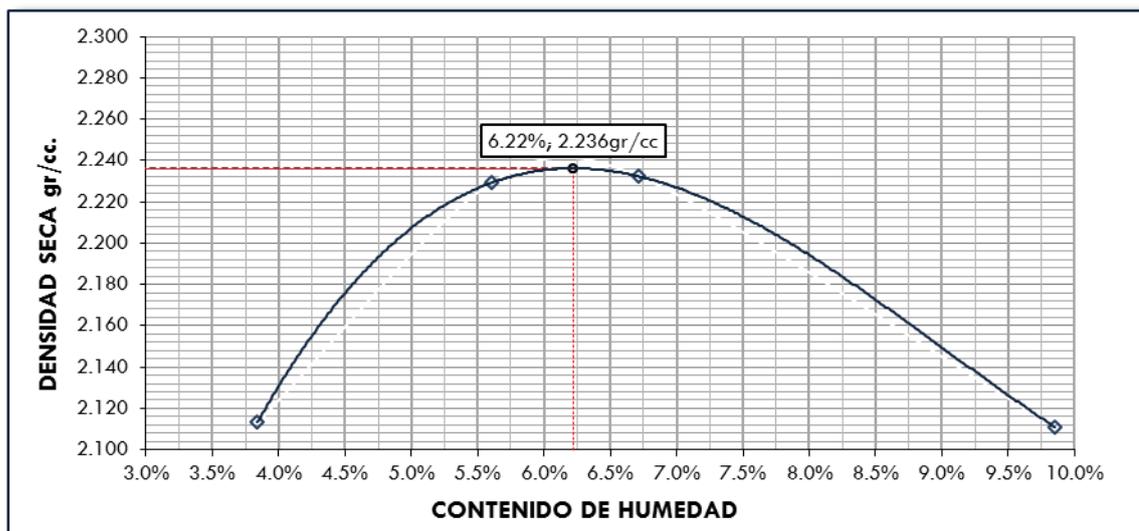


Figura 19: Curva de Densidad Seca Máxima con el Contenido de Humedad Optimo.
Fuente: Elaboración Propia.

3.1.3.1.4. Valor de soporte relativo (CBR).

En el ensayo CBR; una vez terminado el proceso hasta la lectura del deformimetro y antes de ser sumergido a la poza, se dejó secar las muestras durante 72 horas, dicho fin se hizo porque el aditivo Perma Zyme necesita ese tiempo para reaccionar con el suelo, entonces la comparación de los resultados no será objetado. Posteriormente las pruebas se sumergieron en la poza durante 96 horas.



Figura 20: Preparación de muestra y moldes para el ensayo de CBR.
Fuente: Elaboración propia



Figura 21: Sobrecargas y deformimetro en las muestras ensayadas del ensayo CBR.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 22: Sumergido y sometido a prueba de carga de la muestra ensayada.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Resultados del ensayo CBR.

Características	Valores y resultados
Densidad Máxima Seca del P.M.	2.236 gr/cc
Contenido de Humedad Optimo del P.M.	6.22%
CBR al 100%	38.9%
CBR al 95%	26.8%

Expansión en 55 golpes

1.75%

Fuente: Elaboración propia.

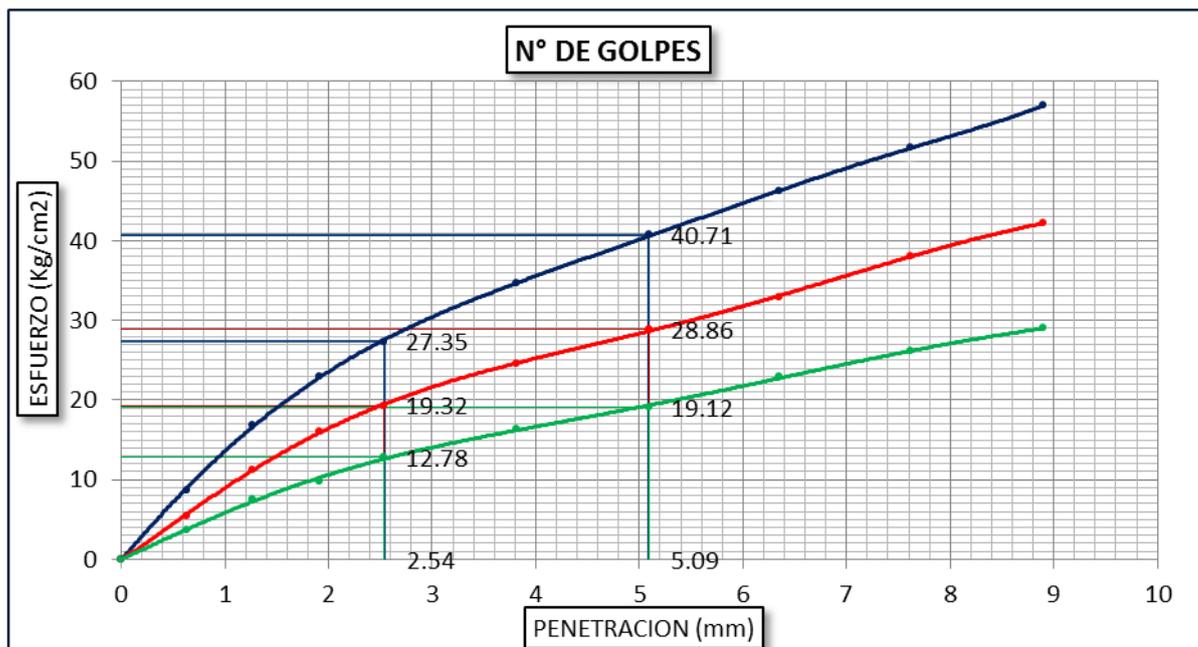


Figura 23: Grafica de penetración vs esfuerzo.

Fuente: Elaboración propia.

La lectura del deformimetro de las muestras probadas se hizo cada 24 horas mientras que estas estaban en la poza, durante 4 días (96 horas) para así poder tener un registro de la evolución del porcentaje de expansión, y posteriormente hacer una comparación usando Perma Zyme y Cloruro de Calcio en la estabilización de suelos, ya que esta propiedad es indispensable en la conformación de la base de una carretera no pavimentada.

A continuación se muestra la gráfica de CBR vs densidad seca máxima y la gráfica del porcentaje de expansión vs las horas de lectura

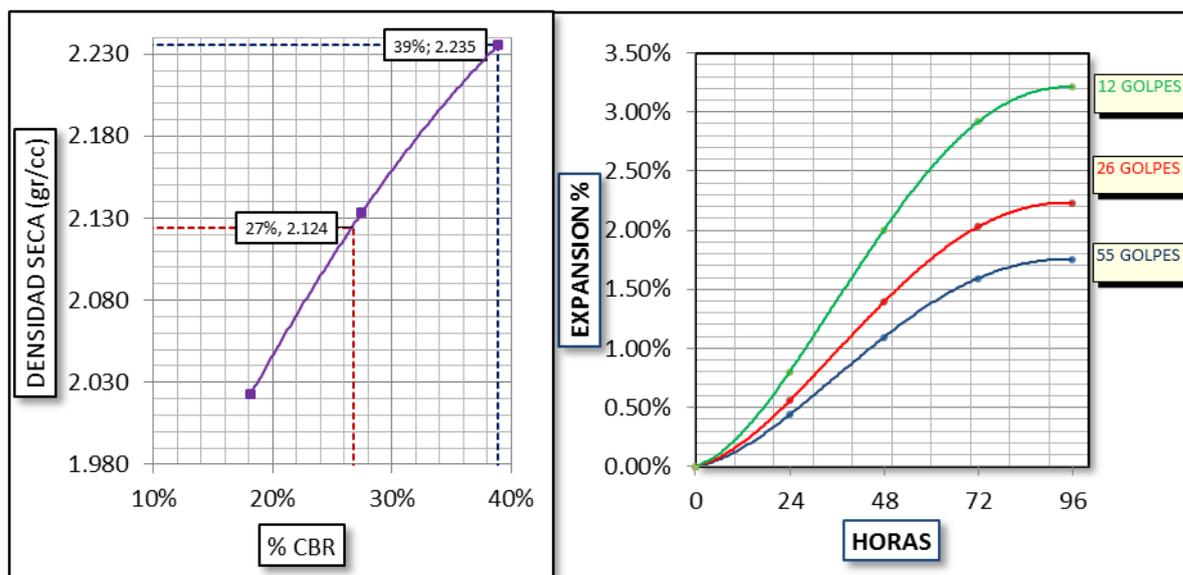


Figura 24: Grafica CBR vs Densidad Seca y Expansión en horas.
Fuente: Elaboración propia

3.1.3.2. Cantera yanahoco.

Ubicado en la progresiva Km 02+000 de la carretera Dv. Huancané – Chupa del distrito de Huancané, Provincia de Huancané del Departamento de Puno y tiene las siguientes propiedades físicas y mecánicas.



Figura 25: Cantera Yanahoco.
Fuente: Elaboración propia

Luego de obtener las muestras se transportó en un automóvil hasta el laboratorio de mecánica de suelos de la *Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno*, para realizar los ensayos siguientes.



Figura 26: Secado de muestra al aire libre de la Cantera Yanahoco.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.2.1. Granulometría

- ❖ Descripción de la muestra: Presenta el 34.77% de finos pasantes de la malla N° 200, 37.88% de arena y 27.35% de grava, color rosado claro.
- ❖ Clasificación AASHTO: Materiales granulares, A-2-4 (1); materiales granulares; Grava y Arenas limosas o arcillosas.
- ❖ Clasificación SUCS: SC-SM; Arena limosa-arcillosa con grava.

. El secado de la muestra se hizo dentro de la ciudad Universitaria en el patio de la *E. P. de Ingeniería Mecánica Eléctrica*, para luego comenzar los ensayos respectivos necesarios para el proyecto de investigación.

Luego de esta actividad se realizó el secado de muestra en el horno a una temperatura de 110 °C durante 24 horas.



Figura 27: Lavado de muestra de la cantera Yanahoco.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 28: Tamizado de muestra de cantera Punta
Fuente: Elaboración propia

La imagen anterior muestra el tamizado después del secado y desmesurado del material de esta cantera por las mallas requeridas para graficar la curva granulométrica, donde este se muestra en la figura siguiente:

A continuación se muestra la granulometría en la tabla siguiente:

Tabla 5: Graduación granulométrica del material de cantera Yanahoco.

Tamiz	% Que pasa
50 mm (2")	100

37.5mm (1 ½")	100
25 mm (1")	97.54
19 mm (¾")	94.00
9,5 mm (3/8 ")	79.13
4,75 mm (N.º 4)	72.65
2,0 mm (N.º 10)	59.78
425 µm (N.º 40)	46.87
75 µm (N.º 200)	34.77

Fuente: Elaboración propia.

Mostrando así la curva granulométrica en la figura siguiente:

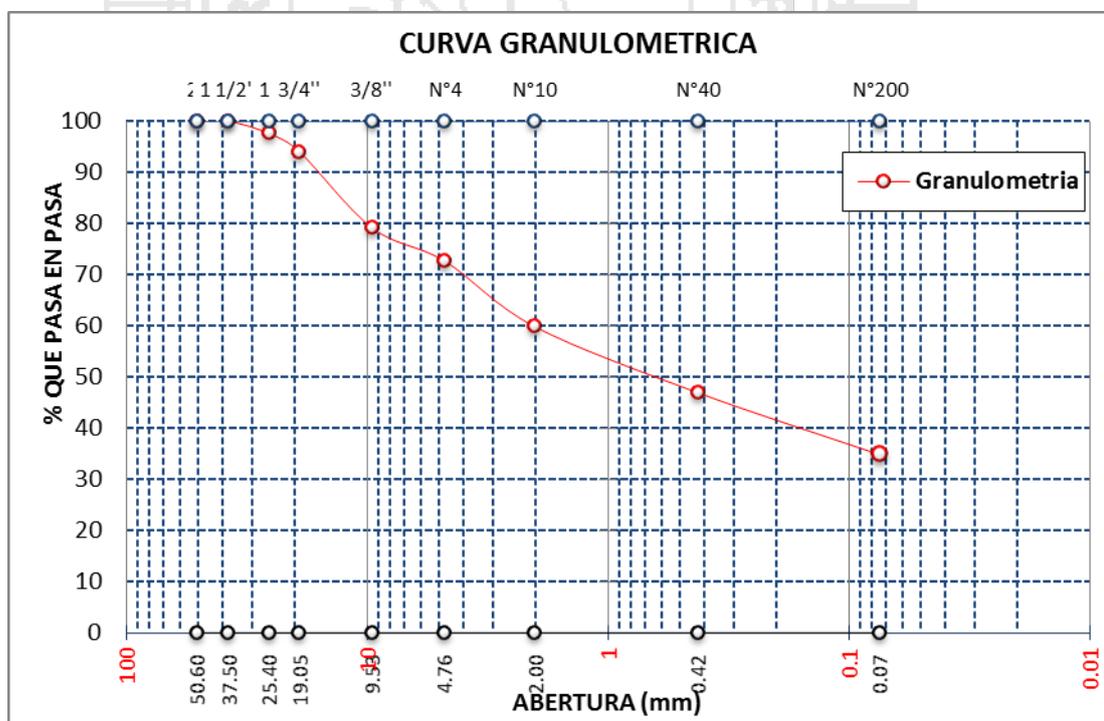


Figura 29: Curva granulométría de muestra de la cantera Yanahoco
Fuente: Elaboración propia

3.1.3.2.2. Límites de Atterberg.

A continuación se muestra en las figuras siguientes la ejecución de este ensayo:



Figura 30: Muestra tamizado del material de cantera punta para los ensayos de L.L. y L.P.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 31: Saturación de muestra con agua destilada y uso de la cuchara de Casagrande.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 32: Elaboración de cilindros de 3.2 mm para el ensayo de limite plástico.
Fuente: Elaboración Propia

Al concluir los ensayos realizados según al manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se obtuvieron los resultados siguientes:

L.L.= 24.72%.

L.P.=18.05%.

I.P.=6.67%

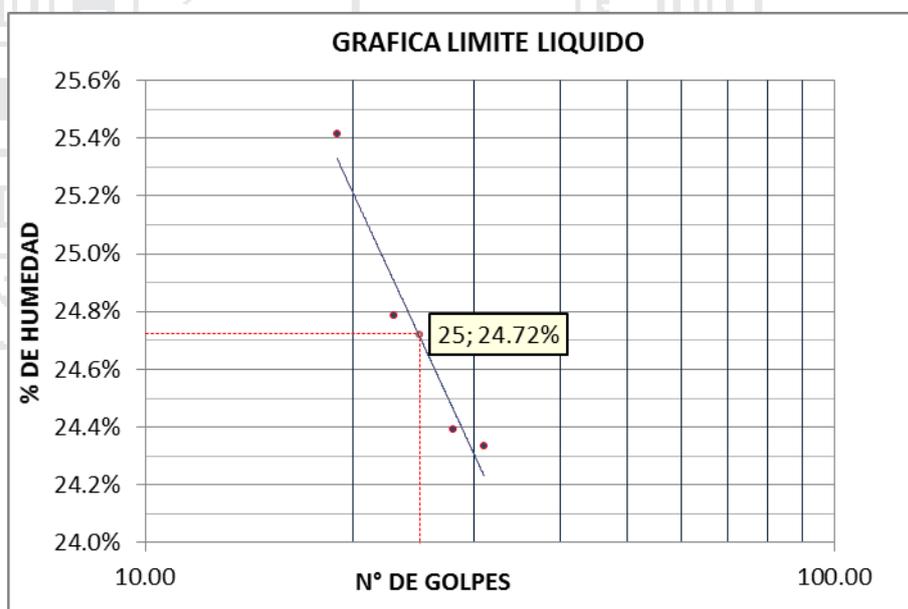


Figura 33: Grafica de Límite Líquido de muestra de la cantera Yanahoco.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.2.3. Próctor modificado.

Realizamos este ensayo se realizó con el método C; puesto que el 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9.53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz ¾ pulg (19.0 mm) según la granulometría de este material.



Figura 34: Humedecimiento de la muestra de la cantera Yanahoco.
Fuente: Elaboración propia



Figura 35: Compactación en el molde y enrasado de la muestra de la cantera Yanahoco.
Fuente: Elaboración propia

Para lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

$$\delta_{d(max)} = 2.136 \frac{gr}{cc} \text{ y } w_{(opt)} \% = 8.75\%$$

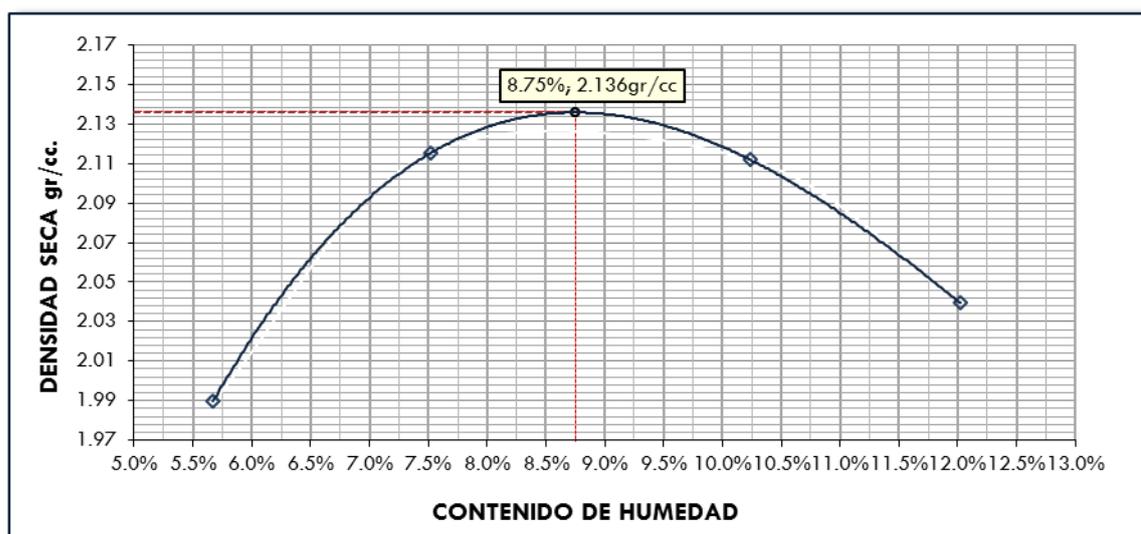


Figura 36: Curva de Densidad Seca Máxima con el Contenido de Humedad Óptimo.
Fuente: Elaboración Propia.

3.1.3.2.4. Valor de soporte relativo (CBR).

El ensayo CBR; las pruebas se dejaron secar las muestras después de compactadas durante 72 horas.



Figura 37: Preparación y humedecimiento para realizar el ensayo de CBR.
Fuente: Elaboración propia.

Dicho fin se hizo porque el aditivo Perma Zyme 30X amerita de este tiempo para reaccionar con el suelo, entonces la comparación de los resultados no será objetado.



Figura 38: Toma de datos del molde CBR
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente las pruebas se sumergieron en la poza con agua durante 96 horas, tomando lectura el desarrollo de expansión, para luego someter las pruebas al ensayo de carga.



Figura 39: Lectura del deformimetro y las muestras ensayadas sometida a prueba de cargas.
Fuente: Elaboración propia

Así se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 6: Resultados del ensayo CBR.

Características	Valores y resultados
Densidad Máxima Seca del P.M.	2.136 gr/cc
Contenido de Humedad Optimo del P.M.	8.75%

CBR al 100%	36.1%
CBR al 95%	25.4%
Expansión en 55 golpes	2.58%

Fuente: Elaboración propia.

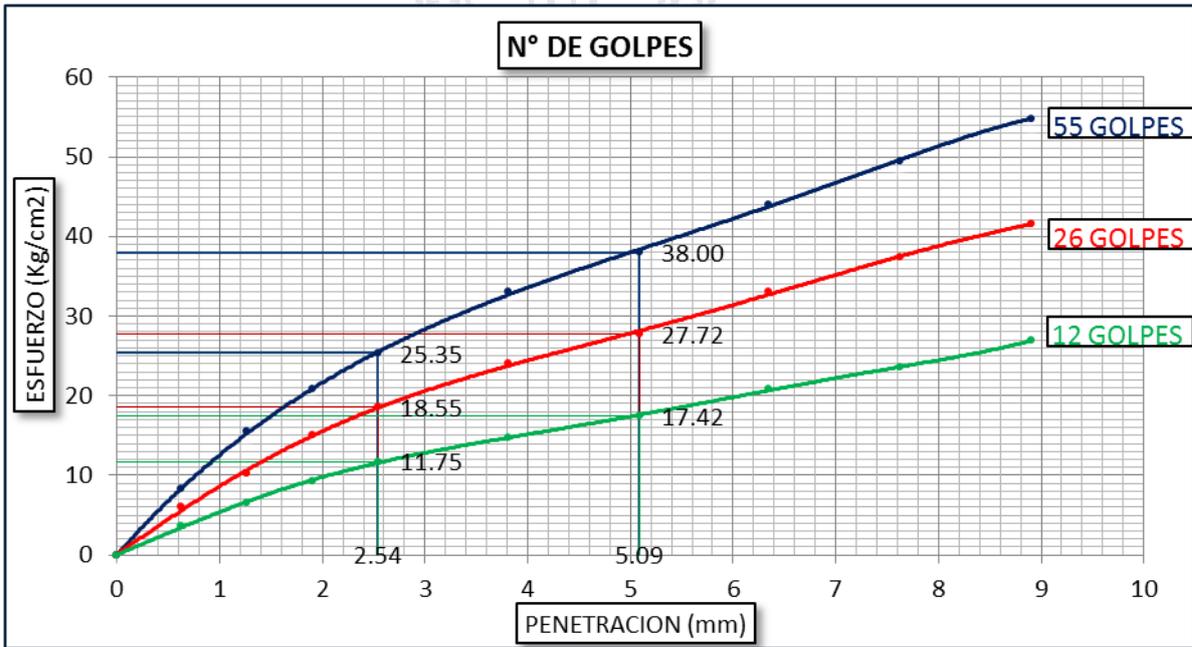


Figura 40: Grafica de penetración vs esfuerzo

Fuente: Elaboración propia

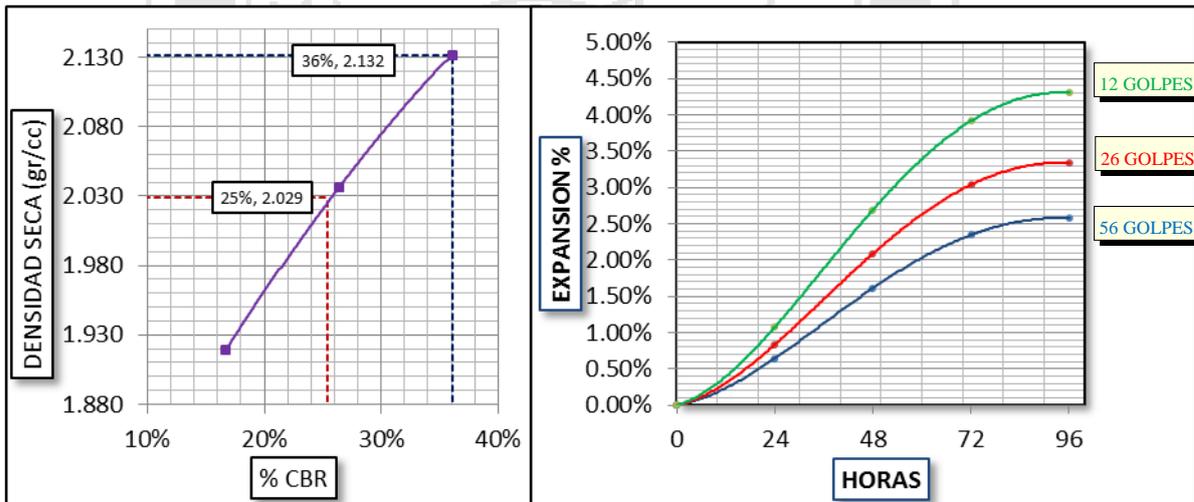


Figura 41: Grafica CBR vs Densidad Seca y Expansión en horas.

Fuente: Elaboración propia

La revisión de la expansión de hizo 01 medición por cada 24 horas.

3.2. Métodos

Para contrastar el proyecto de investigación se trabajará con 3 tipos de muestras; 2 muestras experimentales y un grupo control. Para el resultado experimental se trabajara con 3 muestras para cada aditivo, el mismo que se aplicará en diferentes proporciones.

A estas muestras experimentales se someterá a los siguientes ensayos:

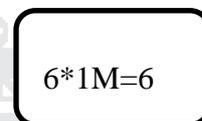
- ✓ **Granulometría:** Este método es primordialmente para determinar la graduación de suelos y materiales propuestos para ser usados en carreteras o están siendo usados como agregados, en base a la norma AASHTO T 27-99, ASTM C 136.
- ✓ **Contenido de humedad:** Determina la cantidad de agua en la muestra, en base a la norma ASTM D 2974-00.
- ✓ **Limite plástico:** es el más bajo contenido de agua en el que el suelo sigue presentando plasticidad, en base a la norma AASHTO T 90-03.
- ✓ **limite líquido:** Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como in material plástico, en base a la norma AASHTO T 89-02.
- ✓ **Proctor modificado:** Permite determinar la relación densidad-humedad de un suelo compactado en un molde, en base a la norma AASTHO T-180.
- ✓ **CBR:** Tiene por finalidad determinar la capacidad de soporte de suelos en laboratorio con una humedad optima y niveles de compactación variables, en base a la norma AASTHO T 193-99.
- ✓ **Expansión:** los suelos arcillosos tienen la capacidad de hinchamiento o de retracción dependiendo de su contenido de humedad. Donde la finalidad principal es transformar esa masa de arcilla expansiva a una masa totalmente rígida o en una masa granulada pero con una capacidad

de expansión mínima, así poder tener una *estabilidad volumétrica*, en base a la norma AASTM D 4829-03, el cual lo realizaremos junto al CBR.

3.2.1. Grupo control

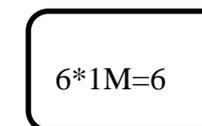
3.2.1.1. *Cantera 1 (Punta) sin aditivo*

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Limite plástico
- Limite liquido
- Proctor modificado
- CBR
- Expansión



3.2.1.2. *Cantera 2 (Yanhoco) sin aditivo*

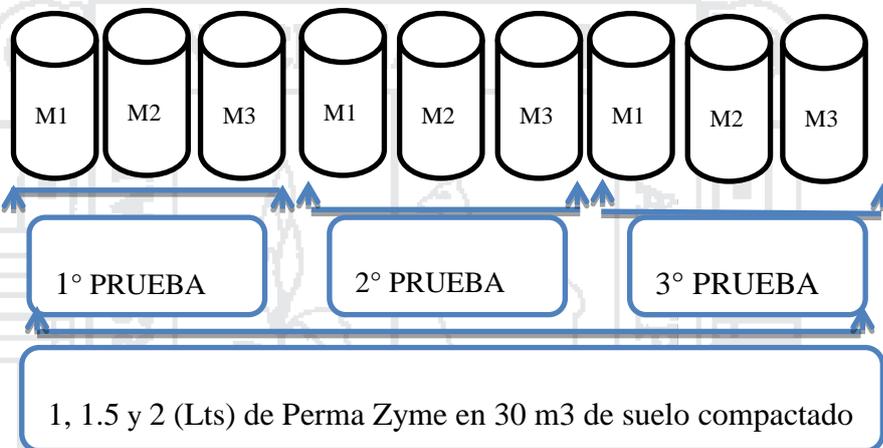
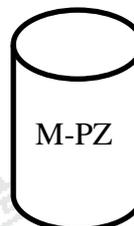
- Granulometría
- Contenido de humedad
- Limite plástico
- Limite liquido
- Proctor modificado
- CBR
- Expansión



3.2.2. Grupo Experimental (Perma-Zyme)

3.2.2.1. Canteras 1 (Punta) con aditivo

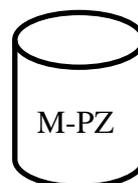
- Limite plástico
- Limite liquido
- Proctor modificado
- CBR
- Expansión



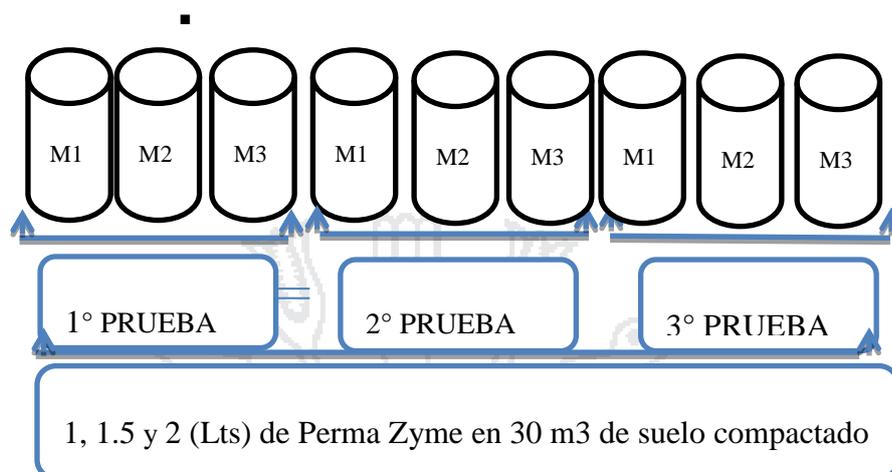
Estas muestras sometidas a pruebas con distinta proporción del estabilizador Perma Zyme, se realizara para cada ensayo mencionado en el Grupo control y así poder ver con más claridad las ventajas y desventaja de este producto aplicado en la muestra de suelos de la cantera mencionada.

3.2.2.2. Canteras 2 (Yanhoco) con aditivo

- Limite plástico
- Limite liquido
- Proctor modificado
- CBR



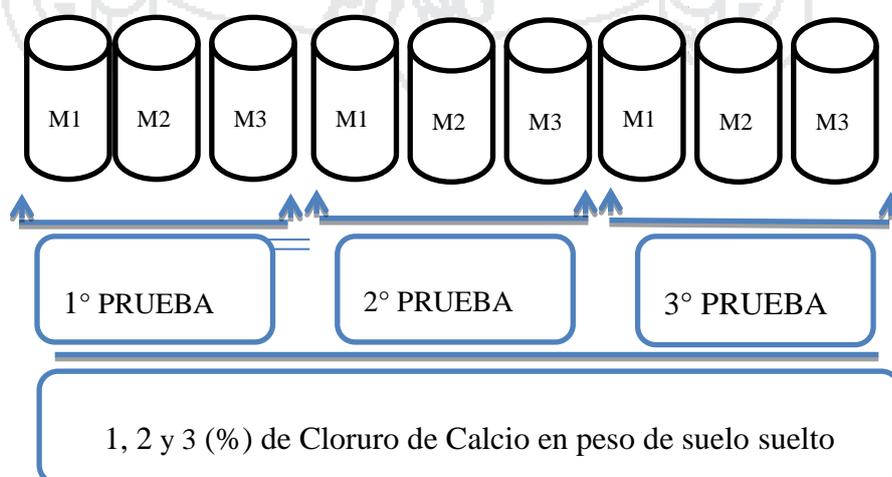
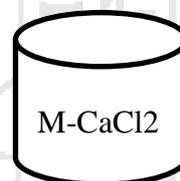
- Expansión



3.2.3. Grupo Experimental (Cloruro Cálxico)

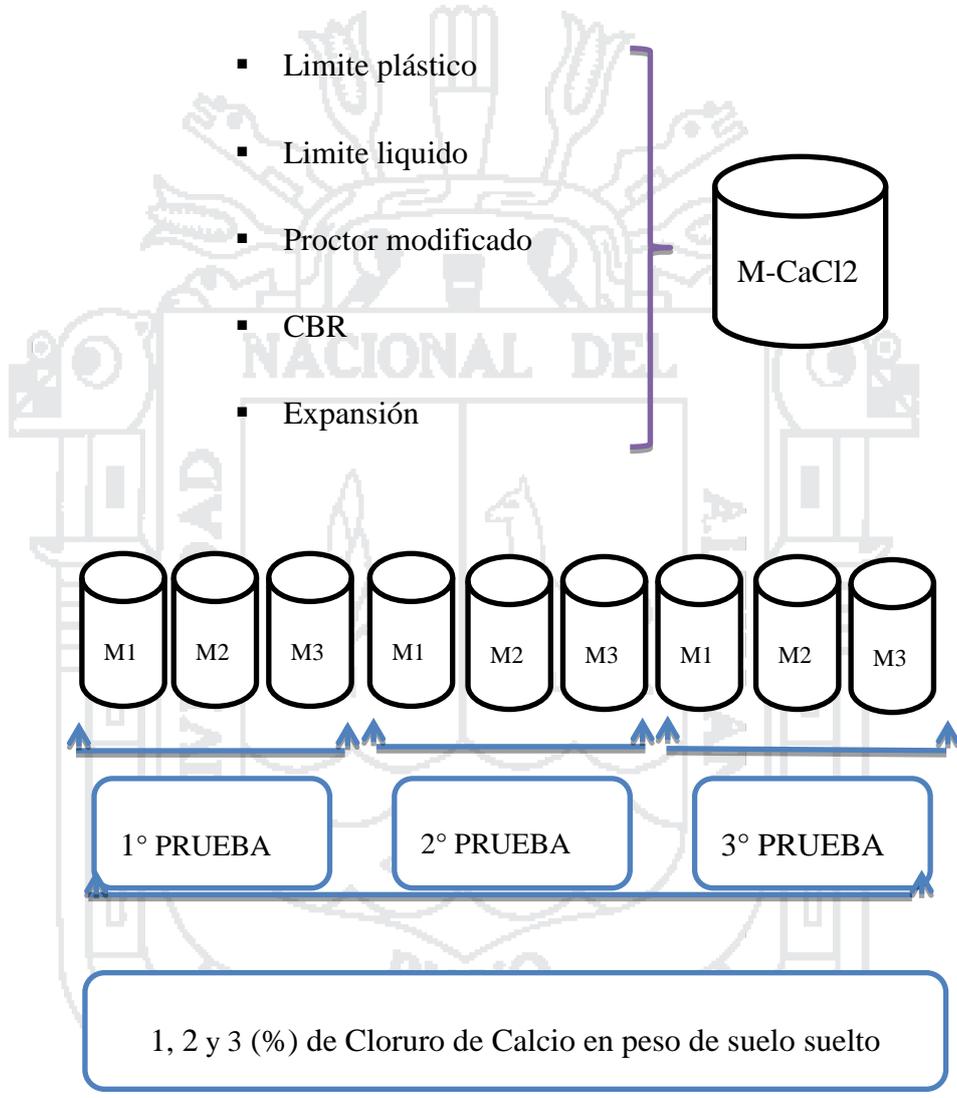
3.2.3.1. *Cantera 1 (Punta) con aditivo*

- Limite plástico
- Limite liquido
- Proctor modificado
- CBR
- Expansión



Estas muestras sometidas a pruebas con distinta proporción del estabilizador químico de Cloruro Cálcico, se realizara para cada ensayo mencionado en el Grupo control y así poder ver con más claridad las ventajas y desventaja de este aditivo aplicado en la muestra de suelos de la cantera mencionada.

3.2.3.2. Cantera 2 (Yanahoco) con aditivo



3.2.4. Identificación de la población y muestra de estudio.

Para el cálculo de la población total, tomamos como referencia el número mínimo de exploraciones por un determinado volumen de muestra que dispone EG-2013 del MTC – Peru.

En la siguiente investigación, adoptaremos una cantidad disminuida de material de cantera, que se usara en la conformación de la base carretera no pavimentada de una

longitud de 3 km como tramo de prueba con el objeto de hallar la población y la cantidad necesaria de ensayos.

- Longitud: 3000 m
- Ancho de vía: 8 m
- Espesor de vía: 0.20 m

$$vol = 0.20 \times 8 \times 3000 = 4800 \text{ m}^3$$

$$vol \text{ total} = 4800 \times 1.5 = 7200 \text{ m}^3$$

$$cantera \text{ Punta} = 3600 \text{ m}^3$$

$$cantera \text{ Yanahoco} = 3600 \text{ m}^3$$

3.2.4.1. Muestra.

Las siguientes expresiones son para determinar el tamaño de las muestras para

las poblaciones finitas: $n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}}$; $n_0 = \left(\frac{z}{e}\right)^2 pq$

Donde:

n_0 : Tamaño de ña muestra en la estimación de la proporción.

n : Tamaño real de la muestra a partir de población selecta.

N : Número total de los elementos que conformaran la población.

Z: Valor estandarizado de la distribución normal estandarizada, en función al grado de confiabilidad al 95% con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se tiene un Test Unilateral $Z_{\alpha} = 1.645$.

e: Error asumido en el cálculo, el limite aceptable del error maestro esta dado entre 0.01 y 0.09.

q: probabilidad de que la población no presenta las características (0.04 para 4%)

p: Probabilidad de que la población presenta las características (0.96 para 96%)

Tabla 7: Nivel de significancia.

α	Z: Test	
	Unilateral	Bilateral
0.200	0.842	1.282
0.150	1.036	1.440
0.100	1.282	1.645
0.050	1.645	1.960
0.025	1.960	2.240
0.010	2.326	2.576

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Suelos estabilizados con productos químicos

Propiedades características	y	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (m3)
Granulometría		MTC E 204	C-136	T-27	Cada 750

Contenido de humedad	NTP.339.127	D 2216		
Limite Liquido	MTC E 111	D 4318	T-89	Cada 750
Limite Plástico	MTC E 111	D 4318	T-89	Cada 750
Proctor Modificado	MTC E 115	D 1557	T-180	Cada 500
CBR	MTC E 132	D 1883	T-193	Cada 500

Fuente: Manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013

Entonces la población a investigar viene dado por:

$$Poblacion = \frac{Area\ total\ de\ estudio}{Frecuencia\ de\ estudio}$$

➤ Limite liquido:

$$Poblacion(N) = \frac{3600}{750} = 4.8; n_0 = \left(\frac{1.645}{0.09}\right)^2 0.04 \times 0.96 = 12.82; n = \frac{12.82}{1 + \frac{12.82-1}{4.8}} = 3$$

➤ Limite plastico:

$$Poblacion(N) = \frac{3600}{750} = 4.8; n_0 = \left(\frac{1.645}{0.09}\right)^2 0.04 \times 0.96 = 12.82; n = \frac{12.82}{1 + \frac{12.82-1}{4.8}} = 3$$

➤ Proctor modificado:

$$Poblacion(N) = \frac{3600}{500} = 7.2; n_0 = \left(\frac{1.645}{0.09}\right)^2 0.04 \times 0.96 = 12.82; n = \frac{12.82}{1 + \frac{12.82-1}{7.2}} = 3$$

➤ CBR:

$$Poblacion(N) = \frac{3600}{500} = 7.2; n_0 = \left(\frac{1.645}{0.09}\right)^2 0.04 \times 0.96 = 12.82; n = \frac{12.82}{1 + \frac{12.82-1}{7.2}} = 3$$

Por lo tanto la cantidad de prueba en cada ensayo será de la siguiente manera:

Tabla 9: Cantidad de Ensayos según al método.

Ensayo	Cant. 1	Cant. 2	Cant. 1 PZ 30x	Cant. 1 Ca Cl2	Cant. 2 PZ 30x	Cant. 2 Ca Cl2
Granulometría	01	01	-	-	-	-
Limite Liquido	01	01	03	03	03	03
Limite Plástico	01	01	03	03	03	03
Proctor Modificado	01	01	03	03	03	03
CBR	01	01	03	03	03	03
Expansión	01	01	03	03	03	03

Fuente: Elaboración propia

3.3. Dosificación del agente estabilizador Perma Zyme 30x

Según las especificaciones del producto se dosifica a razón de 01 litro cada 30 m³ de material compactado mezclado con el agua necesaria para obtener la humedad óptima para compactar.

El aditivo fue probado en distintos rangos de proporción de la siguiente forma ya mencionada:

- Muestra equivalente a 1 Lt. de aditivo por 30 m³ de material.
- Muestra equivalente a 1.5 Lt. de aditivo por 30 m³ de material.
- Muestra equivalente a 2 Lt. de aditivo por 30 m³ de material.

3.3.1. Características cálculo de las muestras con el aditivo PZ 30x.

Ya se describieron los tipos de muestra que se le añadirá este aditivo en distintos rangos de cantidad del producto.

3.3.1.1. Muestra Experimental de la cantera Punta.

3.3.1.1.1. Proctor modificado y CBR.

Calculo empleado para 30 m³ de suelo compactado referido al Próctor Modificado de la muestra control de la cantera Punta:

- Densidad máxima seca = 2.236 gr/cc
- Contenido de humedad optimo = 6.22%

1 m³ de suelo compactado 2236 kg de suelo suelto

x 6 kg de suelo suelto

$$x = \frac{6 * 1}{2236} = 2.683 * 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ de suelo compactado}$$

Con esta cantidad de suelo compactado se hallara la cantidad necesaria de aditivo para cada proporción trabajado, el cual se trabaja haciendo equivalencias ya es la forma en la que se conocerá la cantidad exacta del estabilizador.

- ❖ 1 Lt. de aditivo por 30 m³ de material compactado.

30 m³ de suelo compactado 1000 ml de aditivo

2.683 * 10⁻³ m³ de suelo compactado x

$$x = \frac{2.683 * 10^{-3} m^3 * 1000 ml}{30 m^3} = 0.09 \text{ ml de aditivo}$$

Densidad de Perma Zyme = 1.08 gr/ml.

Entonces el peso de aditivo que se añadirá es:

$$P_{adit} = 1.08 \frac{gr}{ml} * 0.09 ml = 0.10 \text{ gr.}$$

- ❖ 1.5 Lt. de aditivo por 30 m³ de material compactado.

30 m³ de suelo compactado 1500 ml de aditivo

2.683 * 10⁻³ m³ de suelo compactado x

$$x = \frac{2.683 * 10^{-3} m^3 * 1500 ml}{30 m^3} = 0.13 \text{ ml de aditivo}$$

Entonces el peso de aditivo que se añadirá es:

$$P_{adit} = 1.08 \frac{gr}{ml} * 0.13 ml = 0.14 \text{ gr.}$$

- ❖ 2 Lt. de aditivo por 30 m³ de material compactado.

30 m³ de suelo compactado 2000 ml de aditivo

2.683 * 10⁻³ m³ de suelo compactado x

$$x = \frac{2.683 * 10^{-3} m^3 * 2000ml}{30m^3} = 0.18 \text{ ml de aditivo}$$

Entonces el peso de aditivo que se añadirá es:

$$P_{adit} = 1.08 \frac{gr}{ml} * 0.18ml = 0.19 \text{ gr.}$$

3.3.1.1.2. *Limite Líquido y Limite Plástico.*

Los datos del ensayo Proctór Modificado, como son el contenido de humedad optimo según a la dosificación del aditivo, donde este último fue calculado por equivalencias en cada prueba será la solución para la saturación de la muestra del material objeto de estos ensayos, para eso tomaremos en cuenta el peso del material suelto que se usó para el ensayo del Proctór Modificado.

- ❖ 1 Lt. de aditivo por 30 m³ de material compactado.

$$Agua = \frac{W(\%)_{opt} \text{ con 1 Lt.de dosificacion}}{100} * 6000 \text{ gr.}$$

$$Aditivo PZ 30x = 0.09 \text{ ml}$$

$$P_{adit} = 1.08 \frac{gr}{ml} * 0.09ml = 0.10 \text{ gr.}$$

- ❖ 1.5 Lt. de aditivo por 30 m³ de material compactado.

$$\text{Agua} = \frac{W(\%)_{opt} \text{ con 1.5 Lt. de dosificacion}}{100} * 6000 \text{ gr.}$$

$$\text{Aditivo PZ } 30x = 0.13 \text{ ml}$$

$$P_{adit} = 1.08 \frac{\text{gr}}{\text{ml}} * 0.13\text{ml} = 0.14 \text{ gr.}$$

❖ 2 Lt. de aditivo por 30 m3 de material compactado.

$$\text{Agua} = \frac{W(\%)_{opt} \text{ con 2 Lt. de dosificacion}}{100} * 6000 \text{ gr.}$$

$$\text{Aditivo PZ } 30x = 0.18 \text{ ml}$$

$$P_{adit} = 1.08 \frac{\text{gr}}{\text{ml}} * 0.18\text{ml} = 0.19 \text{ gr.}$$

3.3.1.2. *Muestra Experimental de la cantera Yanahoco.*

3.3.1.2.1. *Proctor modificado y CBR*

- Densidad máxima seca = 2.136 gr/cc
- Contenido de humedad optimo = 8.75%

1 m³ de suelo compactado 2136 kg de suelo suelto

x 6 kg de suelo suelto

$$x = \frac{6 * 1}{2136} = 2.809 * 10^{-3} m^3 \text{ de suelo compactado}$$

Con esta cantidad de suelo compactado se hallara la cantidad necesaria de aditivo para cada proporción trabajado, el cual se trabaja haciendo equivalencias ya es la forma en la que se conocerá la cantidad exacta del estabilizador.

- ❖ 1 Lt. de aditivo por 30 m3 de material compactado.

30 m³ de suelo compactado 1000 ml de aditivo

2.809 * 10⁻³ m³ de suelo compactado x

$$x = \frac{2.809 * 10^{-3} m^3 * 1000ml}{30m^3} = 0.10 \text{ ml de aditivo}$$

Densidad de Perma Zyme = 1.08 gr/ml.

Entonces el peso de aditivo que se añadirá es:

$$P_{adit} = 1.08 \frac{gr}{ml} * 0.10ml = 0.11 \text{ gr.}$$

- ❖ 1.5 Lt. de aditivo por 30 m3 de material compactado.

30 m³ de suelo compactado 1500 ml de aditivo

2.809 * 10⁻³ m³ de suelo compactado x

$$x = \frac{2.809 * 10^{-3} m^3 * 1500ml}{30m^3} = 0.14 \text{ ml de aditivo}$$

Entonces el peso de aditivo que se añadirá es:

$$P_{adit} = 1.08 \frac{gr}{ml} * 0.14ml = 0.15 gr.$$

❖ 2 Lt. de aditivo por 30 m³ de material compactado.

30 m³ de suelo compactado 2000 ml de aditivo

2.809 * 10⁻³ m³ de suelo compactado x

$$x = \frac{2.809 * 10^{-3} m^3 * 2000ml}{30m^3} = 0.19 ml de aditivo$$

Entonces el peso de aditivo que se añadirá es:

$$P_{adit} = 1.08 \frac{gr}{ml} * 0.19ml = 0.21 gr.$$

3.3.1.2.2. *Limite Líquido y Limite Plástico.*

❖ 1 Lt. de aditivo por 30 m³ de material compactado.

$$Agua = \frac{W(\%)_{opt} con 1 Lt.de dosificacion}{100} * 6000 gr.$$

$$Aditivo PZ 30x = 0.10 ml$$

$$P_{adit} = 1.08 \frac{gr}{ml} * 0.10ml = 0.11 gr.$$

❖ 1.5 Lt. de aditivo por 30 m³ de material compactado.

$$\text{Agua} = \frac{W(\%)_{opt} \text{ con 1.5 Lt. de dosificación}}{100} * 6000 \text{ gr.}$$

$$\text{Aditivo PZ 30x} = 0.14 \text{ ml}$$

$$P_{adit} = 1.08 \frac{\text{gr}}{\text{ml}} * 0.14 \text{ ml} = 0.15 \text{ gr.}$$

❖ 2 Lt. de aditivo por 30 m³ de material compactado.

$$\text{Agua} = \frac{W(\%)_{opt} \text{ con 2 Lt. de dosificación}}{100} * 6000 \text{ gr.}$$

$$\text{Aditivo PZ 30x} = 0.19 \text{ ml}$$

$$P_{adit} = 1.08 \frac{\text{gr}}{\text{ml}} * 0.19 \text{ ml} = 0.21 \text{ gr.}$$

3.4. Dosificación del agente estabilizador Cloruro de Calcio

Manual de Carreteras "Suelos, Geología y Pavimentos, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú, (2014), nos dice que "el cloruro de calcio trabaja en la proporción de 1% - 2% en peso, respecto del suelo seco" (p.126).

El aditivo fue probado en distintos rangos de proporción de la siguiente forma ya mencionada:

- Muestra equivalente a 1% de aditivo respecto al suelo seco suelto.
- Muestra equivalente a 2% de aditivo respecto al suelo seco suelto.
- Muestra equivalente a 3% de aditivo respecto al suelo seco suelto.

3.4.1. Características cálculo de las muestras con y el aditivo CaCl₂.

Ya se describieron los tipos de muestra que se le añadirá este aditivo en distintos rangos de cantidad del producto.

3.4.1.1. Muestra Experimental de la cantera Punta.

3.4.1.1.1. Proctor Modificado y CBR.

- ❖ 1 % de aditivo CaCl₂ respecto al peso del suelo seco y suelto, donde nos basaremos con 6000gr, peso referido con el que se trabajó para el ensayo Proctor Modificado.

$$P_{CaCl_2} = 1\% * (6000gr) = 60gr.$$

- ❖ 2 % de aditivo CaCl₂ respecto al peso del suelo seco y suelto.

$$P_{CaCl_2} = 2\% * (6000gr) = 120gr.$$

- ❖ 3 % de aditivo CaCl₂ respecto al peso del suelo seco y suelto.

$$P_{CaCl_2} = 3\% * (6000gr) = 180gr.$$

3.4.1.1.2. Limite Líquido y Limite Plástico.

Los datos del ensayo Proctor Modificado, como son el contenido de humedad óptimo según a la dosificación del aditivo, donde este último fue calculado por equivalencias en cada prueba será la solución para la saturación de la muestra del material objeto de estos ensayos, para eso tomaremos en cuenta el peso del material suelto que se usó para el ensayo del Proctor Modificado.

- ❖ 1 % de aditivo CaCl₂ respecto al peso del suelo seco y suelto.

$$\text{Agua} = \frac{W(\%)_{opt} \text{ con 1 Lt. de dosificacion}}{100} * 6000 \text{ gr.}$$

$$\text{Aditivo CaCl}_2 = 1\% * 6000\text{gr} = 60\text{gr.}$$

- ❖ 2 % de aditivo CaCl₂ respecto al peso del suelo seco y suelto.

$$\text{Agua} = \frac{W(\%)_{opt} \text{ con 1.5 Lt. de dosificacion}}{100} * 6000 \text{ gr.}$$

$$\text{Aditivo CaCl}_2 = 2\% * 6000\text{gr} = 120\text{gr.}$$

- ❖ 3 % de aditivo CaCl₂ respecto al peso del suelo seco y suelto.

$$\text{Agua} = \frac{W(\%)_{opt} \text{ con 2 Lt. de dosificacion}}{100} * 6000 \text{ gr.}$$

$$\text{Aditivo CaCl}_2 = 3\% * 6000\text{gr} = 180\text{gr.}$$

3.4.1.2. *Muestra Experimental de la cantera Yanahoco.*

3.4.1.2.1. *Proctor modificado y CBR*

- ❖ 1 % de aditivo CaCl₂ respecto al peso del suelo seco y suelto, donde nos basaremos con 6000gr, peso referido con el que se trabajó para el ensayo Proctor Modificado.

$$P_{CaCl_2} = 1\% * (6000\text{gr}) = 60\text{gr.}$$

- ❖ 2 % de aditivo CaCl₂ respecto al peso del suelo seco y suelto.

$$P_{CaCl_2} = 2\% * (6000gr) = 120gr.$$

- ❖ 3 % de aditivo CaCl₂ respecto al peso del suelo seco y suelto.

$$P_{CaCl_2} = 3\% * (6000gr) = 180gr.$$

3.4.1.2.2. *Limite Líquido y Limite Plástico.*

- ❖ 1 % de aditivo CaCl₂ respecto al peso del suelo seco y suelto.

$$Agua = \frac{W(\%)_{opt} \text{ con 1 Lt. de dosificación}}{100} * 6000 gr.$$

$$Aditivo CaCl_2 = 1\% * 6000gr = 60gr.$$

- ❖ 2 % de aditivo CaCl₂ respecto al peso del suelo seco y suelto.

$$Agua = \frac{W(\%)_{opt} \text{ con 1.5 Lt. de dosificación}}{100} * 6000 gr.$$

$$Aditivo CaCl_2 = 2\% * 6000gr = 120gr.$$

- ❖ 3 % de aditivo CaCl₂ respecto al peso del suelo seco y suelto.

$$Agua = \frac{W(\%)_{opt} \text{ con 2 Lt. de dosificación}}{100} * 6000 gr.$$

$$Aditivo CaCl_2 = 3\% * 6000gr = 180gr.$$

CAPITULO IV

4. Resultados y Discusión

4.1. Resultado con Perma Zyme 30x

4.1.1. Cantera Punta.

Se hará el análisis en cada ensayo mencionado en la metodología teniendo en cuenta la potencia de esta cantera que es de 230000 m³.

4.1.1.1. *Limite Liquido (L.L.).*

El resultado que se obtuvo con la adición del aditivo, el valor del límite líquido disminuye respecto a la muestra sin aditivo.



Figura 42: Solución de agua destilada y Perma Zyme con la muestra de la cantera Punta.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.1. Limite Plástico (L.P.).

Con la aplicación del producto Perma Zyme disminuye el valor del límite líquido.



Figura 43: Saturación de muestra con la solución preparada de la muestra de la cantera Punta. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Resumen de los resultados de límites de A. Atterberg.:

Perma Zyme	Sin Aditivo	1L en 30 m3	1,5L en 30 m3	2L en 30 m3
Límite Líquido	21.03%	20.26%	20.07%	19.95%
Límite Plástico	14.54%	14.42%	14.25%	14.18%
Índice de Plasticidad	6.00%	5.84%	5.83%	5.77%

Fuente: Elaboración propia.

A continuación mostraremos en un diagrama de barras los resultados de la lo ocurrido de la adición del aditivo Perma Zyme en las dosificaciones de: 1, 1.5 y 2 litros en 30 m3 de suelo compactado.

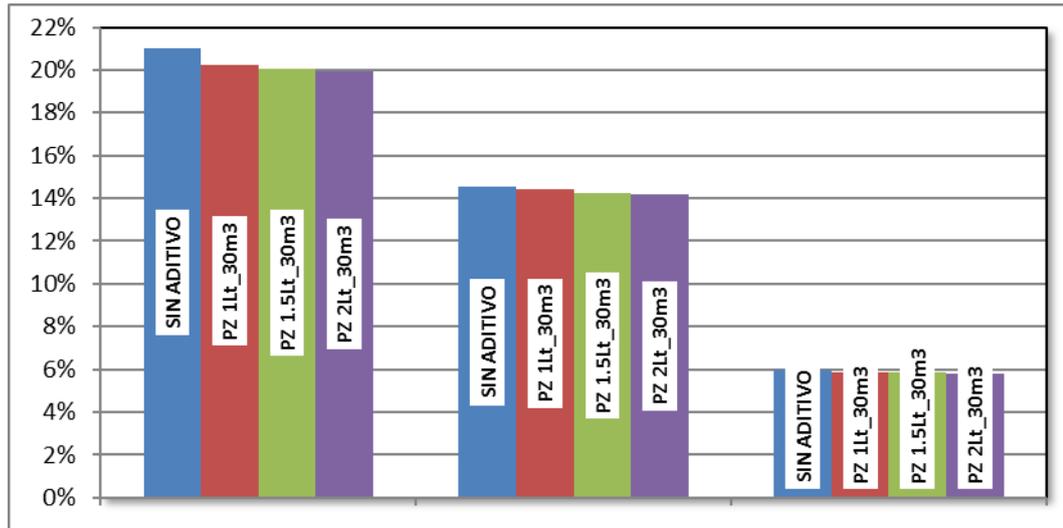


Figura 44: Histograma de resultados de los límites de A. Atterberg.
Fuente: Elaboración propia.

El aplicar el producto Perma Zyme, se ve el incremento de la densidad máxima seca y la reducción del contenido de humedad óptima.



Figura 45: Desprendimiento del collar y enrasado de la muestra del molde del Próctor Modificado.
Fuente: Elaboración propia

El ensayo del Próctor Modificado se trabajó con la misma relación del contenido de humedad en la muestra sin aditivo que son: 3%, 5%, 7% y 9% en cada dosificación de 1 lt, 1.5 lt y 2 lt de Perma Zyme 30x en 30 m³ de suelo compactado, en la siguiente tabla se muestra la evolución de la Densidad Máxima Seca.

Tabla 11 : Resumen de resultados de Proctor Modificado

Perma Zyme 30x	Sin Aditivo	PZ 1lt en 30m3	PZ 1,5lt en 30m3	PZ 2lt en 30m3
Densidad máxima seca (gr/cc)	2.236	2.241	2.243	2.244
Contenido de humedad óptimo (%)	6.22	6.2	6.17	6.16

Fuente: Elaboración propia.

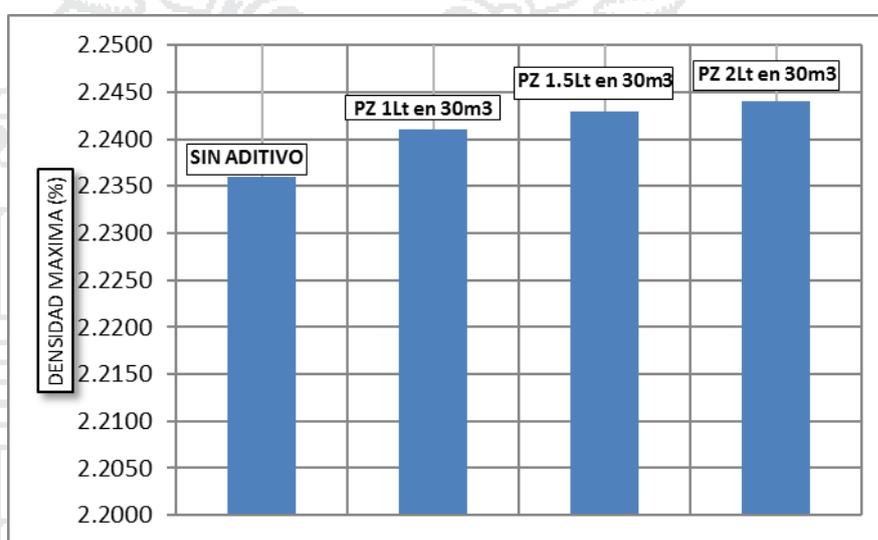


Figura 46: Histograma de los resultados de la Densidad Máxima Seca.

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3. CBR.

Al realizar este ensayo se tomó en cuenta la guía de laboratorio de este producto donde menciona el secado de 72 horas después del termino de compactación, enrasado y registro de peso de la muestra en prueba para su reacción con el suelo y pasados este tiempo se tomó la lectura del deformimetro y fue sumergido en la poza de agua durante 97 horas para luego ser sometido a la prueba de carga.



Figura 47: limpieza de molde CBR y peso de aditivo Perma Zyme en gramos
Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Resumen de resultados del ensayo CBR, con el aditivo Perma Zyme.

Perma Zyme 30x	Sin Aditivo	PZ 1lt en 30m3	PZ 1,5lt en 30m3	PZ 2lt en 30m3
CBR al 100%	38.90%	47.36%	48.13%	48.44%
CBR al 95 %	26.80%	32.40%	33.20%	33.40%
Expansión (55 golpes)	1.75%	1.72%	1.21%	1.12%

Fuente: Elaboración propia.



Figura 48: Lectura de expansión después de la inmersión y muestra sometido a pruebas de carga
Fuente: Elaboración propia

4.1.1.1. *Expansión*

La medida de expansión se realizó dentro del ensayo CBR, usando el deformimetro y dando lectura de la muestra en prueba cada 24 horas y dando un resultado conveniente de estabilidad volumétrica.

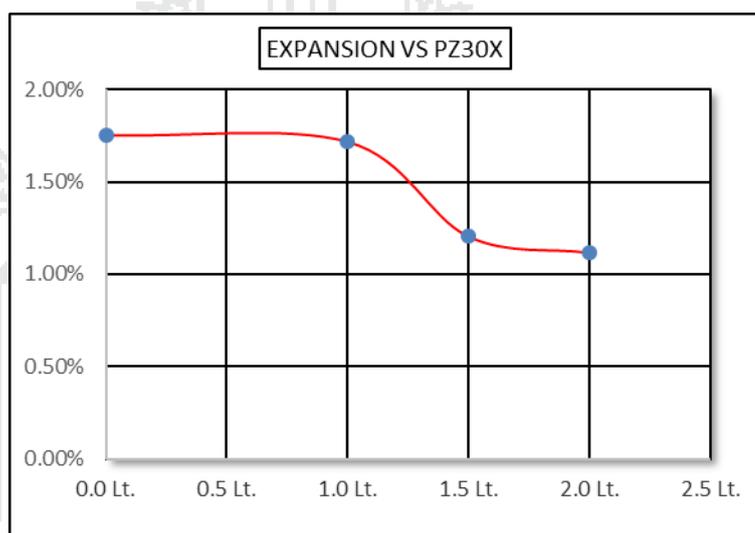


Figura 49: Grafica de expansión vs dosificación del aditivo PZ 30x.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. **Cantera Yanahoco**

Se hará el análisis en cada ensayo mencionado en la metodología teniendo en cuenta que la potencia de esta cantera es de 21000 m³.

4.1.2.1. *Limite Liquido (L.L.).*

El valor del límite líquido disminuye aplicando a la muestra el aditivo Perma Zyme respecto a la muestra normal.



Figura 50: Peso del material para la prueba con 1lt de Perma Zyme para el ensayo del L.L.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.1. **Limite Plástico (L.P.).**

El límite plástico se reduce con la aplicación de Perma Zyme



Figura 51: Elaboración de cilindros de 3.2 mm. Y toma de muestra de la cuchara de Casagrande.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Resumen de los resultados de límites de A. Atterberg.

Perma Zyme	Sin Aditivo	1L en 30 m3	1,5L en 30 m3	2L en 30 m3
Limite Liquido	24.72%	23.64%	22.55%	22.30%
Limite Plástico	18.05%	17.51%	16.47%	16.37%

Índice de Plasticidad	6.67%	6.13%	6.07%	5.93%
-----------------------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia.

A continuación mostraremos en un diagrama de barras, los resultados de lo ocurrido con la adición del aditivo Perma Zyme en las dosificaciones de: 1, 1.5 y 2 litros en 30 m3 de suelo compactado.

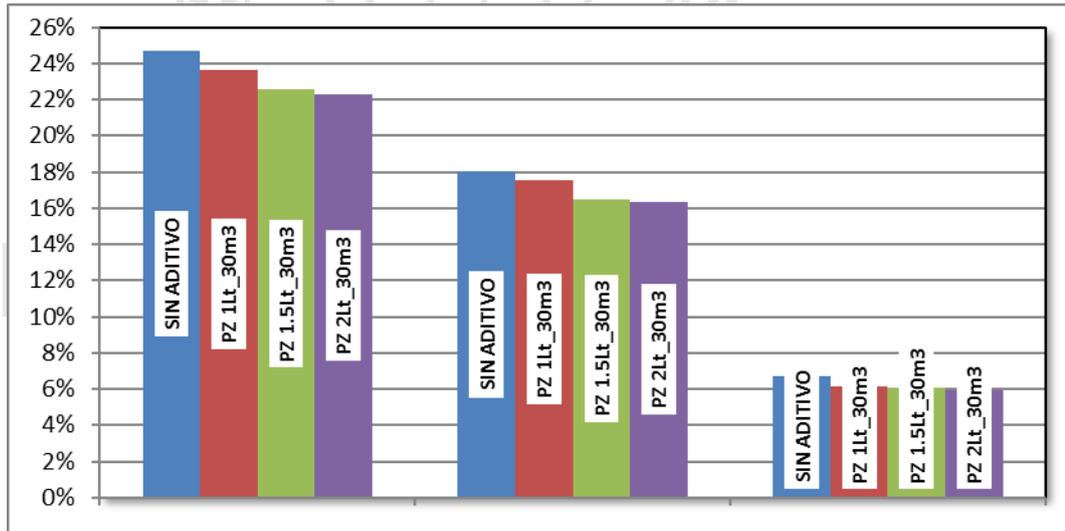


Figura 52: Histograma de resultados de los límites de A. Atterberg.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2. *Próctor Modificado.*

Al aplicar el producto Perma Zyme, como agente estabilizador en el material de esta cantera, se puede observar el incremento de la densidad seca máxima y la reducción del contenido de humedad óptima al hallar los resultados, respecto a la muestra sin aditivo, dicho incremento no es muy significativo

A continuación se muestra las imágenes de la ejecución de este ensayo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de esta casa superior de estudios.



Figura 53: Solución agua-Perma Zyme 30x y compactación de la muestra.
Fuente: elaboración propia.

El ensayo del Próctor Modificado se trabajó con la misma relación del contenido de humedad en la muestra sin aditivo que son: 5%, 7%, 9% y 11% en cada dosificación de 1 lt, 1.5 lt y 2 lt de Perma Zyme 30x en 30 m³ de suelo compactado, en la siguiente tabla se muestra la evolución de la Densidad Máxima Seca.

Tabla 14: Resumen de resultados de Proctor Modificado

Perma Zyme 30x	Sin Aditivo	PZ 1lt en 30m ³	PZ 1,5lt en 30m ³	PZ 2lt en 30m ³
Densidad máxima seca (gr/cc)	2.136	2.137	2.138	2.155
Contenido de humedad óptimo (%)	8.75	8.65	7.62	7.12

Fuente: Elaboración propia.

Donde mostraremos el siguiente grafico de la forma que va aumentando la Densidad Máxima Seca aplicando este aditivo Perma Zyme.

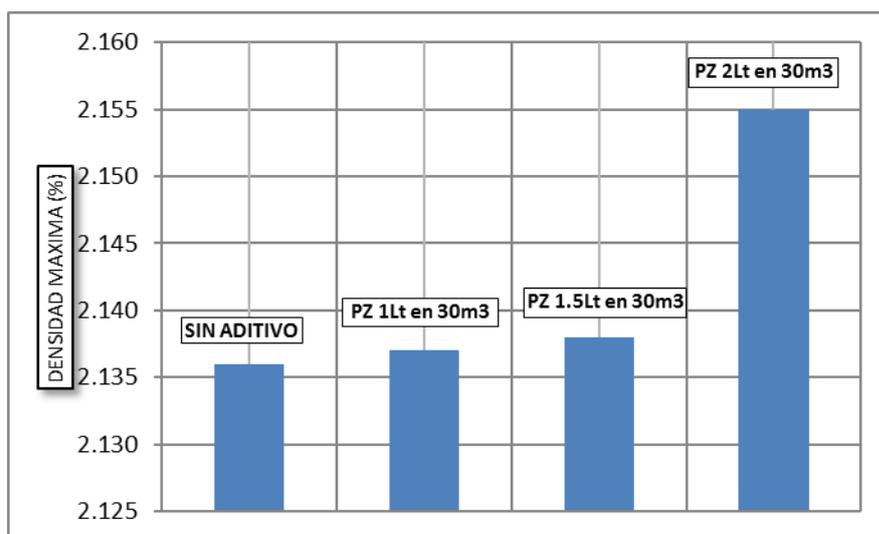


Figura 54: Histograma de resultados de la Densidad Máxima Seca.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.3. CBR.

Al realizar este ensayo se tomó en cuenta la guía de laboratorio de este producto donde menciona el secado de 72 horas después del termino de compactación, enrasado y registro de peso de la muestra en prueba para su reacción con el suelo, pasado este tiempo se obtuvo la lectura del deformimetro y luego fue sumergido en la poza con agua durante 96 horas agua, después de la inmersión fue sometida a prueba de cargas.



Figura 55: Lectura de deformimetro
Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Resumen de resultados del ensayo CBR, con el aditivo Perma Zyme.

Perma Zyme 30x	Sin Aditivo	PZ 1lt en 30m3	PZ 1,5lt en 30m3	PZ 2lt en 30m3
CBR al 100%	36.06%	40.98%	41.13%	41.36
CBR al 95 %	25.40%	29.30%	30.10%	30.30
Expansión (55 golpes)	2.58%	1.99%	1.97%	1.96%

Fuente: Elaboración Propia

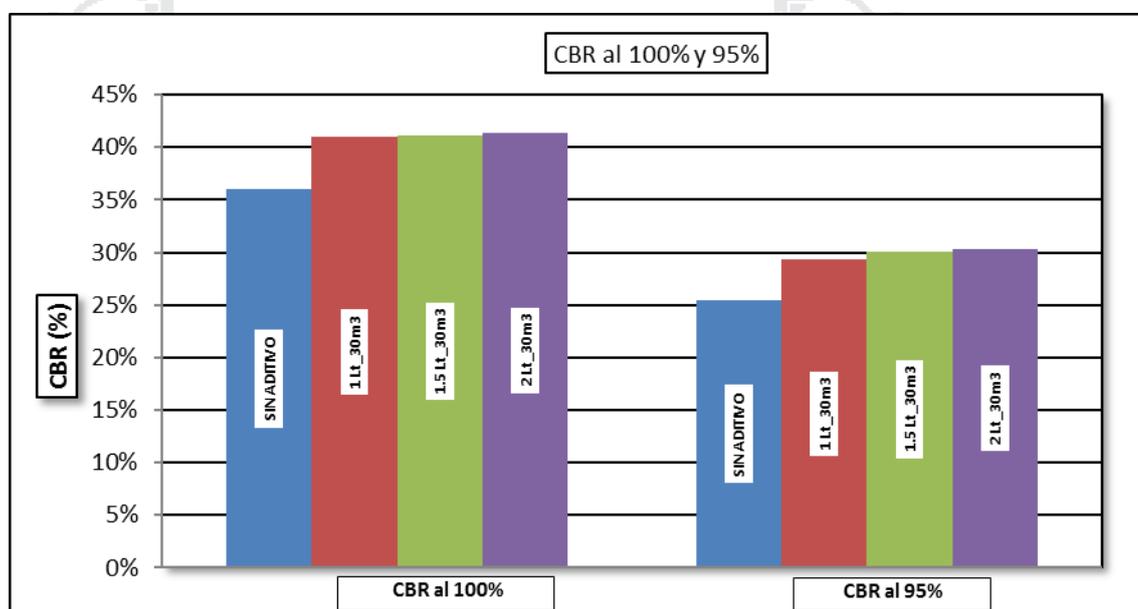


Figura 56: Histograma de resultados de CBR al 95 y 100% de la D.S.M

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.1. Expansión.

El porcentaje de expansión hallado con el dato del deformimetro lecionado en las pruebas muestra una disminucion progresivo conforme con la dosificacion del uso del aditivo Perma Zyme 30 X.

A continuacion se muestra una grafica del proceso diminutivo del porcentaje de expansion vs dosificacion PZ 30X:



Figura 57: Grafica de Expansión vs dosificación de PZ 30x.
Fuente: Elaboración propia

4.2. Resultado con cloruro de calcio

4.2.1. Cantera Punta.

Se hará el análisis en cada ensayo al igual que con el anterior aditivo.

4.2.1.1. Limite Liquido (L.L.).

El resultado que se obtuvo con la adición del aditivo del cloruro de calcio se basa en el mejoramiento de la propiedad física mostrando una clara disminución del valor del límite líquido respecto a la muestra sin aditivo, A continuación se muestra imágenes de la ejecución de este ensayo usando como agente estabilizador el Cloruro de Calcio.



Figura 58: Mezcla de CaCl_2 y agua destilada con la muestra de la cantera Punta.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.1. *Limite Plástico (L.P.).*

El límite plástico se reduce con la aplicación del aditivo Cloruro Cálcico



Figura 59: Elaboración de cilindros de 3.2 mm y registro de taras con muestra saturada.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Resumen de los resultados de límites de A. Atterberg.

Cloruro de Calcio	Sin Aditivo	1% de CaCl ₂	2% de CaCl ₂	3% de CaCl ₂
Limite Liquido	21.03%	20.34%	20.00%	19.78%
Limite Plástico	14.54%	14.45%	14.35%	14.20%
Índice de Plasticidad	6.00%	5.90%	5.66%	5.58%

Fuente: Elaboración propia.

A continuación mostraremos en un diagrama de barras los resultados de lo ocurrido con la adición del aditivo Cloruro Cálcico en las dosificaciones de: 1, 2 y 3 % de suelo seco y suelto.

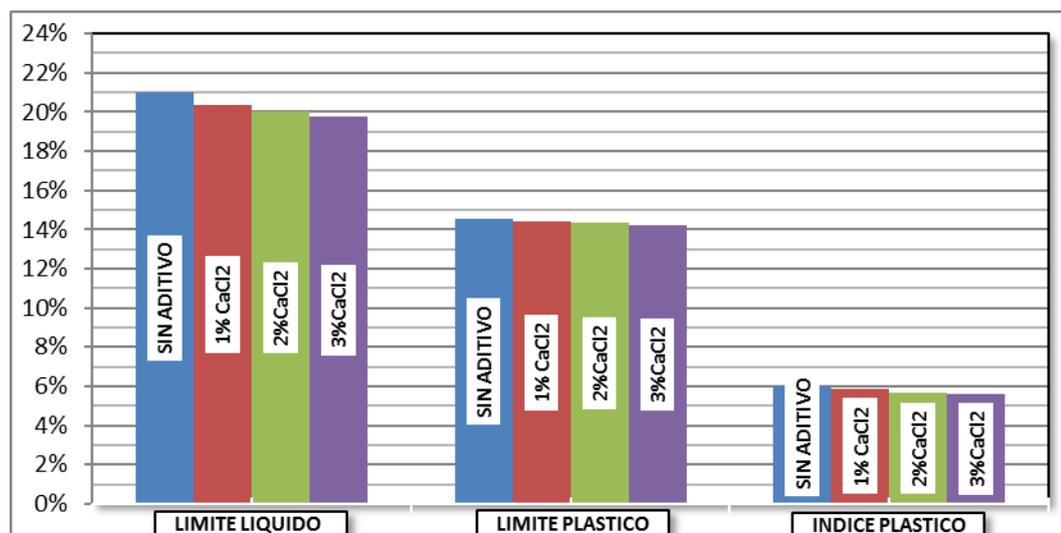


Figura 60: Histograma de resultados de los límites de A. Atterberg.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2. Próctor Modificado.

El aplicar el producto Perma Zyme, se ve el incremento de la densidad máxima seca y la reducción del contenido de humedad óptima. El ensayo del Próctor Modificado se trabajó con la misma relación del contenido de humedad en la muestra sin aditivo que son: 3%, 5%, 7% y 9% en cada dosificación de 1 %, 2% y 3 % de Cloruro Cálculo en peso del suelo suelto seco, en la siguiente tabla se muestra la evolución de la Densidad Máxima Seca.

Tabla 17: Resumen de resultados de Proctor Modificado

Cloruro Cálculo	Sin Aditivo	1% de CaCl2	2% de CaCl2	3% de CaCl2
Densidad máxima seca (gr/cc)	2.236	2.271	2.307	2.305
Contenido de humedad óptimo (%)	6.22	5.68	5.35	5.42

Fuente: Elaboración propia.

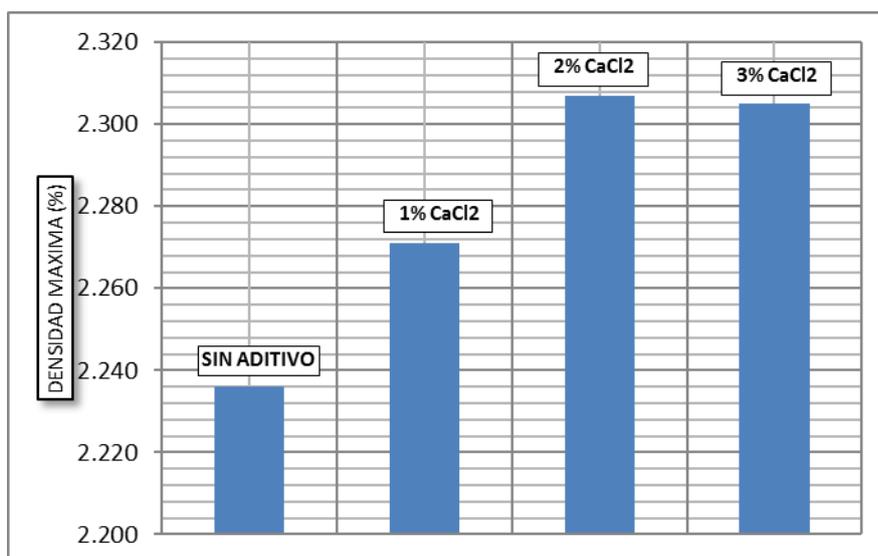


Figura 61: Histograma de los resultados de la Densidad Máxima Seca.
Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3. CBR.

Teniendo presente el modo de procedimiento de ensayo con el producto Perma Zyme, con este aditivo también se dejó secar 72 horas después del termino de compactación, enrasado y registro de peso de la muestra en prueba, para su reacción con el suelo y pasados este tiempo se tomó la lectura del deformimetro y fue sumergido en la poza de agua durante 96 horas para luego ser sometido a la prueba de carga.



Figura 62: Peso del CaCl₂ y lectura de deformimetro en el ensayo CBR.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Resumen de resultados del ensayo CBR, con el aditivo CaCl2.

Cloruro de Calcio	Sin Aditivo	1% de CaCl2	2% de CaCl2	3% de CaCl2
CBR al 100%	38.90%	43.90%	47.75%	49.28%
CBR al 95 %	26.80%	29.20%	32.10%	33.90%
Expansión (55 golpes)	1.75%	1.63%	1.54%	1.52%

Fuente: Elaboración propia.

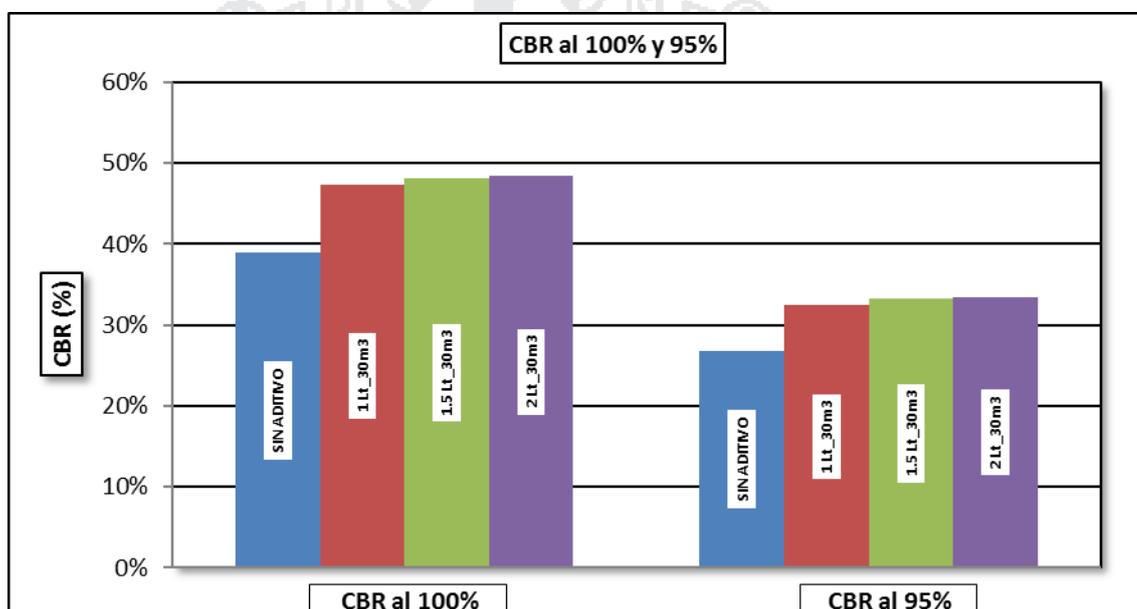


Figura 63: Histograma de resultados del CBR al 95 y 100 % de la D.M.S.

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.4. Expansión

La medida de expansión se realizó dentro del ensayo CBR, usando el deformimetro y dando lectura de la muestra en prueba cada 24 horas y dando un resultado conveniente de estabilidad volumétrica.

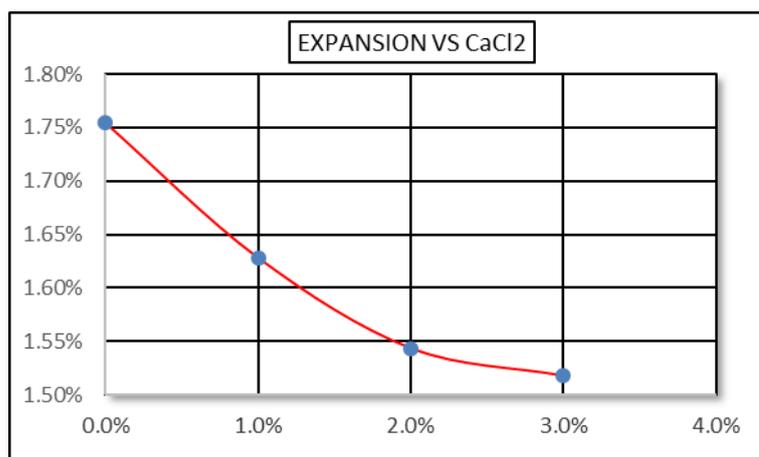


Figura 64: Grafica de expansión vs dosificación del aditivo CaCl_2 .
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Cantera Yanahoco

Se hará el análisis en cada ensayo mencionado en la metodología.

4.2.2.1. Limite Liquido (L.L.).

El valor del límite líquido disminuye respecto a la muestra normal aplicando el aditivo Cloruro de Calcio.

4.2.2.2. Limite Plástico (L.P.).

El límite plástico se reduce con la aplicación de Perma Zyme.



Figura 65: Peso del material para la prueba con CaCl_2 para el ensayo del L.L.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 66: Uso de la cuchara de Casagrande para el límite líquido.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 67: Elaboración de cilindros de 3.2 mm añadiendo CaCl₂ para el L.P.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Resumen de los resultados de límites de A. Atterberg.

Cloruro de Calcio	Sin Aditivo	1% de CaCl ₂	2% de CaCl ₂	3% de CaCl ₂
Límite Líquido	24.72%	23.43%	23.27%	21.16%
Límite Plástico	18.05%	17.11%	17.00%	16.79%
Índice de Plasticidad	6.67%	6.32%	6.27%	4.37%

Fuente: Elaboración propia.

A continuación mostraremos en un diagrama de barras, los resultados de lo ocurrido con la adición del aditivo en las dosificaciones de: 1%, 1% y 3% de Cloruro de Calcio en peso de suelo seco y suelto.

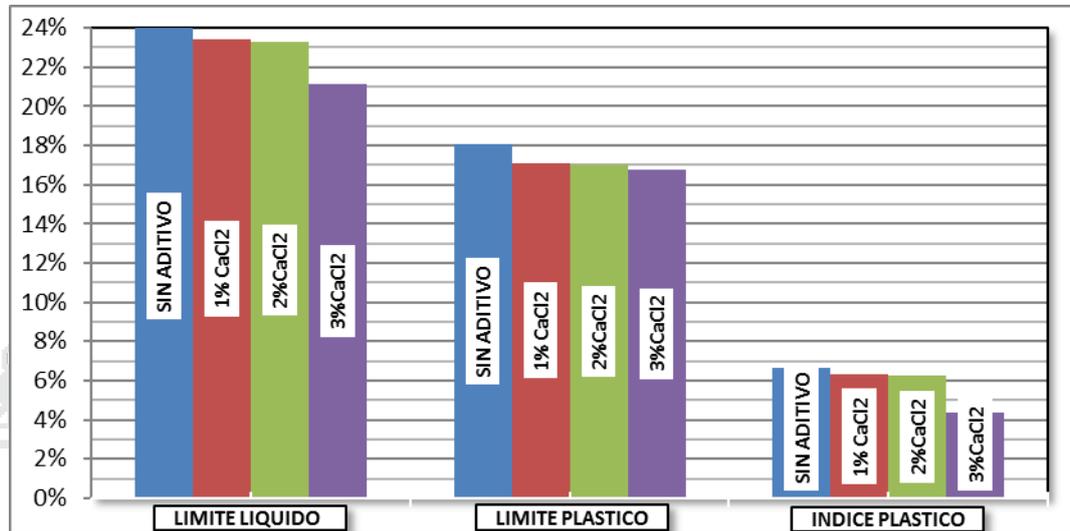


Figura 68: Histograma de resultados de los límites de A. Atterberg.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.3. Próctor Modificado

El aplicar el aditivo de Cloruro de Calcio se ve el incremento de la densidad máxima seca pero a la vez causa reducción en el contenido de humedad óptimo según la cantidad añadida de este producto al suelo.



Figura 69: Peso del CaCl₂ para añadir al humedecimiento de la muestra.

Fuente: elaboración propia.

El ensayo del Próctor Modificado se trabajó con la misma relación del contenido de humedad en la muestra sin aditivo que son: 5%, 7%, 9% y 11% en cada dosificación de 1%, 2% y 3% de Cloruro Cálxico en peso de suelo seco y suelto, en la siguiente tabla se muestra la evolución de la Densidad Máxima Seca.

Tabla 20: Resumen de resultados de Proctor Modificado

Cloruro de Calcio	Sin Aditivo	1% de CaCl ₂	2% de CaCl ₂	3% de CaCl ₂
Densidad máxima seca (gr/cc)	2.136	2.171	2.184	2.199
Contenido de humedad óptimo (%)	8.75	7.45	7.23	6.51

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra una gráfica de la evolución de la Densidad Máxima Seca según la dosificación mencionado en la metodología.

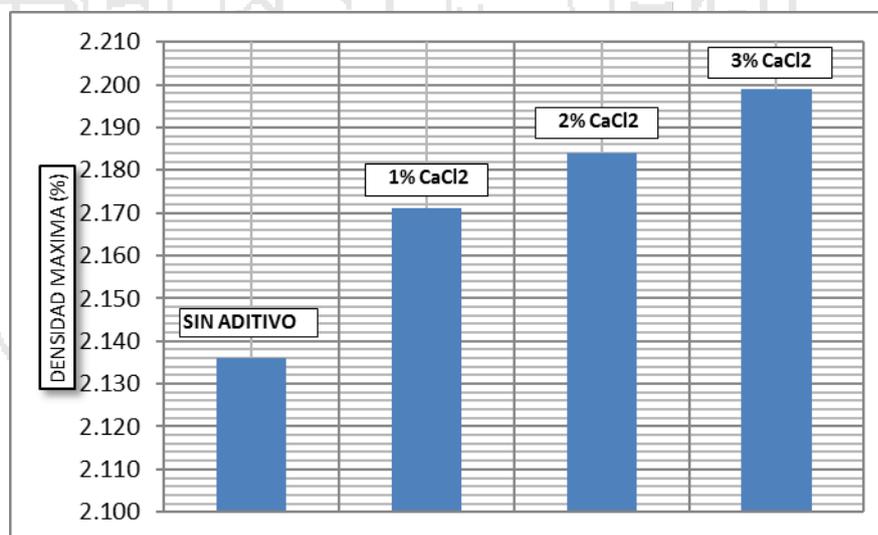


Figura 70: Histograma de resultados de la Densidad Máxima Seca.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.4. CBR.

Teniendo presente el modo de procedimiento de ensayo con el producto Perma Zyme, con este aditivo también se dejó secar 72 horas después del termino de

compactación, enrasado y registro de peso de la muestra en prueba, para su reacción con el suelo y pasados este tiempo se tomó la lectura del deformimetro y fue sumergido en la poza de agua durante 96 horas para luego ser sometido a la prueba de carga.

Tabla 21: Resumen de resultados del ensayo CBR, con el aditivo CaCl₂.

Cloruro de Calcio	Sin Aditivo	PZ 1lt en 30m3	PZ 1,5lt en 30m3	PZ 2lt en 30m3
CBR al 100%	36.06%	38.37%	41.44%	42.21%
CBR al 95 %	25.40%	29.70%	31.30%	32.10%
Expansión (55 golpes)	2.58%	2.53%	2.50%	2.48%

Fuente: Elaboración propia.

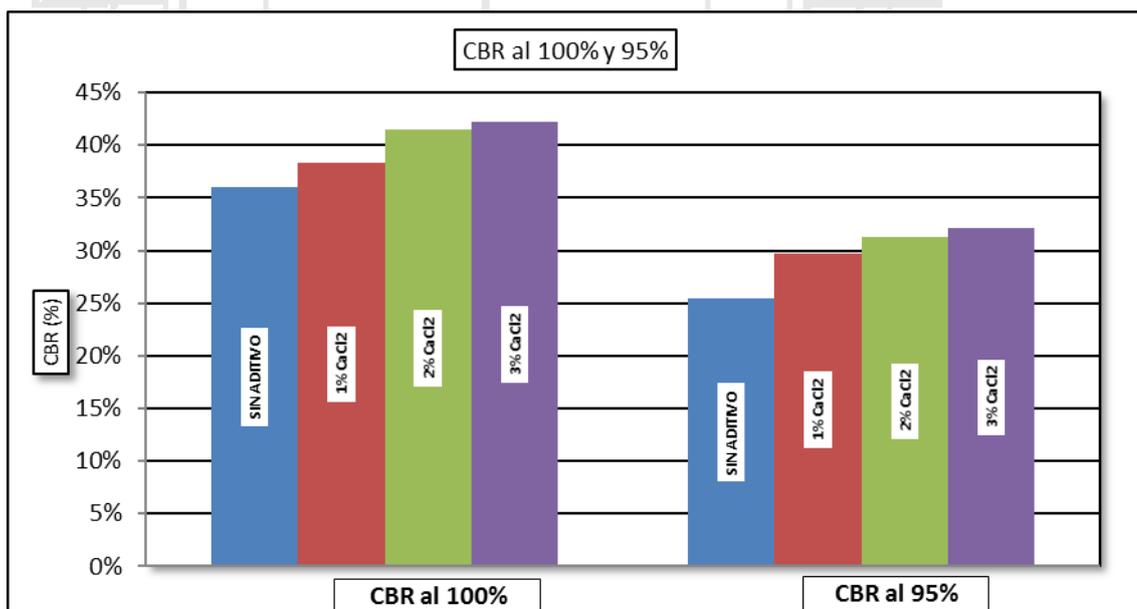


Figura 71: Histograma de resultados de CBR al 95 y 100% de la D.S.M

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Expansión.

La expansión se reduce convenientemente como se muestra a continuación:

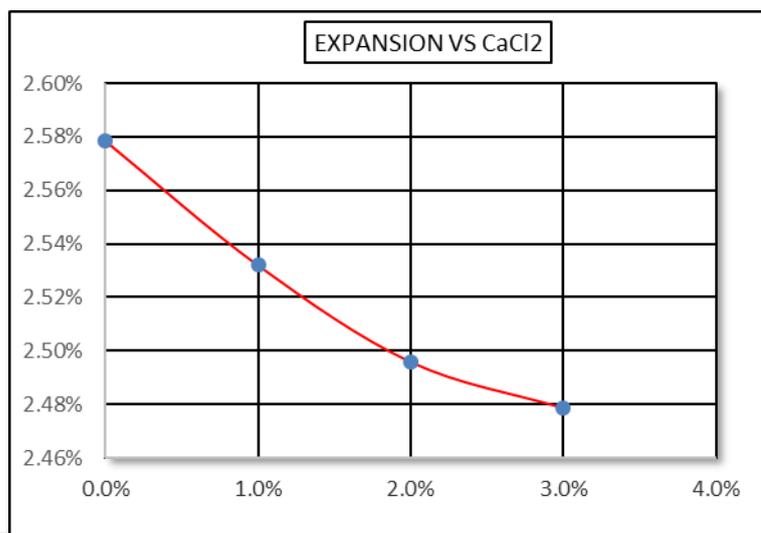


Figura 72: Grafica de expansión vs dosificación del aditivo CaCl2.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Prueba de Hipótesis de suelo estabilizado con Perma Zyme

4.3.1. Cantera Punta.

4.3.1.1. Variable: Índice de Plasticidad.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = -0.9727$$

Se ha encontrado una correlación negativa muy alta, es decir que existe una directa asociación entre variables sobre el índice de plasticidad del suelo sin agente estabilizador y el índice de plasticidad con el aditivo Perma Zyme.

Calculamos los valores experimentales: r^2, gl, t, p :

$$r^2 = 0.9462$$

$$gl = 4$$

$$t = 5.9312$$

$$p = 0.004050$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 94.62% de la variación del índice de plasticidad adicionado con el aditivo Perma Zyme.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta no mejora las propiedades físicas (**reducción del índice de plasticidad**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta mejora las propiedades físicas (**reducción del índice de plasticidad**) de suelos.

Donde:

H_0 : *Hipotesis Nula*

H_a : Hipotesis Alternativa

- b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.
- c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_a .

$$p < \alpha$$

$$0.004050 < 0.05$$

- d). Conclusión: ya que $p < \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alternativa H_a : La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta mejora las propiedades físicas (**reducción del índice de plasticidad**) de suelos.
- e) De manera cualitativa la prueba estadística H_a aceptada, se puede corroborar con la Tabla 8.

4.3.1.1. Variable: Expansión.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = -0.8835$$

Se ha encontrado una correlación negativa alta, es decir que existe una directa asociación entre variables sobre el porcentaje de expansión del suelo sin agente estabilizador y el porcentaje de expansión con el aditivo Perma Zyme.

Calculamos los valores experimentales: r^2 , gl , t , p :

$$r^2 = 0.7806$$

$$gl = 4$$

$$t = 2.6679$$

$$p = 0.055931$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 78.06% de la variación del porcentaje de expansión adicionado con el aditivo Perma Zyme.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta no mejora las propiedades físicas (**reducción del porcentaje de expansión**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta mejora las propiedades físicas (**reducción del porcentaje de expansión**) de suelos.

Donde:

H_0 : Hipotesis Nula

H_a : Hipotesis Alternativa

- b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.
- c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a .

$$p > \alpha$$

$$0.055931 > 0.05$$

- d). Conclusión: ya que $p > \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : La

adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta mejora las propiedades físicas (**reducción del porcentaje de expansión**) del suelo.

e) De manera cualitativa la prueba estadística H_α aceptada, se puede corroborar con la Tabla 10.

4.3.1.1. Variable: Densidad seca máxima.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = 0.9871$$

Se ha encontrado una correlación positiva alta, es decir que existe una asociación entre variables sobre el valor de la densidad seca máxima del suelo sin agente estabilizador y la densidad seca máxima con el aditivo Perma Zyme.

Calculamos los valores experimentales: r^2 , gl , t , p :

$$r^2 = 0.9744$$

$$gl = 4$$

$$t = 8.7313$$

$$p = 0.000948$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 97.44% de la variación del porcentaje de expansión adicionado con el aditivo Perma Zyme.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta no mejora las propiedades mecánicas (**aumento de la densidad seca máxima**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta mejora las propiedades mecánicas (**aumento de la densidad seca máxima**) de suelos.

Donde:

H_0 : *Hipotesis Nula*

H_a : *Hipotesis Alterna*

b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.

c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a .

$$p < \alpha$$

$$0.000948 < 0.05$$

d). Conclusión: ya que $p < \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_α : La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta mejora las propiedades mecánicas (**aumento de la densidad seca máxima**) del suelo.

e) De manera cualitativa la prueba estadística H_α aceptada, se puede corroborar con la Tabla 9.

4.3.1.1. Variable: CBR.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = 0.9202$$

Se ha encontrado una correlación positiva alta, es decir que existe una asociación entre variables sobre el CBR del suelo sin agente estabilizador y el CBR con el aditivo Perma Zyme.

Calculamos los valores experimentales: r^2, gl, t, p :

$$r^2 = 0.8467$$

$$gl = 4$$

$$t = 3.3236$$

$$p = 0.029279$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 84.67% de la variación del valor de CBR adicionado con el aditivo Perma Zyme.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta no mejora las propiedades mecánicas (**aumento del valor de CBR**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta mejora las propiedades mecánicas (**aumento del valor de CBR**) de suelos.

Donde:

H_0 : Hipotesis Nula

H_a : Hipotesis Alternativa

- b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.
- c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_a .

- d). Conclusión: ya que $p < \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alternativa H_a : La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta mejora las propiedades mecánicas (**aumento del valor de CBR**) del suelo.

- e) De manera cualitativa la prueba estadística H_a aceptada, se puede corroborar con la Tabla 10.

4.3.2. Cantera Yanahoco.

4.3.2.1. Variable: Índice de Plasticidad.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = -0.9688$$

Se ha encontrado una correlación negativa muy alta, es decir que existe una directa asociación entre variables sobre el índice de plasticidad del suelo sin agente estabilizador y el índice de plasticidad con el aditivo Perma Zyme.

Calculamos los valores experimentales: r^2, gl, t, p :

$$r^2 = 0.9387$$

$$gl = 4$$

$$t = 5.5320$$

$$p = 0.005218$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 93.87% de la variación del índice de plasticidad adicionado con el aditivo Perma Zyme.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco no mejora las propiedades físicas (**reducción del índice de plasticidad**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades físicas (**reducción del índice de plasticidad**) de suelos.

Donde:

H_0 : Hipotesis Nula

H_a : Hipotesis Alternativa

b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.

c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_a .

$$p < \alpha$$

$$0.005218 < 0.05$$

d). Conclusión: ya que $p < \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$.

Es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados

de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades físicas (**reducción del índice de plasticidad**) de suelos.

e) De manera cualitativa la prueba estadística H_a aceptada, se puede corroborar con la Tabla 11.

4.3.2.2. *Variable: Expansión.*

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = -0.8969$$

Se ha encontrado una correlación negativa alta, es decir que existe una directa asociación entre variables sobre el porcentaje de expansión del suelo sin agente estabilizador y el porcentaje de expansión con el aditivo Perma Zyme.

Calculamos los valores experimentales: r^2 , gl , t , p :

$$r^2 = 0.8044$$

$$gl = 4$$

$$t = 2.8675$$

$$p = 0.045585$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 80.44% de la variación del porcentaje de expansión adicionado con el aditivo Perma Zyme.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco no mejora las propiedades físicas (**reducción del porcentaje de expansión**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades físicas (**reducción del porcentaje de expansión**) de suelos.

Donde:

H_0 : *Hipotesis Nula*

H_a : *Hipotesis Alterna*

b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.

- c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a .

$$p < \alpha$$

$$0.045585 < 0.05$$

- d). Conclusión: ya que $p < \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades físicas (**reducción del porcentaje de expansión**) del suelo.
- e) De manera cualitativa la prueba estadística H_a aceptada, se puede corroborar con la Tabla 13.

4.3.2.3. Variable: Densidad seca máxima.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = 0.7451$$

Se ha encontrado una correlación positiva, es decir que existe una asociación entre variables sobre el valor de la densidad seca máxima del suelo sin agente estabilizador y la densidad seca máxima con el aditivo Perma Zyme.

Calculamos los valores experimentales: r^2, gl, t, p :

$$r^2 = 0.5552$$

$$gl = 4$$

$$t = 1.5801$$

$$p = 0.189244$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 55.52 % de la variación del porcentaje de expansión adicionado con el aditivo Perma Zyme.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco no mejora las propiedades mecánicas (**aumento de la densidad seca máxima**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco

mejora las propiedades mecánicas (**aumento de la densidad seca máxima**) de suelos.

Donde:

H_0 : Hipotesis Nula

H_a : Hipotesis Alternativa

b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.

c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a .

$$p > \alpha$$

$$0.189244 > 0.05$$

d). Conclusión: ya que $p > \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$,

es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados

de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : La

adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades mecánicas (**aumento de la densidad seca máxima**) del suelo.

e) De manera cualitativa la prueba estadista H_a aceptada, se puede corroborar con la Tabla 12.

4.3.2.4. Variable: CBR.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = 0.9057$$

Se ha encontrado una correlación positiva alta, es decir que existe una asociación entre variables sobre el CBR del suelo sin agente estabilizador y el CBR con el aditivo Perma Zyme.

Calculamos los valores experimentales: r^2, gl, t, p :

$$r^2 = 0.8203$$

$$gl = 4$$

$$t = 3.0217$$

$$p = 0.039098$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 82.03% de la variación del valor de CBR adicionado con el aditivo Perma Zyme.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco no mejora las propiedades mecánicas (**aumento del valor de CBR**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades mecánicas (**aumento del valor de CBR**) de suelos.

Donde:

H_0 : *Hipotesis Nula*

H_a : *Hipotesis Alternativa*

b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.

c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a .

$$p < \alpha$$

$$0.039098 < 0.05$$

d). Conclusión: ya que $\rho < \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$,

es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades mecánicas (**aumento del valor de CBR**) del suelo.

e) De manera cualitativa la prueba estadística H_a aceptada, se puede corroborar con la Tabla 13.

4.4. Prueba de Hipótesis de suelo estabilizado con Cloruro de Calcio

4.4.1. Cantera Punta.

4.4.1.1. Variable: Índice de Plasticidad.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = -0.9802$$

Se ha encontrado una correlación negativa muy alta, es decir que existe una directa asociación entre variables sobre el índice de plasticidad del suelo sin agente estabilizador y el índice de plasticidad con el aditivo Cloruro de Calcio.

Calculamos los valores experimentales: r^2, gl, t, p :

$$r^2 = 0.9607$$

$$gl = 4$$

$$t = 6.9938$$

$$p = 0.002199$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 96.07% de la variación del índice de plasticidad adicionado con el aditivo Cloruro de Calcio.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Punta no mejora las propiedades físicas (**reducción del índice de plasticidad**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Punta mejora las propiedades físicas (**reducción del índice de plasticidad**) de suelos.

Donde:

H_0 : Hipotesis Nula

H_a : Hipotesis Alternativa

b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.

c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_a .

d). Conclusión: ya que $p < \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alternativa H_a : La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Punta mejora las propiedades físicas (**reducción del índice de plasticidad**) de suelos.

e) De manera cualitativa la prueba estadística H_a aceptada, se puede corroborar con la Tabla 14.

4.4.1.2. Variable: Expansión.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = -0.9601$$

Se ha encontrado una correlación negativa alta, es decir que existe una directa asociación entre variables sobre el porcentaje de expansión del suelo sin agente estabilizador y el porcentaje de expansión con el aditivo Cloruro de Calcio.

Calculamos los valores experimentales: r^2, gl, t, p :

$$r^2 = 0.9218$$

$$gl = 4$$

$$t = 4.8561$$

$$p = 0.008303$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 92.18% de la variación del porcentaje de expansión adicionado con el aditivo Cloruro de Calcio.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Punta no mejora las propiedades físicas (**reducción del porcentaje de expansión**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Punta mejora las propiedades físicas (**reducción del porcentaje de expansión**) de suelos.

Donde:

H_0 : *Hipotesis Nula*

H_a : *Hipotesis Alternativa*

- b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.
- c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a .

$$p < \alpha$$

$$0.008303 < 0.05$$

d). Conclusión: ya que $\rho < \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$.

es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados

de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : La

adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Punta mejora las propiedades físicas (**reducción del porcentaje de expansión**) del suelo.

e) De manera cualitativa la prueba estadística H_a aceptada, se puede corroborar

con la Tabla 16.

4.4.1.3. *Variable: Densidad seca máxima.*

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = 0.9359$$

Se ha encontrado una correlación positiva alta, es decir que existe una asociación entre variables sobre el valor de la densidad seca máxima del suelo sin agente estabilizador y la densidad seca máxima con el aditivo Cloruro de Calcio.

Calculamos los valores experimentales: r^2, gl, t, p :

$$r^2 = 0.8759$$

$$gl = 4$$

$$t = 3.7572$$

$$p = 0.019823$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 87.59% de la variación del porcentaje de expansión adicionado con el aditivo Cloruro de Calcio.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Punta no mejora las propiedades mecánicas (**aumento de la densidad seca máxima**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Punta mejora las propiedades mecánicas (**aumento de la densidad seca máxima**) de suelos.

Donde:

H_0 : *Hipotesis Nula*

H_a : Hipotesis Alternativa

- b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.
- c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_a .

$$p > \alpha$$

$$0.019823 > 0.05$$

- d). Conclusión: ya que $p > \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alternativa H_a : La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Punta mejora las propiedades mecánicas (**aumento de la densidad seca máxima**) del suelo.
- e) De manera cualitativa la prueba estadística H_a aceptada, se puede corroborar con la Tabla 15.

4.4.1.4. Variable: CBR.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = 0.9758$$

Se ha encontrado una correlación positiva alta, es decir que existe una asociación entre variables sobre el CBR del suelo sin agente estabilizador y el CBR con el aditivo Cloruro de Calcio.

Calculamos los valores experimentales: r^2 , gl , t , p :

$$r^2 = 0.9521$$

$$gl = 4$$

$$t = 6.3061$$

$$p = 0.003233$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 95.21% de la variación del valor de CBR adicionado con el aditivo Cloruro de Calcio.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Punta no mejora las propiedades mecánicas (**aumento del valor de CBR**) de suelos.

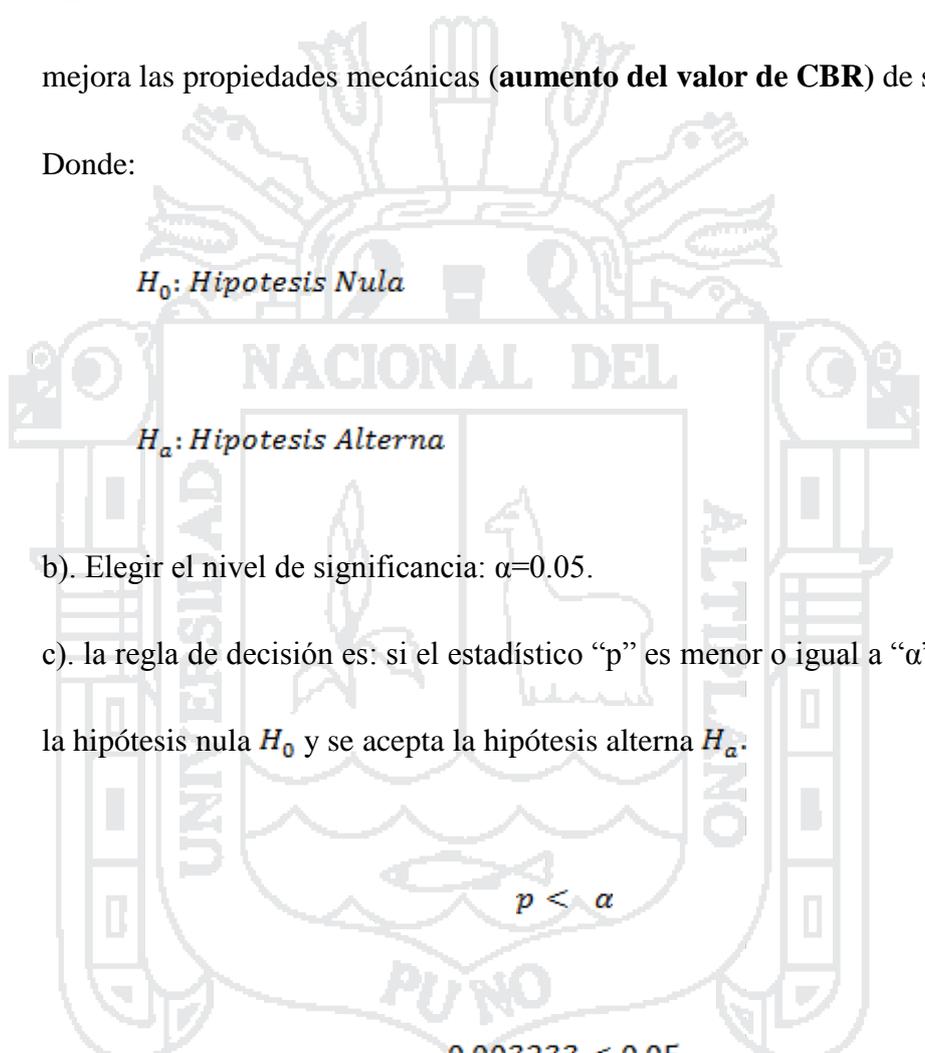
H_a = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Punta mejora las propiedades mecánicas (**aumento del valor de CBR**) de suelos.

Donde:

H_0 : Hipotesis Nula

H_a : Hipotesis Alternativa

- b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.
- c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_a .



$p < \alpha$

$0.003233 < 0.05$

- d). Conclusión: ya que $p < \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alternativa H_a : La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Punta mejora las propiedades mecánicas (**aumento del valor de CBR**) del suelo.

e) De manera cualitativa la prueba estadística H_a aceptada, se puede corroborar con la Tabla 16.

4.4.2. Canteras Yanahoco.

4.4.2.1. Variable: Índice de Plasticidad.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = -0.8625$$

Se ha encontrado una correlación negativa, es decir que existe una directa asociación entre variables sobre el índice de plasticidad del suelo sin agente estabilizador y el índice de plasticidad con el aditivo Cloruro de Calcio.

Calculamos los valores experimentales: r^2, gl, t, p :

$$r^2 = 0.7438$$

$$gl = 4$$

$$t = 2.4098$$

$$p = 0.073567$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 74.38% de la variación del índice de plasticidad adicionado con el aditivo Cloruro de Calcio.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Yanahoco no mejora las propiedades físicas (**reducción del índice de plasticidad**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades físicas (**reducción del índice de plasticidad**) de suelos.

Donde:

H_0 : *Hipotesis Nula*

H_a : *Hipotesis Alternativa*

b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.

c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a .

$$p > \alpha$$

$$0.073567 > 0.05$$

d). Conclusión: ya que $p > \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$.

Es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades físicas (**reducción del índice de plasticidad**) de suelos.

e) De manera cualitativa la prueba estadística H_a aceptada, se puede corroborar con la Tabla 17.

4.4.2.2. *Variable: Expansión.*

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = -0.9795$$

Se ha encontrado una correlación negativa alta, es decir que existe una directa asociación entre variables sobre el porcentaje de expansión del suelo sin agente estabilizador y el porcentaje de expansión con el aditivo Cloruro de Calcio

Calculamos los valores experimentales: r^2, gl, t, p :

$$r^2 = 0.9595$$

$$gl = 4$$

$$t = 6.8810$$

$$p = 0.002337$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 95.95% de la variación del porcentaje de expansión adicionado con el aditivo Cloruro de Calcio.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Yanahoco

no mejora las propiedades físicas (**reducción del porcentaje de expansión**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Yanahoco

mejora las propiedades físicas (**reducción del porcentaje de expansión**) de suelos.

Donde:

H_0 : Hipotesis Nula

H_a : Hipotesis Alternativa

b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.

c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_a .

$$p < \alpha$$

$$0.002337 < 0.05$$

d). Conclusión: ya que $p < \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$,

es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados

de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alternativa H_a : La

adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades físicas (**reducción del porcentaje de expansión**) del suelo.

e) De manera cualitativa la prueba estadística H_a aceptada, se puede corroborar con la Tabla 19.

4.4.2.3. Variable: Densidad seca máxima.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = 0.9699$$

Se ha encontrado una correlación positiva, es decir que existe una asociación entre variables sobre el valor de la densidad seca máxima del suelo sin agente estabilizador y la densidad seca máxima con el aditivo Cloruro de Calcio.

Calculamos los valores experimentales: r^2, gl, t, p :

$$r^2 = 0.9406$$

$$gl = 4$$

$$t = 5.6285$$

$$p = 0.004901$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 94.06 % de la variación del porcentaje de expansión adicionado con el aditivo Cloruro de Calcio.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Yanahoco no mejora las propiedades mecánicas (**aumento de la densidad seca máxima**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades mecánicas (**aumento de la densidad seca máxima**) de suelos.

Donde:

H_0 : *Hipotesis Nula*

H_a : *Hipotesis Alterna*

b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.

c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a .

$$p < \alpha$$

$$0.004901 < 0.05$$

d). Conclusión: ya que $p < \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_α : La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades mecánicas (**aumento de la densidad seca máxima**) del suelo.

e) De manera cualitativa la prueba estadística H_α aceptada, se puede corroborar con la Tabla 18.

4.4.2.4. Variable: CBR.

El coeficiente de correlación queda definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} = 0.9778$$

Se ha encontrado una correlación positiva alta, es decir que existe una asociación entre variables sobre el CBR del suelo sin agente estabilizador y el CBR con el aditivo Cloruro de Calcio.

Calculamos los valores experimentales: r^2, gl, t, p :

$$r^2 = 0.9562$$

$$gl = 4$$

$$t = 6.6065$$

$$p = 0.002721$$

Se puede interpretar que el modelo tiene aceptable ajuste. El 82.03% de la variación del valor de CBR adicionado con el aditivo Cloruro de Calcio.

Probar la hipótesis $\rho \neq \rho_0$

a). Hipótesis Estadística:

$$H_0: \rho = \rho_0$$

$$H_a: \rho \neq \rho_0$$

H_0 = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Yanahoco no mejora las propiedades mecánicas (**aumento del valor de CBR**) de suelos.

H_a = La adición de aditivo Cloruro de Calcio al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades mecánicas (**aumento del valor de CBR**) de suelos.

Donde:

H_0 : Hipotesis Nula

H_a : Hipotesis Alternativa

- b). Elegir el nivel de significancia: $\alpha=0.05$.
- c). la regla de decisión es: si el estadístico “p” es menor o igual a “ α ”, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_a .

- d). Conclusión: ya que $p < \alpha$, existe suficiente evidencia para afirmar que $\rho \neq \rho_0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora a los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alternativa H_a : La adición de aditivo Perma Zyme al material de la cantera Yanahoco mejora las propiedades mecánicas (**aumento del valor de CBR**) del suelo.
- e) De manera cualitativa la prueba estadística H_a aceptada, se puede corroborar con la Tabla 19.

4.5. Costos de estabilización

En el presente subtítulo se analizará los costos para la estabilización con Perma Zyme y Cloruro Cálcico en la base, ésta a la vez carpeta de rodadura en una carretera no pavimentada de 3 kilómetros de longitud considerado como un tramo de prueba considerando un espesor de 0.20 centímetros y ancho promedio de 8 metros.

4.5.1. Estabilización con Perma Zyme.

A continuación mostraremos el costo de estabilización con este producto en una longitud de 3 km, con ancho promedio de 8 m y espesor de 0.20 m estimado para dos años, usando las canteras propuestas.

Entonces el volumen de suelo compactado es:

$$V_{\text{suelo compactado}} = 3000m * 0.20cm * 8m = 4800m^3$$

4.5.1.1. Dosificación de 1 lt de Perma Zyme.

1 lt de PZ 30x 30 m³ de suelo compactado

x lt de PZ 30x 4800 m³ de suelo compactado

$$x = \frac{4800 m^3 * 1 \text{ lt de PZ 30x}}{30 m^3} = 160 \text{ lt de PZ 30x}$$

Entonces el costo de estabilización con 1 lt de Perma Zyme es:

1 lt de PZ 30x 188.00 dolares

160 lt de PZ 30x x dolares

$$x = \frac{188.00 \text{ dolares} * 160 \text{ lt de PZ } 30x}{1 \text{ lt de PZ } 30x} = 30080.00 \text{ dolares}$$

4.5.1.2. Dosificación de 1.5 lt de Perma Zyme.

1.5 lt de PZ 30x 30 m³ de suelo compactado

x lt de PZ 30x 4800 m³ de suelo compactado

$$x = \frac{4800 \text{ m}^3 * 1.5 \text{ lt de PZ } 30x}{30 \text{ m}^3} = 240 \text{ lt de PZ } 30x$$

Entonces el costo de estabilización con 1.5 lt de Perma Zyme es:

1 lt de PZ 30x 188.00 dolares

240 lt de PZ 30x x dolares

$$x = \frac{188.00 \text{ dolares} * 240 \text{ lt de PZ } 30x}{1 \text{ lt de PZ } 30x} = 45120.00 \text{ dolares}$$

4.5.1.3. Dosificación de 2 lt de Perma Zyme.

2 lt de PZ 30x 30 m³ de suelo compactado

x lt de PZ 30x 4800 m³ de suelo compactado

$$x = \frac{4800 \text{ m}^3 * 2 \text{ lt de PZ } 30 \text{ x}}{30 \text{ m}^3} = 320 \text{ lt de PZ } 30x$$

Entonces el costo de estabilización con 2lt de Perma Zyme es:

1 lt de PZ 30x 188.00 dolares

320 lt de PZ 30x x dolares

$$x = \frac{188.00 \text{ dolares} * 320 \text{ lt de PZ } 30 \text{ x}}{1 \text{ lt de PZ } 30x} = 60160.00 \text{ dolares}$$

4.5.2. Estabilización con Cloruro Cálxico.

Con el uso de este aditivo necesitamos el peso de suelo suelto seco para así mostrar el costo de estabilización con este producto en una longitud de 3 km, con ancho promedio de 8 m y espesor de 0.20 m estimado para dos años, usando la canteras propuestas.

$$V_{\text{suelo compact}} = 3000m * 0.20m * 8m = 4800m^3$$

4.5.2.1. Cantera Punta.

4.5.2.1.1. Dosificación con 1% de CaCl₂.

- Densidad máxima seca = 2.236 gr/cc
- Contenido de humedad optimo = 6.22%

1 m³ de suelo compactado 2236 kg de suelo suelto

4800 m³ de suelo compactado x kg de suelo suelto

$$x = \frac{4800 \text{ m}^3 * 2236 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = 10732800 \text{ kg de suelo suelto}$$

El peso del suelo seco suelto será menos el contenido de agua.

$$x + 6.22\%(x) = 10732800 \text{ kg; donde } x \text{ es el peso del suelo suelto seco}$$

$$x = 10104311.81 \text{ kg de suelo suelto seco;}$$

Entonces el peso de Cloruro de Calcio con 1% de suelo suelto es:

$$P_{CaCl_2} = 1\% * (10104311.81 \text{ kg de suelo suelto seco})$$

$$P_{CaCl_2} = 101043.12 \text{ kg de } CaCl_2$$

Por lo tanto el costo con 1% de Cloruro de Calcio es

$$1 \text{ kg de } CaCl_2 \dots \dots \dots 4.50 \text{ Soles}$$

$$101043.12 \text{ kg de } CaCl_2 \dots \dots \dots x \text{ Soles}$$

$$x = \frac{4.50 \text{ Soles} * 101043.12 \text{ kg de } CaCl_2}{1 \text{ kg de } CaCl_2} = 454694.00 \text{ Soles}$$

4.5.2.1.2. *Dosificación con 2% de CaCl₂.*

Entonces el peso de Cloruro de Calcio con 2% de suelo suelto es:

$$P_{CaCl_2} = 2\% * (10104311.81 \text{ kg de suelo suelto seco})$$

$$P_{CaCl_2} = 202086.24 \text{ kg de CaCl}_2$$

Por lo tanto el costo con 2% de Cloruro de Calcio es

$$1 \text{ kg de CaCl}_2 \dots \dots \dots 4.50 \text{ Soles}$$

$$202086.24 \text{ kg de CaCl}_2 \dots \dots \dots x \text{ Soles}$$

$$x = \frac{4.50 \text{ Soles} * 202086.24 \text{ kg de CaCl}_2}{1 \text{ kg de CaCl}_2} = 909388.10 \text{ Soles}$$

4.5.2.1.3. *Dosificación con 3% de CaCl₂.*

Entonces el peso de Cloruro de Calcio con 3% de suelo suelto es:

$$P_{CaCl_2} = 3\% * (10104311.81 \text{ kg de suelo suelto seco})$$

$$P_{CaCl_2} = 303129.35 \text{ kg de CaCl}_2$$

Por lo tanto el costo con 3% de Cloruro de Calcio es

$$1 \text{ kg de CaCl}_2 \dots \dots \dots 4.50 \text{ Soles}$$

303129.35 kg de CaCl_2 x Soles

$$x = \frac{4.50 \text{ Soles} * 303129.35 \text{ kg de } \text{CaCl}_2}{1 \text{ kg de } \text{CaCl}_2} = 1364082.10 \text{ Soles}$$

4.5.2.2. **Cantera Yanahoco.**

4.5.2.2.1. *Dosificación con 1% de CaCl_2 .*

- Densidad máxima seca = 2.136 gr/cc
- Contenido de humedad optimo = 8.75%

1 m^3 de suelo compactado 2136 kg de suelo suelto

4800 m^3 de suelo compactado x kg de suelo suelto

$$x = \frac{4800 \text{ m}^3 * 2136 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = 10252800 \text{ kg de suelo suelto}$$

El peso del suelo suelto seco será menos el peso del contenido de agua.

$$x + 8.75\%(x) = 10252800 \text{ kg; donde } x \text{ es el peso del suelo suelto seco}$$

$$x = 9427862.07 \text{ kg de suelo suelto seco;}$$

Entonces el peso de Cloruro de Calcio con 1% de suelo suelto es:

$$P_{\text{CaCl}_2} = 1\% * (9427862.07 \text{ kg de suelo suelto seco})$$

$$P_{CaCl_2} = 94278.62 \text{ kg de } CaCl_2$$

Por lo tanto el costo con 1% de Cloruro de Calcio es

$$1 \text{ kg de } CaCl_2 \dots \dots \dots 4.50 \text{ Soles}$$

$$94278.62 \text{ kg de } CaCl_2 \dots \dots \dots x \text{ Soles}$$

$$x = \frac{4.50 \text{ Soles} * 94278.62 \text{ kg de } CaCl_2}{1 \text{ kg de } CaCl_2} = 424253.80 \text{ Soles}$$

4.5.2.2.2. *Dosificación con 2% de CaCl₂.*

Entonces el peso de Cloruro de Calcio con 2% de suelo suelto es:

$$P_{CaCl_2} = 2\% * (9427862.07 \text{ kg de suelo suelto seco})$$

$$P_{CaCl_2} = 188557.24 \text{ kg de } CaCl_2$$

Por lo tanto el costo con 2% de Cloruro de Calcio es

$$1 \text{ kg de } CaCl_2 \dots \dots \dots 4.50 \text{ Soles}$$

$$188557.24 \text{ kg de } CaCl_2 \dots \dots \dots x \text{ Soles}$$

$$x = \frac{4.50 \text{ Soles} * 188557.24 \text{ kg de } CaCl_2}{1 \text{ kg de } CaCl_2} = 848507.60 \text{ Soles}$$

4.5.2.2.3. Dosificación con 3% de CaCl₂.

Entonces el peso de Cloruro de Calcio con 3% de suelo suelto es:

$$P_{CaCl_2} = 3\% * (9427862.07 \text{ kg de suelo suelto seco})$$

$$P_{CaCl_2} = 282835.86 \text{ kg de CaCl}_2$$

Por lo tanto el costo con 3% de Cloruro de Calcio es

$$\begin{array}{l}
 1 \text{ kg de CaCl}_2 \dots\dots\dots 4.50 \text{ Soles} \\
 \\
 282835.86 \text{ kg de CaCl}_2 \dots\dots\dots x \text{ Soles} \\
 \\
 x = \frac{4.50 \text{ Soles} * 282835.86 \text{ kg de CaCl}_2}{1 \text{ kg de CaCl}_2} = 1272761.40 \text{ Soles}
 \end{array}$$

4.6. Evaluación técnica

Teniendo los materiales de las canteras mencionadas y añadiendo los aditivos para su mejora, se hizo una evaluación técnica de las propiedades físico-mecánicas resultantes al estabilizar el suelo que conforma la base de la carretera no pavimentada mostrando la alternativa preferible, a continuación se muestra en la *tabla 20*, los resultados y la comparación entre ambos aditivos y a la vez con los requisitos que debe cumplir el suelo en esta clase de carretera según el EG-2013 del MTC, donde menciona que el limite liquido es 35% como máximo, el índice de plasticidad es de 4 – 9% y CBR 40% como mínimo, referido al 100% de la densidad máxima seca y una penetración de carga de 0.1”:

4.6.1. Límites de Atterberg.

En la siguiente tabla mostraremos el comportamiento del límite líquido, límite plástico y por consiguiente el índice de plasticidad.

4.6.1.1. Canteras Punta.

Tabla 22: Resumen de valores de los Límites de Atterberg de la cantera Punta.

Propiedad Física	Sin Aditivo	Perma Zyme			Cloruro de Calcio		
		1 lt	1.5 lt	2 lt	1 %	2 %	3 %
L. L.	21.03%	20.26%	20.07%	19.95%	20.34%	20.00%	19.78%
L. P.	14.54%	14.42%	14.25%	14.18%	14.54%	14.35%	14.20%
I. P.	6.00%	5.48%	5.83%	5.77%	5.90%	5.66%	5.58%
Requisitos según EG-2103	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple

Fuente: Elaboración propia.

El índice de plasticidad del suelo estabilizado con respecto a la muestra sin aditivo obtenido aplicando el producto Perma Zyme en el material de la cantera Punta reduce en 2.69%, 2.85% y 3.83% respectivamente a la dosificación ascendente y el uso del aditivo de cloruro de calcio, también causa disminución el uso del cloruro de calcio en el índice de plasticidad en 1.75%, 5.70% y 7% en la misma proporción y orden que en la cantera anterior, mostrando así que a más dosificación más es la reducción del índice de plasticidad, el cálculo realizado es respecto al índice de plasticidad inicial patrón sin aditivo.

4.6.1.2. Canteras Yanahoco.

Tabla 23: Resumen de valores de los Límites de Atterberg de la cantera Yanahoco.

Propiedad Física	Sin Aditivo	Perma Zyme			Cloruro de Calcio		
		1 lt	1.5 lt	2 lt	1 %	2 %	3 %
L. L.	24.72%	23.64%	22.55%	22.30%	23.43%	23.27%	21.16%
L. P.	18.05%	17.51%	16.47%	16.37%	17.11%	17.00%	16.79%
I. P.	6.67%	6.13%	6.07%	5.93%	6.32%	6.27%	4.37%
Requisitos según EG-2103	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple

Fuente: Elaboración propia.

La disminución del índice de plasticidad respecto a la muestra sin aditivo obtenido aplicando el producto Perma Zyme en el material de la cantera Yanahoco reduce en 8.13%, 8.99% y 11.14% respectivamente a la dosificación ascendente y el uso del aditivo de cloruro de calcio, también causa disminución del índice de plasticidad en 5.37%, 6.03% y 34.60% en la misma proporción y orden que en la cantera anterior, mostrando así que a más dosificación más es la reducción del índice de plasticidad, el cálculo realizado es respecto al índice de plasticidad inicial patrón sin aditivo.

4.6.1. Próctor Modificado.

4.6.1.1. Canteras Punta.

Tabla 24: Resumen de valores del ensayo próctor modificado de la cantera Punta.

Propiedad Mecánica	Sin Aditivo	Perma Zyme	Cloruro de Calcio
--------------------	-------------	------------	-------------------

		1 lt	1.5 lt	2 lt	1 %	2 %	3 %
D. M. S. (g/cc)	2.236	2.241	2.243	2.244	2.271	2.307	2.305
C. H. O. (%)	6.22	6.2	6.17	6.16	5.68	5.35	5.42

Fuente: Elaboración propia.

El aumento de la Densidad Seca Máxima respecto a la muestra sin aditivo obtenido aplicando el producto Perma Zyme en el material de la cantera Punta adiciona en 0.22%, 0.31%, 0.36% y la reducción del contenido de humedad optimo disminuye en 0.32%, 0.81% y 0.97% respectivamente a la dosificación ascendente y con la aplicación del cloruro de calcio aumenta la Densidad Seca Máxima en 1.57%, 3.18%, 3.09%, y la reducción del contenido optimo disminuye en 9.51%, 19.26% y 14.76% en la misma proporción y orden que en la cantera anterior, mostrando así que a más dosificación del producto Perma Zyme, más es el aumento de la Densidad Seca Máxima y reducción del contenido de humedad optimo, pero esto no ocurre con la aplicación del cloruro de calcio, puesto que en la última dosificación aumenta y reduce las elementos de este ensayo menor que la segunda dosificación, el cálculo se realizó respecto a los datos obtenidos del suelo sin aditivo inicial patrón.

4.6.1.2. Cantera Yanahoco.

Tabla 25: Resumen de valores del ensayo próctor modificado de la cantera Yanahoco.

Propiedad Mecánica	Sin Aditivo	Perma Zyme			Cloruro de Calcio		
		1 lt	1.5 lt	2 lt	1 %	2 %	3 %
D. M. S. (g/cc)	2.136	2.137	2.138	2.155	2.171	2.184	2.199
C. H. O. (%)	8.75	8.65	7.62	7.12	7.45	7.23	6.51

Fuente: Elaboración propia.

El aumento de la Densidad Seca Máxima respecto a la muestra sin aditivo obtenido aplicando el producto Perma Zyme en el material de la cantera Yanahoco adiciona en 0.05%, 0.09%, 0.89% y la reducción del contenido de humedad óptimo disminuye en 1.16%, 14.83% y 22.89% respectivamente a la dosificación ascendente y con la aplicación del cloruro de calcio aumenta la Densidad Seca Máxima en 1.64%, 2.25%, 2.95%, y la reducción del contenido óptimo disminuye en 17.45%, 21.02% y 34.41% en la misma proporción y orden que en la cantera anterior, mostrando así que a más dosificación de estos aditivos, más es el aumento de la Densidad Seca Máxima y reducción del contenido de humedad óptimo, el cálculo se realizó respecto a los datos obtenidos del suelo sin aditivo inicial patrón.

4.6.2. CBR.

4.6.2.1. Cantera Punta.

Tabla 26: Resumen de valores obtenidos del ensayo CBR de la cantera Punta.

Propiedad Mecánica	Sin Aditivo	Perma Zyme			Cloruro de Calcio		
		1 lt	1.5 lt	2 lt	1 %	2 %	3 %
CBR al 100%	38.90%	47.36%	48.13%	48.44%	43.90%	47.75%	49.28%
CBR al 95%	26.80%	32.40%	33.20%	33.40%	29.20%	32.10%	33.90%
Requisitos según EG-2103	No cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple

Fuente: Elaboración propia.

El aumento del valor de soporte relativo (CBR) al 100% de la Densidad Seca Máxima respecto a la muestra sin aditivo obtenido aplicando el producto Perma Zyme en el material de la cantera Punta adiciona en 21.74%, 23.72%, 44.51 y con la aplicación del cloruro de calcio en 12.85%, 22.73%, 26.68%, mostrando así que a más

dosificación de estos aditivos mayor es el resultado del valor del CBR, el cálculo se realizó respecto a los datos obtenidos del suelo sin aditivo inicial patrón.

4.6.2.2. Cantera Yanahoco.

Tabla 27: Resumen de valores obtenidos del ensayo CBR de la cantera Yanahoco.

Propiedad Mecánica	Sin Aditivo	Perma Zyme			Cloruro de Calcio		
		1 lt	1.5 lt	2 lt	1 %	2 %	3 %
CBR al 100%	36.06%	40.98%	41.13%	41.36%	38.37%	41.44%	42.21%
CBR al 95%	25.40%	29.30%	30.10%	30.30%	29.70%	31.30%	32.10%
Requisitos según EG-2103	No cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	No cumple	Si cumple	Si cumple

Fuente: Elaboración propia.

El aumento del valor de soporte relativo (CBR) al 100% de la Densidad Seca Máxima respecto a la muestra sin aditivo obtenido aplicando el producto Perma Zyme en el material de la cantera Yanahoco adiciona en 13.65%, 14.07%, 14.71 y con la aplicación del cloruro de calcio en 6.40%, 14.93%, 17.06%, mostrando así que a más dosificación de estos aditivos mayor es el resultado del valor del CBR, el cálculo se realizó respecto a los datos obtenidos del suelo sin aditivo inicial patrón.

4.6.3. Expansión.

4.6.3.1. Cantera Punta.

Tabla 28: Resumen de la expansión en relación a la cantidad de golpes del CBR.

Expansión	Sin Aditivo	Perma Zyme			Cloruro de Calcio		
		1 lt	1.5 lt	2 lt	1 %	2 %	3 %

55 golpes	1.75%	1.72%	1.21%	1.12%	1.63%	1.54%	1.52%
26 golpes	2.23%	2.17%	1.38%	1.37%	1.66%	1.62%	1.61%
12 golpes	3.21%	3.15%	1.52%	1.42%	1.72%	1.70%	1.68%

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de expansión en 55 golpes del ensayo CBR respecto a la muestra sin aditivo obtenido aplicando el producto Perma Zyme en el material de la cantera Punta reduce en 2.05%, 31.31%, 36.33% y con la aplicación del cloruro de calcio en 7.20%, 12.02%, 13.50%, mostrando así que a más dosificación de estos aditivos menor es el porcentaje de expansión, el cálculo se realizó respecto a los datos obtenidos del suelo sin aditivo inicial patrón.

4.6.3.2. Cantera Yanahoco.

Tabla 29: Resumen de la expansión en relación a la cantidad de golpes del CBR.

Expansión	Sin Aditivo	Perma Zyme			Cloruro de Calcio		
		1 lt	1.5 lt	2 lt	1 %	2 %	3 %
55 golpes	2.58%	1.99%	1.97%	1.96%	2.53%	2.50%	2.48%
26 golpes	3.34%	2.62%	2.60%	2.56%	3.25%	3.23%	3.21%
12 golpes	4.31%	3.09%	3.06%	3.04%	4.25%	4.22%	4.20%

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de expansión en 55 golpes del ensayo CBR respecto a la muestra sin aditivo obtenido aplicando el producto Perma Zyme en el material de la cantera Punta reduce en 22.83%, 23.56%, 23.89% y con la aplicación del cloruro de calcio en

1.80%, 3.20%, 3.87%, mostrando así que a más dosificación de estos aditivos menor es el porcentaje de expansión, el cálculo se realizó respecto a los datos obtenidos del suelo sin aditivo inicial patrón.

4.7. Evaluación económica

La evaluación económica se basara solo al costo de los aditivos aplicados al tramo de prueba en la base y/o superficie de rodadura de la carretera no pavimentada, el cual fue calculado anteriormente teniendo así un resultado de 4800 m³ de suelo compactado.

El valor de compra de 1 dólar es: 3.498 soles

Tabla 30: Resumen de resultados de comparación de costos de estabilización.

Aditivos	Canteras	Dosificación	Precio en S/. Nuevos Soles
Perma Zyme	Punta y Yanahoco	1 Lt.	105,219.80
		1.5 Lt.	157,829.80
		2 Lt.	210,439.70
Cloruro Cálcico	Punta	1 %	454,694.00
		2 %	909,388.10
		3 %	1'364,082.10
	Yanahoco	1 %	454,253.80
		2 %	848,507.60
		3 %	1'272,761.40

Fuente: Elaboración propia.

El costo de la aplicación del producto Perma Zyme en la estabilización del suelo es mucho menor, respecto al uso del aditivo cloruro de calcio.

CAPITULO V

5. Conclusiones

5.1. Conclusiones técnicas

Con el uso del aditivo Perma Zyme, se obtuvo la mejora en su propiedad física (reducción del Índice de Plasticidad), en 2.69%, 2.85%, 3.83% y 8.13%, 8.99%, 11.14% en el material de cantera Punta y Yanahoco respectivamente con las dosificaciones dadas para este aditivo. Con la aplicación del Cloruro de Calcio el índice de plasticidad se redujo en 1.75%, 5.70%, 7.00% y 5.37%, 6.03%, 34.60% en el material de cantera Punta y Yanahoco respectivamente con las proporciones dadas para este agente estabilizador, la reducción se calculó respecto al índice de plasticidad inicial patrón.

Con el uso del aditivo Perma Zyme, se obtuvo la mejora en su propiedad física (reducción en el porcentaje de expansión), en 2.05%, 31.31%, 36.33% y 22.83%, 23.56%, 23.89% en el material de cantera Punta y Yanahoco respectivamente con las dosificaciones dadas para este aditivo. Con la aplicación del Cloruro de Calcio el porcentaje de expansión se redujo en 7.20%, 12.02%, 13.50% y 1.80%, 3.20%, 3.87% en el material de cantera Punta y Yanahoco respectivamente con las proporciones dadas para este agente estabilizador, la reducción se calculó respecto al porcentaje de expansión inicial patrón.

Con el uso del aditivo Perma Zyme, se obtuvo la mejora en su propiedad mecánica (aumento de su densidad seca máxima), en 0.22%, 0.31%, 0.36% y 0.05%, 0.09%, 0.89% en el material de cantera Punta y Yanahoco respectivamente con las dosificaciones dadas para este aditivo. Con la aplicación del Cloruro de Calcio la

densidad seca máxima aumenta en 1.57%, 3.18%, 3.09% y 1.64%, 2.25%, 2.95% en el material de cantera Punta y Yanahoco respectivamente con las proporciones dadas para este agente estabilizador, el incremento se calculó respecto a la densidad seca máxima inicial patrón.

Con el uso del aditivo Perma Zyme, se obtuvo la mejora en su propiedad mecánica (aumento del valor de soporte relativo CBR), en 21.74%, 23.72%, 24.51% y 13.65%, 14.07%, 14.71% en el material de cantera Punta y Yanahoco respectivamente con las dosificaciones dadas para este aditivo. Con la aplicación del Cloruro de Calcio el CBR aumenta en 12.85%, 22.73%, 26.68% y 6.40%, 14.93%, 17.06% en el material de cantera Punta y Yanahoco respectivamente con las proporciones dadas para este agente estabilizador, el incremento se calculó respecto al valor del soporte relativo (CBR) inicial patrón.

5.2. Conclusiones económicas

El mejoramiento de un suelo amerita adición de costos de aplicación, por lo que el producto Cloruro de Calcio excede en 77%, 83%, 85% y 77%, 81%, 83% en la estabilización del material de las canteras Punta y Yanahoco respectivamente, respecto al uso del Perma Zyme.

CAPITULO VI

6. Recomendaciones

Se recomienda el uso del aditivo Perma Zyme en material de ambas canteras por obtener resultados mejores en las propiedades físico-mecánicas del suelo estabilizado que aplicando el agente estabilizador Cloruro de Calcio.

En el aspecto económico se recomienda el uso del aditivo Perma Zyme en material de ambas canteras por obtener el reducido costo de aplicación al aplicar el agente estabilizador Cloruro de Calcio.

Se recomienda realizar pruebas usando Perma Zyme y Cloruro Cálcico como agentes estabilizadores en materiales de diferentes canteras de nuestro departamento para tener resultados más confiables, también analizar su impacto ambiental con la aplicación de estos.

Se recomienda a los estudiantes de pre grado de esta Escuela Profesional de Ingeniería Civil realizar la investigación acerca de otros estabilizadores químicos para poder ampliar las alternativas de solución básica en el mejoramiento de suelos.

Se recomienda usar otros estabilizadores químicos, en caso de que el costo de adición sea demasiado elevado con los aditivos de la investigación.

CAPITULO VII

7. Referencias

Núñez, D. (2011). *Elección y dosificación del conglomerante en estabilización de suelos* (Tesis de Grado). Instituto Tecnológico de Sonora, Sonora.

Ravines, M. A. (2010). *Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelo para carreteras* (Tesis de Grado), Universidad de Piura, Perú.

Choque, H. M. (2012). *Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas* (Tesis de Grado), Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

Espinoza, M. (2011). *Factibilidad técnica y económica de Perma Zyme para la estabilización de un suelo arcilloso ed la ciudad de talca* (Tesis de Grado), Universidad de Talca, Chile.

Gutiérrez, C. A. (2010). *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas Comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio* (Tesis de Grado). Universidad Ricardo Palma, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Suelos, Geología y Pavimentos*. En *Diseño Geométrico* (pp. 12 - 14) Perú.

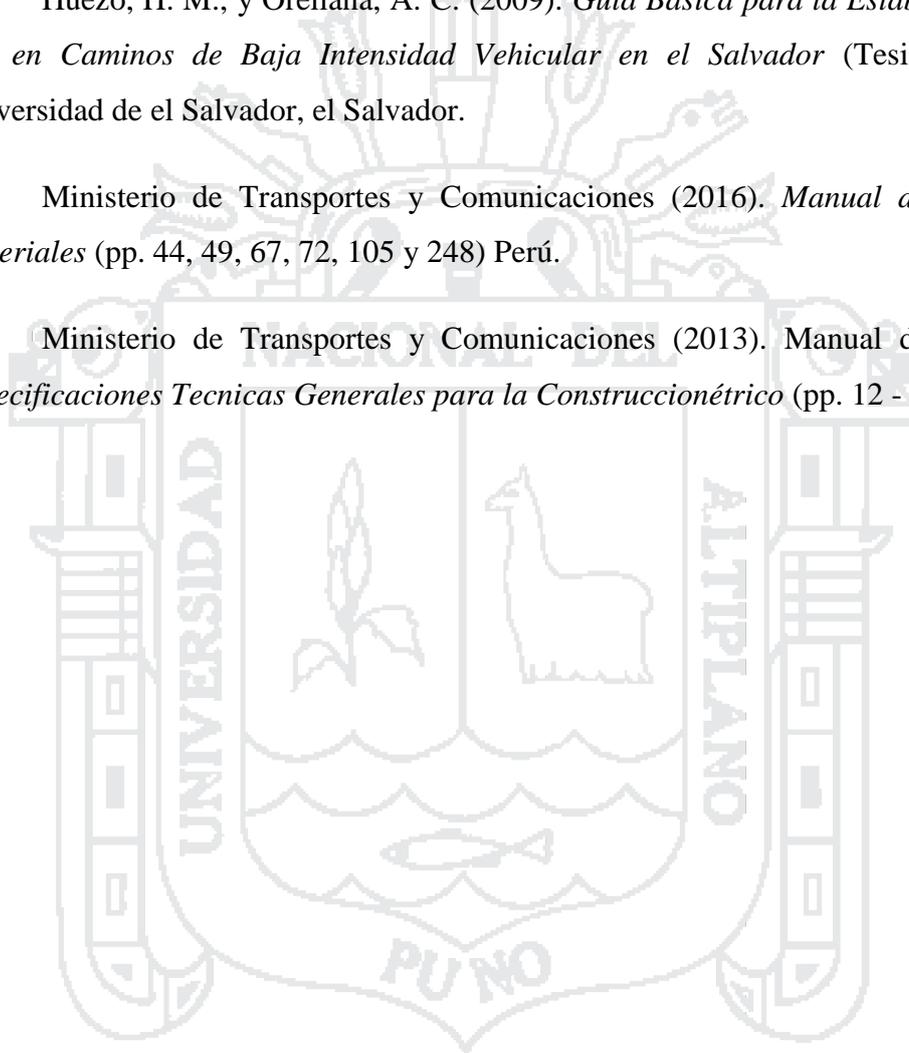
Rico, A., y DEL CASTILLO, H. (1974). *La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres*. México: Limusa S.A.

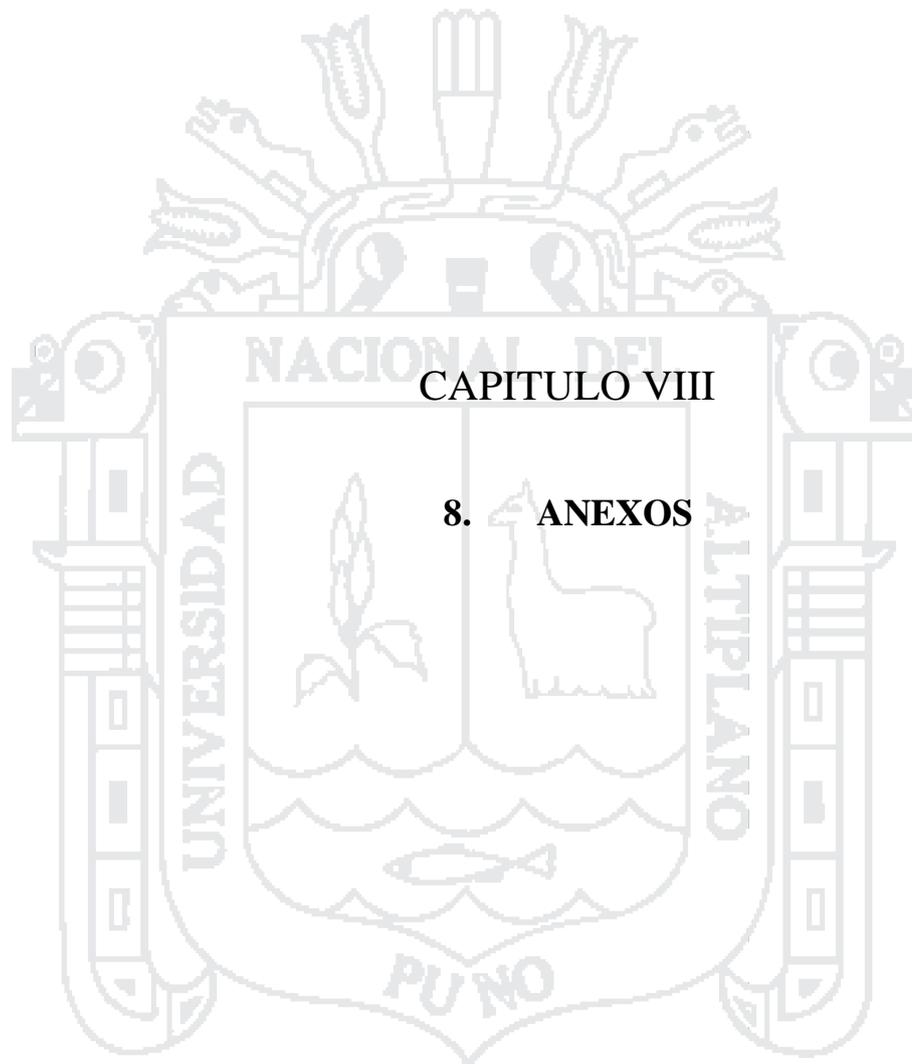
Roldan de Paz, J. (2010). *Estabilización de Suelos con cloruro de sodio* (Tesis de Grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Huezo, H. M., y Orellana, A. C. (2009). *Guía Básica para la Estabilización con Cal en Caminos de Baja Intensidad Vehicular en el Salvador* (Tesis de Grado). Universidad de el Salvador, el Salvador.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Ensayo de Materiales* (pp. 44, 49, 67, 72, 105 y 248) Perú.

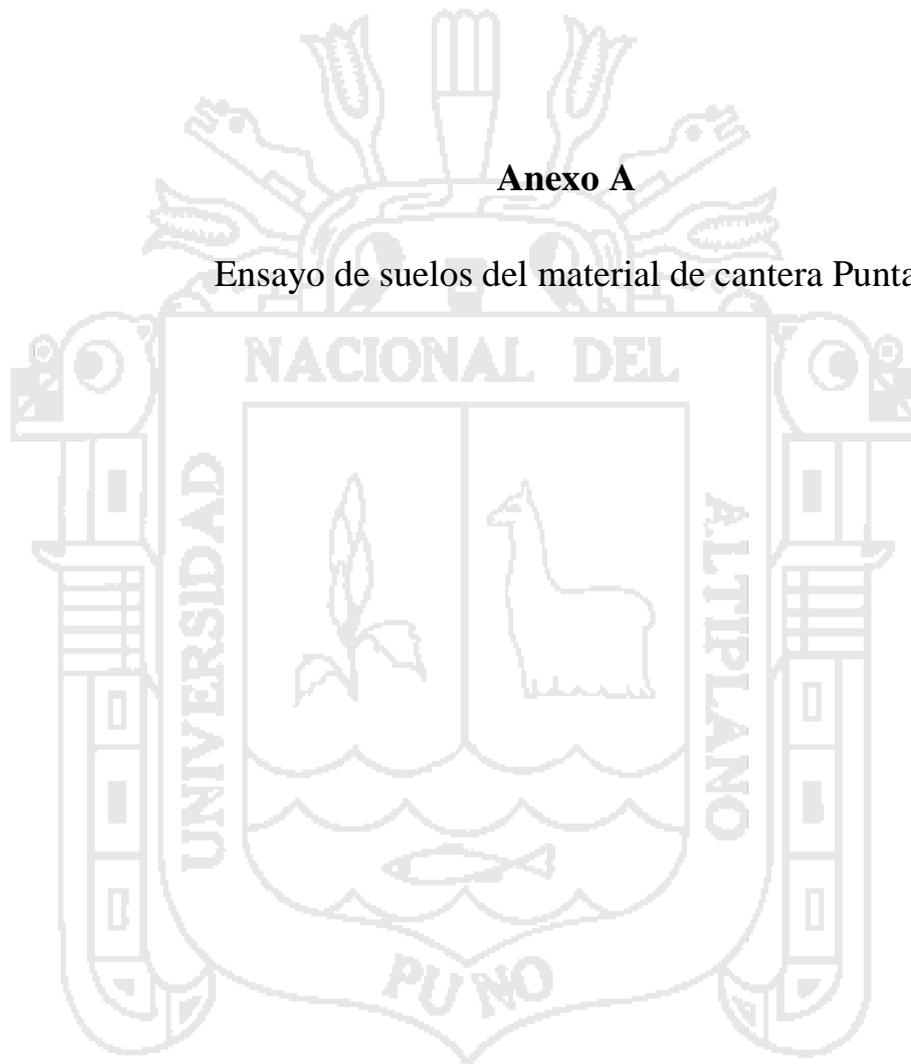
Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción* (pp. 12 - 14) Perú.





Anexo A

Ensayo de suelos del material de cantera Punta





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



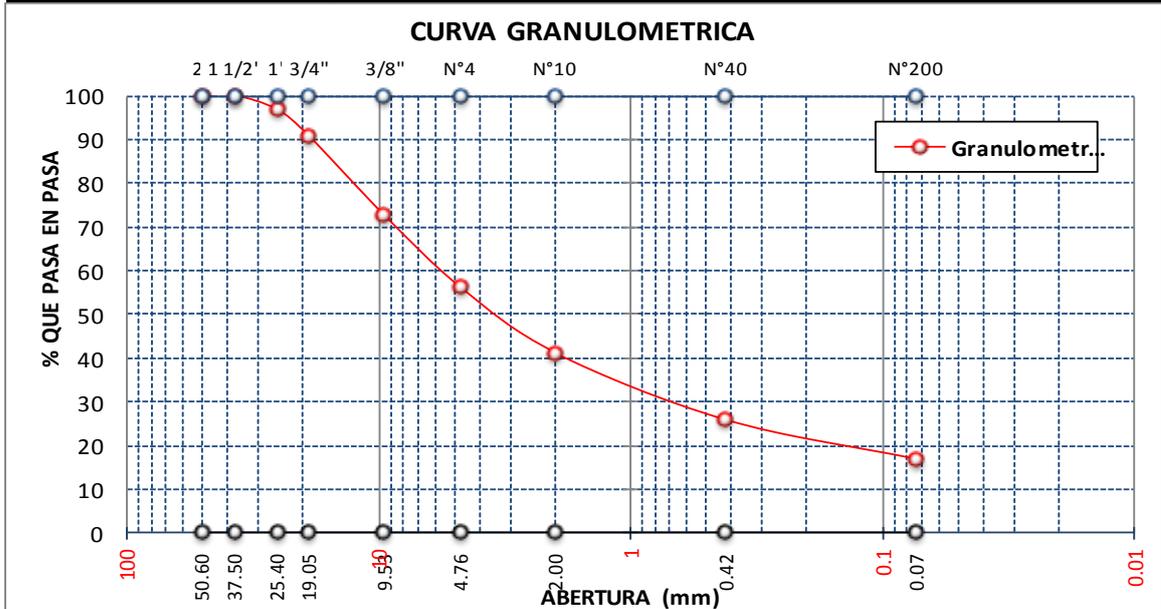
ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO (ASTM D 421)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : SIN ADITIVO
FECHA : 27de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: PUNTA

PESO INICIAL SECO		3814					gr
PESO SECO LAVADO		3165					gr
TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE	DIAMETRO	
ASTM	mm	gr	%	%	%	D60;D30;D10	
2"	50.600		0.00	0.00	100.00	D60	
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	123.00	3.22	3.22	96.78	5.888	
3/4"	19.050	230.00	6.03	9.26	90.74	D30	
1/2"	12.700	389.00	10.20	19.45	80.55		
3/8"	9.525	305.00	8.00	27.45	72.55	0.72	
1/4"	6.350	419.00	10.99	38.44	61.56	D10	
N°4	4.760	205.00	5.37	43.81	56.19		
N°8	2.380	473.00	12.40	56.21	43.79	0	
N°10	2.000	95.00	2.49	58.70	41.30	Cu	
N°20	0.840	370.00	9.70	68.41	31.59		
N°40	0.420	220.00	5.77	74.17	25.83	Cc	
N°60	0.250	130.00	3.41	77.58	22.42		
N°80	0.180	102.00	2.67	80.26	19.74		
N°100	0.149	20.00	0.52	80.78	19.22		
N°200	0.074	84.00	2.20	82.98	17.02		
BASE		649.00	17.02	100.00	0.00		





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



SISTEMA DE CLASIFICACION AASTHO

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : SIN ADITIVO

FECHA : 27de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: PUNTA

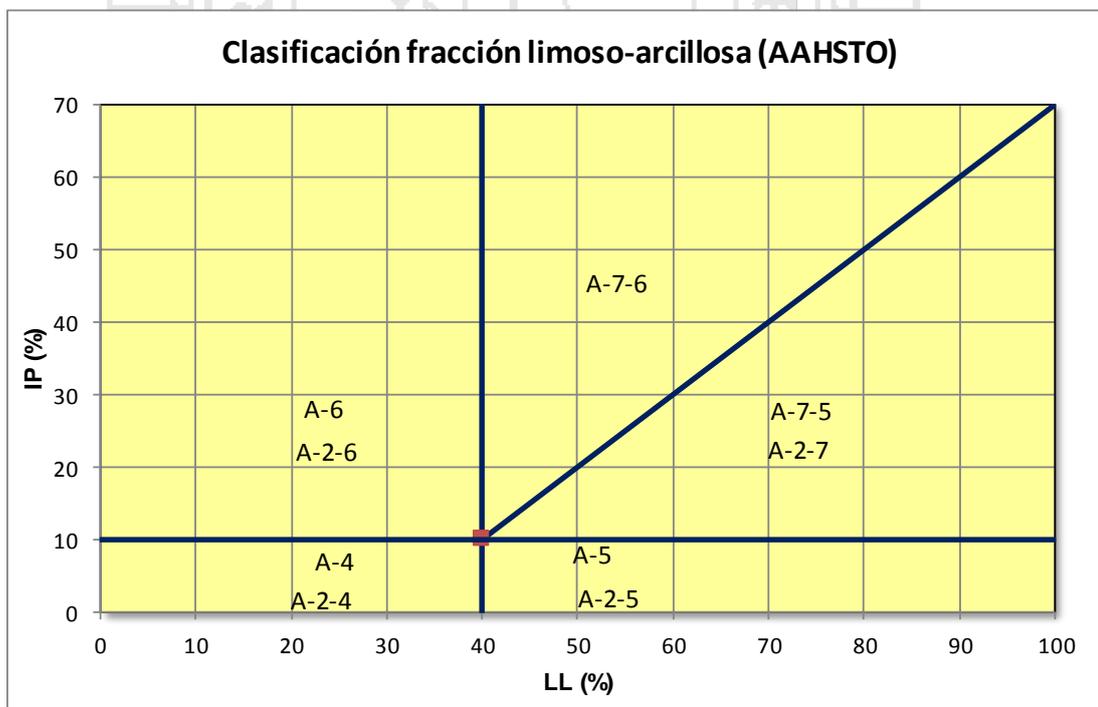
% Que pasa la malla N°4 43.81%
 % Que pasa la malla N°10 41.30%
 % Que pasa la malla N°40 25.83%
 % Que pasa la malla N°200 17.02%
 % Grava 58.70%

L.L.=	21.59	%
I.P.=	6.00	%

$$IG=(F_{200}-35)(0.2+0.005(L.L.-40))+0.01(F_{200}-15)(I.P.-10)$$

I.G.= 0

Por lo tanto el suelo pertenece a: **A - 1-b(0)**



MATERIALES GRANULARES

(A-1-b(0)); Fragmentos de roca, grava y arena; excelente a buena



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : SIN ADITIVO

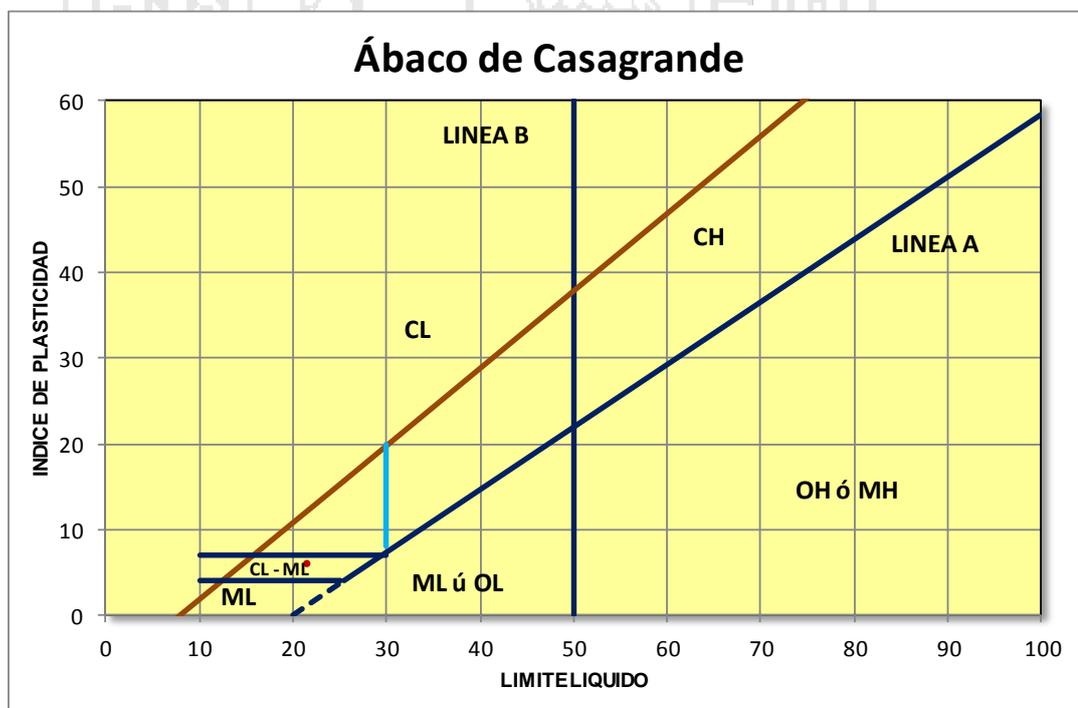
FECHA : 27 de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA

% Que pasa la malla N°4	43.81%
% Que pasa la malla N°10	41.30%
% Que pasa la malla N°40	17.02%
% Que pasa la malla N°200	17.02%
% Grava	56.19%
% Arena	26.79%
% Finos	17.02%

L.L.=	21.59	%
I.P.=	6.00	%



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
Grava Limosa - arcillosa con arena (GC-GM)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : SIN ADITIVO
FECHA : 19 de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA

CONTENIDO DE HUMEDAD

#Tara		R-10	T-5	A-6	D-1
W tara	gr.	22.06	17.21	22.17	21.89
W tara + W s. humedo	gr.	98.44	95.03	94.23	94.27
W tara + W s. seco	gr.	93.73	90.57	90.05	90.06
W agua	gr.	4.71	4.46	4.18	4.21
W s. seco	gr.	71.67	73.36	67.88	68.17
% de humedad	w(%)	6.57%	6.08%	6.16%	6.18%
% HUMEDAD PROMEDIO		6.25%			

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCO

CONTENIDO DE HUMEDAD

#Tara		A-8	T-12	A-10	R-10
W tara	gr.	21.63	19.51	19.50	22.06
W tara + W s. humedo	gr.	84.53	86.63	90.57	92.06
W tara + W s. seco	gr.	78.66	80.52	83.93	86.01
W agua	gr.	5.87	6.11	6.64	6.05
W s. seco	gr.	57.03	61.01	64.43	63.95
% de humedad	w(%)	10.29%	10.01%	10.31%	9.46%
% HUMEDAD PROMEDIO		10.02%			



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : SIN ADITIVO
FECHA : 27de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA

LIMITE LIQUIDO

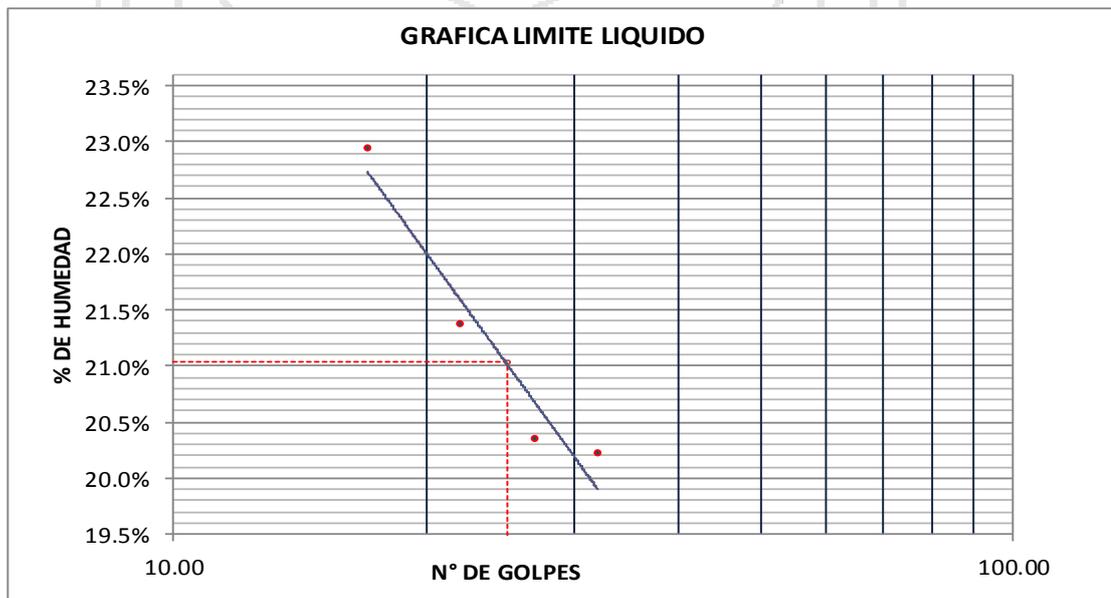
# Tara		P-1	P-2	Z-2	B-2
W tara	gr.	37.54	21.99	16.82	13.80
W tara + W s. humedo	gr.	55.79	39.50	30.85	29.55
W tara + W s. seco	gr.	52.72	36.54	28.38	26.61
W agua	gr.	3.07	2.96	2.47	2.94
W s. seco	gr.	15.18	14.55	11.56	12.81
% de humedad	w(%)	20.22%	20.34%	21.37%	22.95%
N° de golpes		32	27	22	17

LIMITE PLASTICO

# Tara		B-34	B-31	B-4	T-001
W tara	gr.	10.93	12.51	13.73	13.16
W tara + W s. humedo	gr.	12.26	14.01	16.21	14.77
W tara + W s. seco	gr.	12.09	13.82	15.89	14.57
W agua	gr.	0.17	0.19	0.32	0.20
W s. seco	gr.	1.16	1.31	2.16	1.41
% de humedad	w(%)	14.66%	14.50%	14.81%	14.18%

LIMITE LIQUIDO 21.03%
LIMITE PLASTICO 14.54%
INDICE DE PLASTICIDAD 6.00%

GRAFICA LIMITE LIQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 1% CaCl₂

FECHA : 19 de JULIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA

LIMITE LIQUIDO

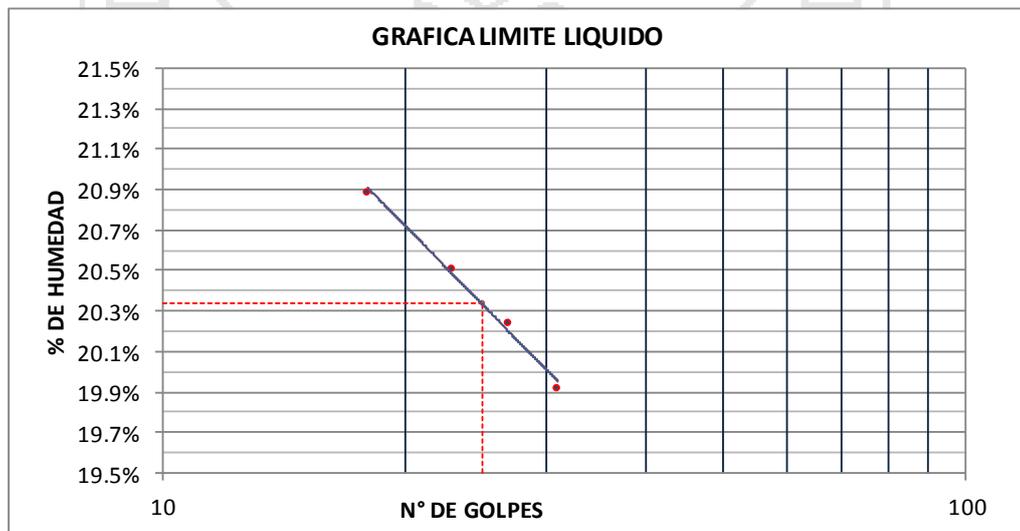
# Tara		F-2	A-35	A-38	D-1
W tara	gr.	19.49	12.96	10.57	21.89
W tara + W s. humedo	gr.	33.28	25.14	23.85	35.84
W tara + W s. seco	gr.	30.99	23.09	21.59	33.43
W agua	gr.	2.29	2.05	2.26	2.41
W s. seco	gr.	11.50	10.13	11.02	11.54
% de humedad	w(%)	19.91%	20.24%	20.51%	20.88%
N° de golpes		31	27	23	18

LIMITE PLASTICO

# Tara		T-2	P-2	W-5	R-10
W tara	gr.	17.61	22.00	19.49	22.08
W tara + W s. humedo	gr.	19.24	24.50	22.35	24.22
W tara + W s. seco	gr.	19.03	24.19	21.99	23.95
W agua	gr.	0.21	0.31	0.36	0.27
W s. seco	gr.	1.42	2.19	2.50	1.87
% de humedad	w(%)	14.79%	14.16%	14.40%	14.44%

LIMITE LIQUIDO 20.34%
 LIMITE PLASTICO 14.45%
 INDICE DE PLASTICIDAD 5.90%

GRAFICA LIMITE LIQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : 2% CaCl₂
FECHA : 19 de JULIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA

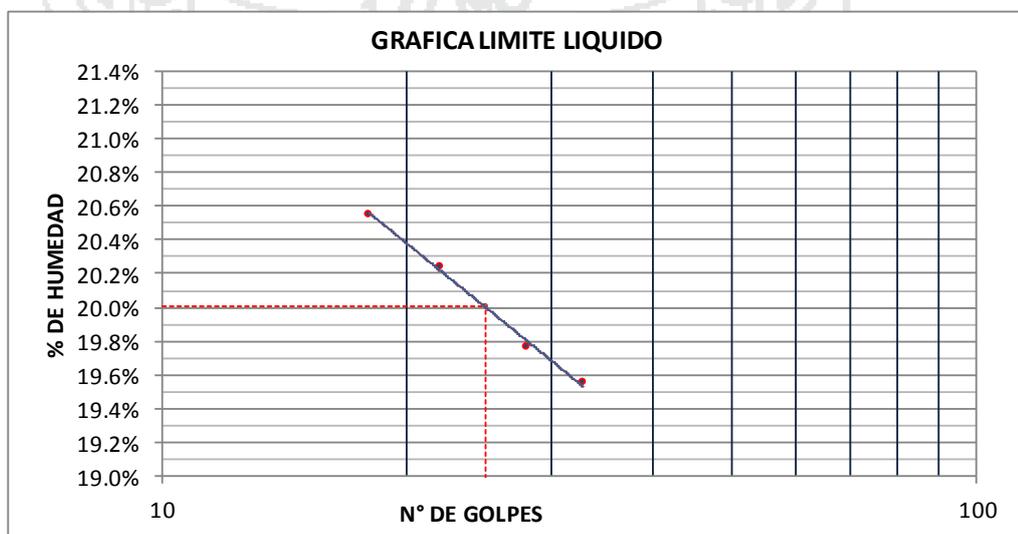
LIMITE LIQUIDO

# Tara		T-12	U-2	T-15	M-6
W tara	gr.	19.61	19.15	16.03	10.18
W tara + W s. humedo	gr.	32.39	33.15	30.11	25.90
W tara + W s. seco	gr.	30.30	30.84	27.74	23.22
W agua	gr.	2.09	2.31	2.37	2.68
W s. seco	gr.	10.69	11.69	11.71	13.04
% de humedad	w(%)	19.55%	19.76%	20.24%	20.55%
N° de golpes		33	28	22	18

LIMITE PLASTICO

# Tara		H-5	N-08	A-8	A-14
W tara	gr.	16.66	18.41	21.62	25.52
W tara + W s. humedo	gr.	18.60	20.94	22.89	27.35
W tara + W s. seco	gr.	18.36	20.62	22.73	27.12
W agua	gr.	0.24	0.32	0.16	0.23
W s. seco	gr.	1.70	2.21	1.11	1.60
% de humedad	w(%)	14.12%	14.48%	14.41%	14.38%

LIMITE LIQUIDO 20.00%
LIMITE PLASTICO 14.35%
INDICE DE PLASTICIDAD 5.66%





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : 3% CaCl₂
FECHA : 19 de JULIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA

LIMITE LIQUIDO

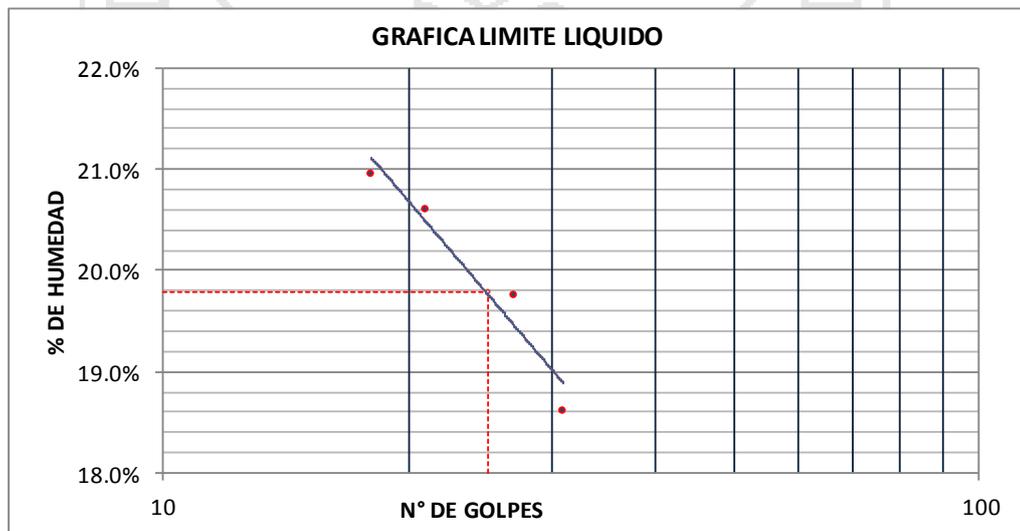
# Tara		A-7	T-17	K-7	R-9
W tara	gr.	23.16	18.24	16.78	18.98
W tara + W s. humedo	gr.	36.35	31.09	30.77	33.70
W tara + W s. seco	gr.	34.28	28.97	28.38	31.15
W agua	gr.	2.07	2.12	2.39	2.55
W s. seco	gr.	11.12	10.73	11.60	12.17
% de humedad	w(%)	18.62%	19.76%	20.60%	20.95%
N° de golpes		31	27	21	18

LIMITE PLASTICO

# Tara		A-1	A-25	B-34	T-19
W tara	gr.	12.97	12.89	11.15	18.80
W tara + W s. humedo	gr.	14.67	14.33	12.59	19.93
W tara + W s. seco	gr.	14.46	14.15	12.41	19.79
W agua	gr.	0.21	0.18	0.18	0.14
W s. seco	gr.	1.49	1.26	1.26	0.99
% de humedad	w(%)	14.09%	14.29%	14.29%	14.14%

LIMITE LIQUIDO 19.78%
LIMITE PLASTICO 14.20%
INDICE DE PLASTICIDAD 5.58%

GRAFICA LIMITE LIQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : PERMA ZYME: 1Lt en 30m³
FECHA : 21 de JULIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA

LIMITE LIQUIDO

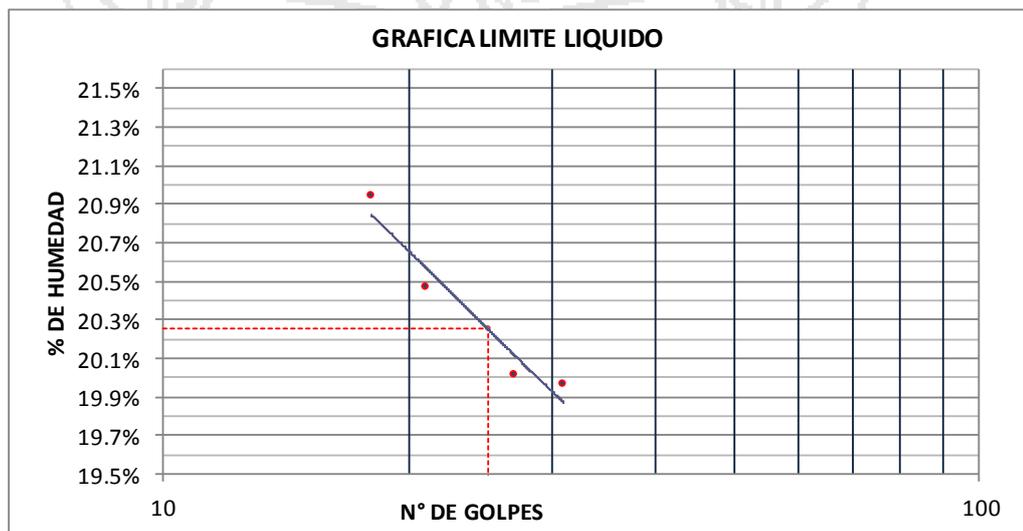
# Tara		T-X	T-8	W-2	T-12
W tara	gr.	37.54	34.16	19.09	17.76
W tara + W s. humedo	gr.	52.02	49.33	33.45	31.91
W tara + W s. seco	gr.	49.61	46.80	31.01	29.46
W agua	gr.	2.41	2.53	2.44	2.45
W s. seco	gr.	12.07	12.64	11.92	11.70
% de humedad	w(%)	19.97%	20.02%	20.47%	20.94%
N° de golpes		31	27	21	18

LIMITE PLASTICO

# Tara		A-33	X-Y	F-4	B-10
W tara	gr.	12.49	36.56	37.19	16.67
W tara + W s. humedo	gr.	14.69	38.76	39.92	18.75
W tara + W s. seco	gr.	14.41	38.48	39.58	18.49
W agua	gr.	0.28	0.28	0.34	0.26
W s. seco	gr.	1.92	1.92	2.39	1.82
% de humedad	w(%)	14.58%	14.58%	14.23%	14.29%

LIMITE LIQUIDO	20.26%
LIMITE PLASTICO	14.42%
INDICE DE PLASTICIDAD	5.84%

GRAFICA LIMITE LIQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : PERMA ZYME: 1.5Lt en 30m3
FECHA : 21 de JULIO del 2016

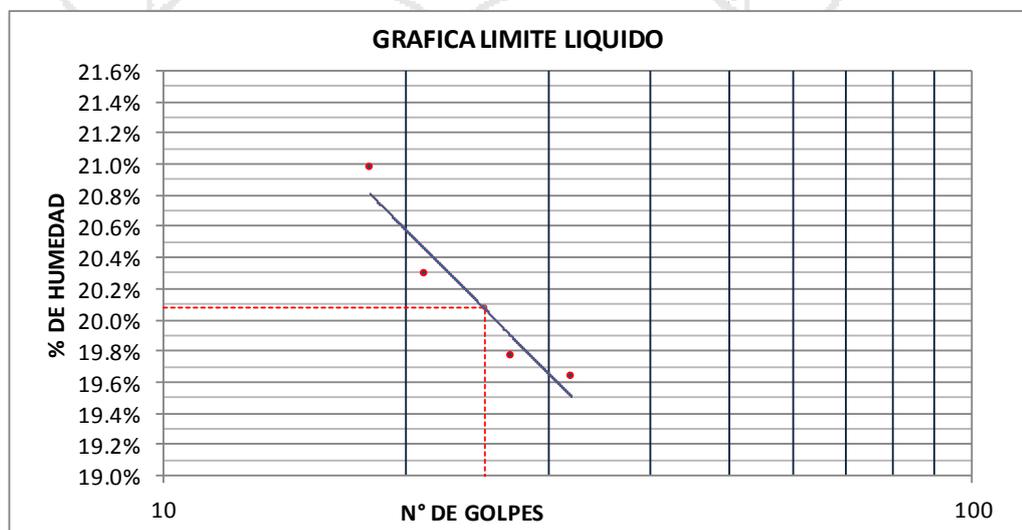
DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA

LIMITE LIQUIDO					
#Tara		B-2	A-5	P-8	B-30
W tara	gr.	10.35	19.44	16.43	17.01
W tara + W s. humedo	gr.	24.91	32.89	32.79	32.47
W tara + W s. seco	gr.	22.52	30.67	30.03	29.79
W agua	gr.	2.39	2.22	2.76	2.68
W s. seco	gr.	12.17	11.23	13.60	12.78
% de humedad	w(%)	19.64%	19.77%	20.29%	20.97%
N° de golpes		32	27	21	18

LIMITE PLASTICO					
#Tara		A-Y	A-30	Z-0	H-K-9
W tara	gr.	18.52	17.80	16.82	16.90
W tara + W s. humedo	gr.	20.90	19.18	19.55	19.46
W tara + W s. seco	gr.	20.60	19.01	19.21	19.14
W agua	gr.	0.30	0.17	0.34	0.32
W s. seco	gr.	2.08	1.21	2.39	2.24
% de humedad	w(%)	14.42%	14.05%	14.23%	14.29%

LIMITE LIQUIDO 20.07%
 LIMITE PLASTICO 14.25%
 INDICE DE PLASTICIDAD 5.83%





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : PERMA ZYME: 1.5Lt en 30m³
FECHA : 21 de JULIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA

LIMITE LIQUIDO

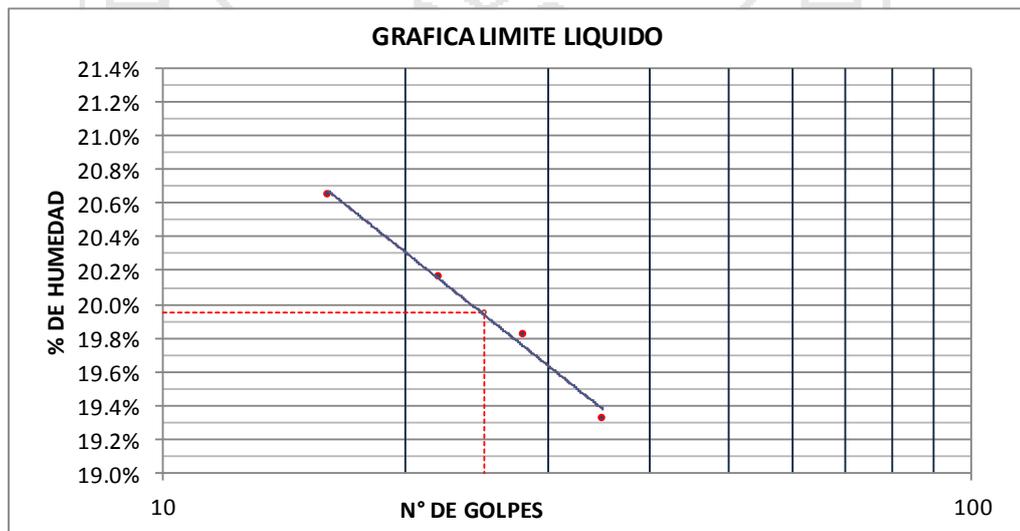
# Tara		A-Y	K-7	T-17	A-E
W tara	gr.	18.52	16.24	17.30	19.44
W tara + W s. humedo	gr.	40.01	36.25	34.94	39.31
W tara + W s. seco	gr.	36.53	32.94	31.98	35.91
W agua	gr.	3.48	3.31	2.96	3.40
W s. seco	gr.	18.01	16.70	14.68	16.47
% de humedad	w(%)	19.32%	19.82%	20.16%	20.64%
N° de golpes		35	28	22	16

LIMITE PLASTICO

# Tara		W-5	R-10	P-2	F-2
W tara	gr.	19.48	22.06	21.99	19.49
W tara + W s. humedo	gr.	24.60	26.18	24.86	21.04
W tara + W s. seco	gr.	23.96	25.67	24.50	20.85
W agua	gr.	0.64	0.51	0.36	0.19
W s. seco	gr.	4.48	3.61	2.51	1.36
% de humedad	w(%)	14.29%	14.13%	14.34%	13.97%

LIMITE LIQUIDO 19.95%
LIMITE PLASTICO 14.18%
INDICE DE PLASTICIDAD 5.77%

GRAFICA LIMITE LIQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : SIN ADITIVO
FECHA : 21de JUNIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

DATOS DE LA MUESTRA

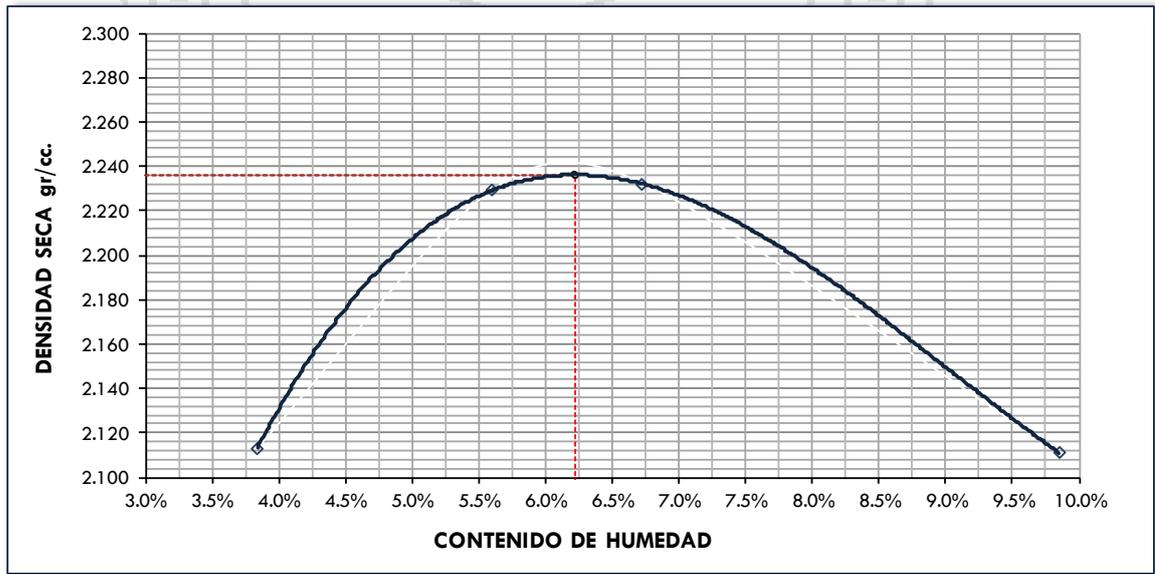
CANTERA : PUNTA

No DE GOLPES	56
---------------------	-----------

MOLDE No		1	VOLUMEN DEL MOLDE (1)						2106 cc
No DE CAPAS		5	VOLUMEN DEL MOLDE (2)						2121 cc
% de agua	%	3%	5%			7%			9%
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10649	10988			11389			11256
Peso del Molde	gr.	5996	5996			6371			6371
Peso del Suelo Humedo	gr.	4653	4992			5018			4885
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.19	2.35			2.38			2.32
Nº TARA		A-5	W-5	W-2	H-11	H-1	T-8	W-40	X-2
Peso de la Tara	gr.	19.44	19.49	19.07	19.99	32.38	34.17	29.40	33.05
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	110.60	123.95	157.57	159.50	152.84	179.49	151.64	170.47
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	107.02	120.33	150.04	152.28	145.36	170.22	140.58	158.26
Peso del Agua	gr.	3.58	3.62	7.53	7.22	7.48	9.27	11.06	12.21
Peso del Suelo Seco	gr.	87.58	100.84	130.97	132.29	112.98	136.05	111.18	125.21
Contenido de humedad	%	4.09	3.59	5.75	5.46	6.62	6.81	9.95	9.75
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.84		5.60			6.72		9.85
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.113		2.229			2.232		2.111

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.236 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA :	6.22 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESUDIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 1% Ca Cl₂

FECHA : 23 de JULIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

DATOS DE LA MUESTRA

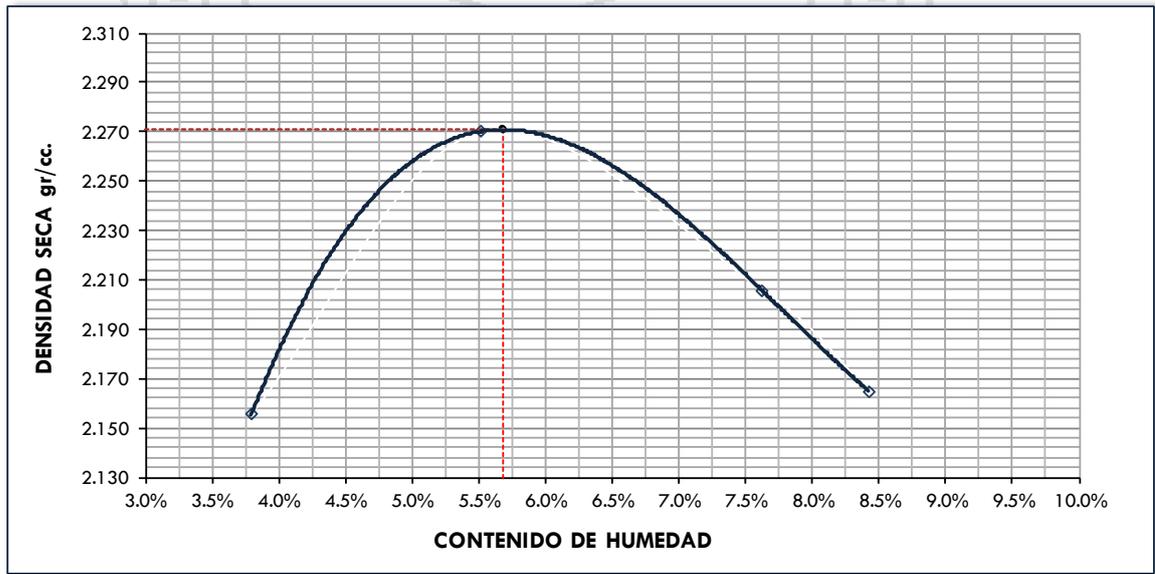
CANTERA : PUNTA

No DE GOLPES	56
---------------------	-----------

MOLDE No		1		VOLUMEN DEL MOLDE (1)				2129 cc	
No DE CAPAS		5		VOLUMEN DEL MOLDE (2)				0 cc	
% de agua	%	3%		5%		7%		9%	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10946		11283		11237		11180	
Peso del Molde	gr.	6182		6182		6182		6182	
Peso del Suelo Humedo	gr.	4764		5101		5055		4998	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.24		2.40		2.37		2.35	
Nº TARA		A-30	A-Y	T-09	P-2	F-2	C-3	T-2	R-10
Peso de la Tara	gr.	17.80	18.52	17.31	21.99	19.49	19.49	17.59	22.06
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	105.01	103.15	109.08	107.98	117.67	121.08	123.28	140.91
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	101.58	100.29	104.43	103.34	110.14	114.49	115.03	131.72
Peso del Agua	gr.	3.43	2.86	4.65	4.64	7.53	6.59	8.25	9.19
Peso del Suelo Seco	gr.	83.78	81.77	87.12	81.35	90.65	95.00	97.44	109.66
Contenido de humedad	%	4.09	3.50	5.34	5.70	8.31	6.94	8.47	8.38
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.80		5.52		7.62		8.42	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.155		2.270		2.206		2.165	

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.271 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA :	5.68 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 2% Ca Cl₂

FECHA : 24 de JULIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

DATOS DE LA MUESTRA

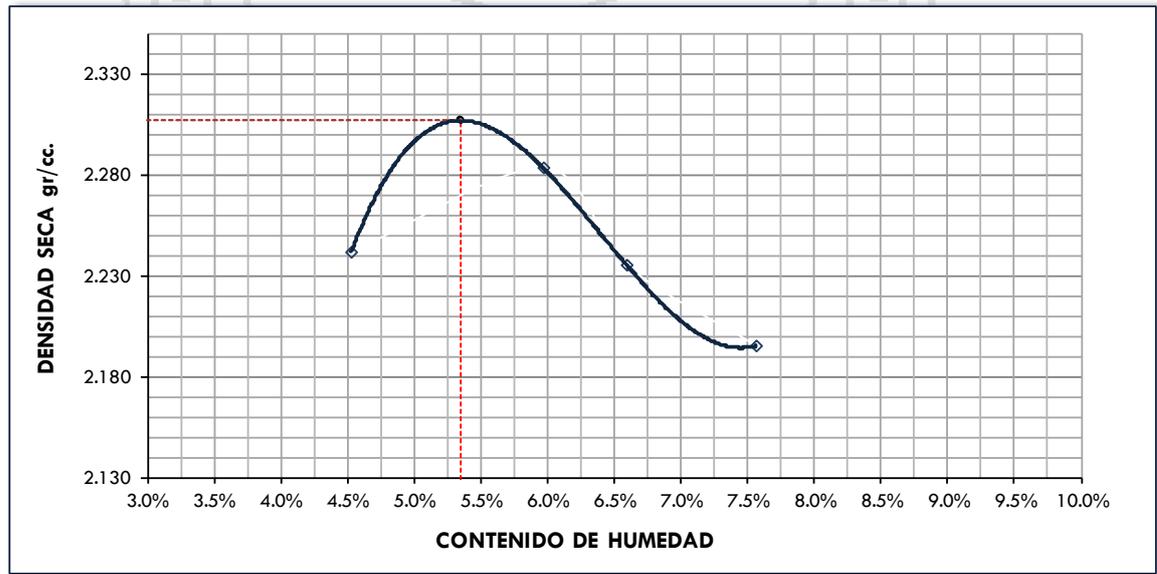
CANTERA : PUNTA

No DE GOLPES	56
---------------------	-----------

MOLDE No		1		VOLUMEN DEL MOLDE (1)				2129 cc	
No DE CAPAS		5		VOLUMEN DEL MOLDE (2)				0 cc	
% de agua	%	3%		5%		7%		9%	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11172		11334		11255		11210	
Peso del Molde	gr.	6182		6182		6182		6182	
Peso del Suelo Humedo	gr.	4990		5152		5073		5028	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.34		2.42		2.38		2.36	
Nº TARA		A-12	PRX-1	A-27	B-15	B-2	T-32	SFO-2	A-31
Peso de la Tara	gr.	17.36	17.63	16.86	17.14	13.79	13.79	13.88	16.57
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	114.35	96.04	111.77	109.78	113.12	104.36	125.44	118.44
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	110.16	92.63	106.44	104.55	106.41	99.28	116.81	112.00
Peso del Agua	gr.	4.19	3.41	5.33	5.23	6.71	5.08	8.63	6.44
Peso del Suelo Seco	gr.	92.80	75.00	89.58	87.41	92.62	85.49	102.93	95.43
Contenido de humedad	%	4.52	4.55	5.95	5.98	7.24	5.94	8.38	6.75
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.53		5.97		6.59		7.57	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.242		2.283		2.235		2.195	

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.307 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 5.35 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESUDIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 3% Ca Cl₂

FECHA : 25 de JULIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

DATOS DE LA MUESTRA

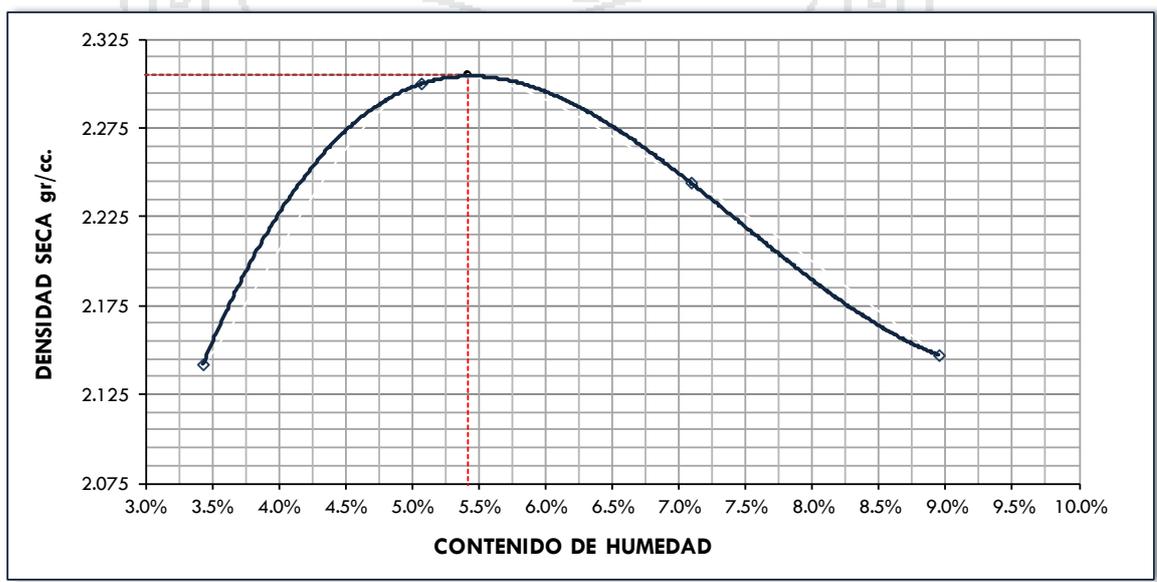
CANTERA : PUNTA

No DE GOLPES	56
---------------------	-----------

MOLDE No	1		VOLUMEN DEL MOLDE (1)				2129 cc			
No DE CAPAS	5		VOLUMEN DEL MOLDE (2)				0 cc			
% de agua	%	3%	5%		7%		9%			
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10899	11328		11299		11163			
Peso del Molde	gr.	6182	6182		6182		6182			
Peso del Suelo Humedo	gr.	4717	5146		5117		4981			
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.22	2.42		2.40		2.34			
Nº TARA	A-30	A-Y	T-09	P-2	F-2	C-3	T-2	R-10		
Peso de la Tara	gr.	17.80	18.52	17.31	21.99	19.49	19.49	17.59	22.06	
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	100.45	95.66	98.03	93.77	114.70	112.73	112.84	107.82	
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	98.11	92.73	94.11	90.32	108.40	106.55	104.83	100.94	
Peso del Agua	gr.	2.34	2.93	3.92	3.45	6.30	6.18	8.01	6.88	
Peso del Suelo Seco	gr.	80.31	74.21	76.80	68.33	88.91	87.06	87.24	78.88	
Contenido de humedad	%	2.91	3.95	5.10	5.05	7.09	7.10	9.18	8.72	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.43		5.08		7.09		8.95		
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.142		2.300		2.244		2.147		

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.305 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 5.42 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 1Lt de PZ en 30 m3

FECHA : 26 de JULIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

DATOS DE LA MUESTRA

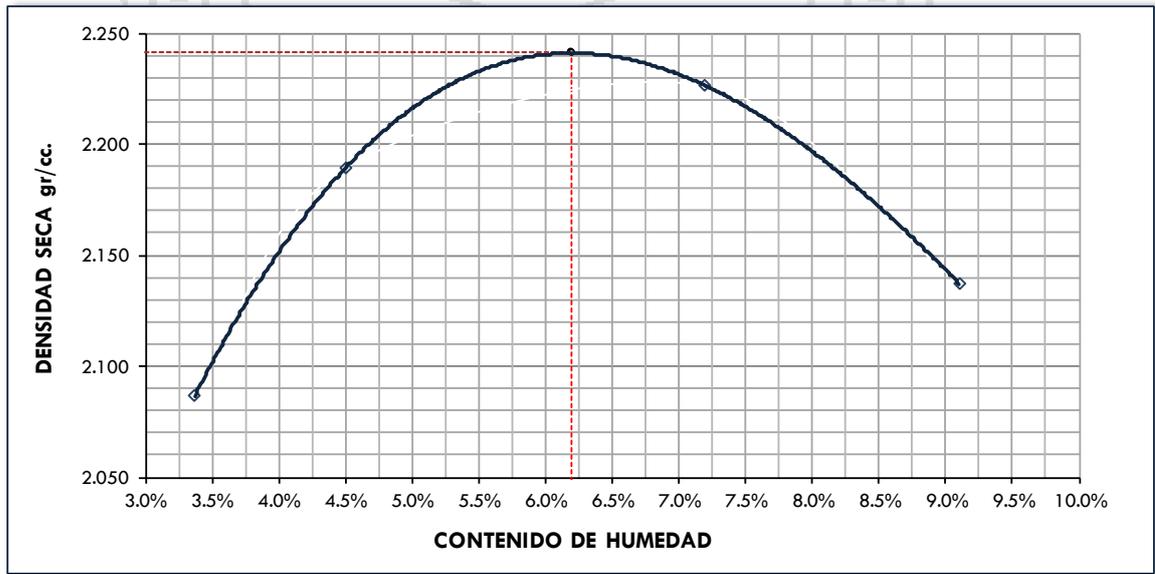
CANTERA : PUNTA

No DE GOLPES	56
---------------------	-----------

MOLDE No		1		VOLUMEN DEL MOLDE (1)						2129 cc
No DE CAPAS		5		VOLUMEN DEL MOLDE (2)						0 cc
% de agua	%	3%		5%		7%		9%		
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10775		11053		11264		11147		
Peso del Molde	gr.	6182		6182		6182		6182		
Peso del Suelo Humedo	gr.	4593		4871		5082		4965		
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.16		2.29		2.39		2.33		
Nº TARA		A-12	PRX-1	A-27	B-15	B-2	T-32	SFO-2	A-31	
Peso de la Tara	gr.	17.36	17.63	16.86	17.14	13.79	13.79	13.88	16.57	
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	180.07	115.62	101.36	108.91	100.70	99.77	108.88	113.67	
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	175.39	112.05	97.43	105.28	94.94	93.93	100.71	105.82	
Peso del Agua	gr.	4.68	3.57	3.93	3.63	5.76	5.84	8.17	7.85	
Peso del Suelo Seco	gr.	158.03	94.42	80.57	88.14	81.15	80.14	86.83	89.25	
Contenido de humedad	%	2.96	3.78	4.88	4.12	7.10	7.29	9.41	8.80	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.37		4.50		7.19		9.10		
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.087		2.189		2.226		2.137		

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.241 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 6.20 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESUIVO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 1.5 Lt de PZ en 30 m³

FECHA : 28 de JULIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

DATOS DE LA MUESTRA

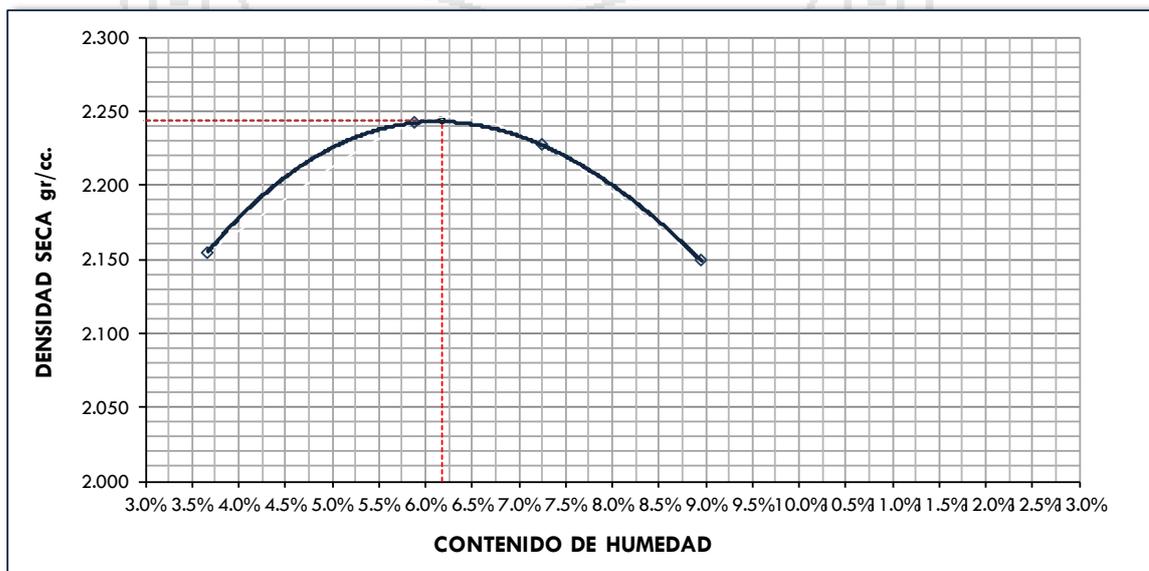
CANTERA : PUNTA

No DE GOLPES	56
---------------------	-----------

MOLDE No		1		VOLUMEN DEL MOLDE (1)				2129 cc	
No DE CAPAS		5		VOLUMEN DEL MOLDE (2)				0 cc	
% de agua	%	3%		5%		7%		9%	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10939		11237		11268		11168	
Peso del Molde	gr.	6182		6182		6182		6182	
Peso del Suelo Humedo	gr.	4757		5055		5086		4986	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.23		2.37		2.39		2.34	
Nº TARA		A-30	A-Y	T-09	P-2	F-2	C-3	T-2	R-10
Peso de la Tara	gr.	17.80	18.52	17.31	21.99	19.49	19.49	17.59	22.06
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	99.66	95.36	101.58	99.76	107.05	116.71	119.95	120.44
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	96.72	92.68	96.81	95.52	101.29	109.97	111.39	112.50
Peso del Agua	gr.	2.94	2.68	4.77	4.24	5.76	6.74	8.56	7.94
Peso del Suelo Seco	gr.	78.92	74.16	79.50	73.53	81.80	90.48	93.80	90.44
Contenido de humedad	%	3.73	3.61	6.00	5.77	7.04	7.45	9.13	8.78
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.67		5.88		7.25		8.95	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.155		2.242		2.227		2.149	

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.243 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 6.17 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : 2 Lt de PZ en 30 m3
FECHA : 28 de JULIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

DATOS DE LA MUESTRA

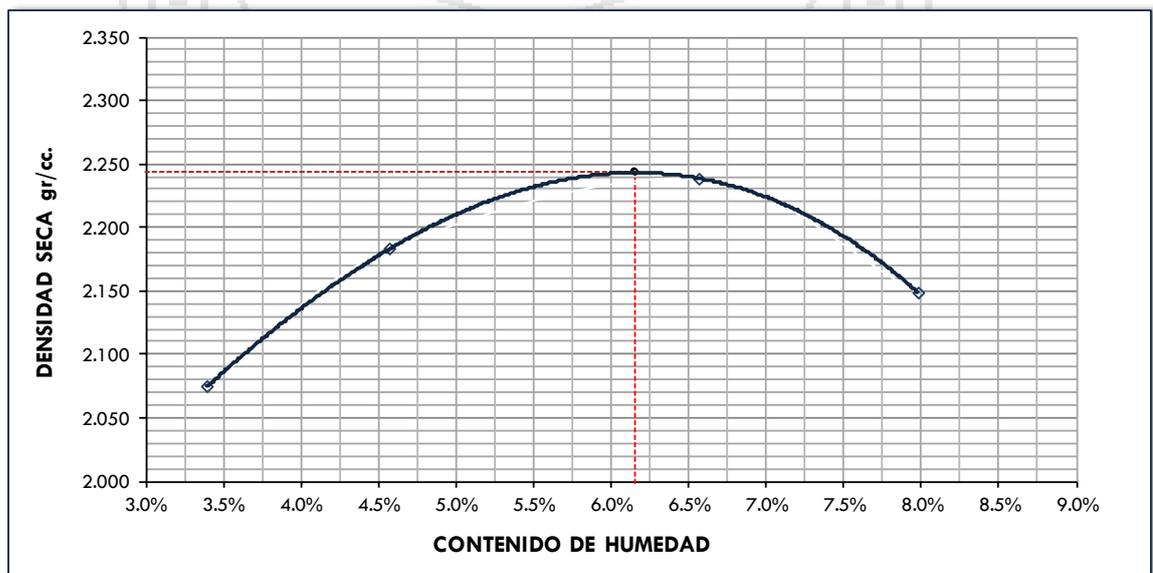
CANTERA : PUNTA

No DE GOLPES	56
---------------------	-----------

MOLDE No		1		VOLUMEN DEL MOLDE (1)				2129 cc	
No DE CAPAS		5		VOLUMEN DEL MOLDE (2)				0 cc	
% de agua	%	3%		5%		7%		9%	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10750		11043		11262		11122	
Peso del Molde	gr.	6182		6182		6182		6182	
Peso del Suelo Humedo	gr.	4568		4861		5080		4940	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.15		2.28		2.39		2.32	
Nº TARA		A-30	A-Y	T-09	C-3	F-2	P-2	T-2	R-10
Peso de la Tara	gr.	17.80	18.52	17.31	19.49	19.49	21.99	17.59	22.06
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	99.66	95.36	109.75	95.39	99.00	101.95	114.46	118.68
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	96.89	92.91	105.65	92.12	94.04	97.08	106.99	111.85
Peso del Agua	gr.	2.77	2.45	4.10	3.27	4.96	4.87	7.47	6.83
Peso del Suelo Seco	gr.	79.09	74.39	88.34	72.63	74.55	75.09	89.40	89.79
Contenido de humedad	%	3.50	3.29	4.64	4.50	6.65	6.49	8.36	7.61
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.40		4.57		6.57		7.98	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.075		2.183		2.239		2.148	

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.244 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 6.16 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : SIN ADITIVO
FECHA : 21 de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: PUNTA Altura del disco espaciador = 6.12

MOLDE No	H-1	5-F	H-2
No DE CAPAS	5	5	5
DIAMETRO DEL MOLDE	15.227	15.240	15.235
ALTURA DEL MOLDE	11.40	11.2	11.62
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	55 GOLPES	26 GOLPES	12 GOLPES
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

	gr.	11632	11662	12125	12170	12428	12507
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6701	6701	7489	7489	7876	7876
Peso del Molde	gr.	4931	4961	4636	4681	4552	4631
Peso del Suelo Humedo	cc.	2076	2076	2043	2043	2118	2118
Volumen del Suelo	gr/cc.	2.375	2.390	2.269	2.291	2.149	2.186

Capsula No	No	K-7	A-30	C-1	P-12	W-12	T-09	H-11	A-5	T-15
Suelo Humedo + Capsula	gr.	190.22	286.08	154.98	188.94	178.35	194.46	195	196.58	188.27
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	179.99	270.23	146.09	178.76	168.78	182.26	184.7	186.12	175.59
Peso del Agua	gr.	10.23	15.85	8.89	10.18	9.57	12.2	10.25	10.46	12.68
Peso de la Capsula	gr.	16.25	17.80	15.94	18.53	19.08	17.3	19.99	19.44	16.23
Peso del Suelo Seco	gr.	163.7	252.43	130.15	160.23	149.70	164.96	164.72	166.68	159.36
% de Humedad	%	6.25%	6.28%	6.83%	6.35%	6.39%	7.40%	6.22%	6.28%	7.96%
Promedio de Humedad	%	6.26%	6.83%	6.37%	7.40%	6.25%	7.96%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.235	2.237	2.133	2.133	2.023	2.025			

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/06/2016	05:04 p.m.	0 h.	15.235	0	0	6.04	0	0	7.197	0	0
21/06/2016	05:04 p.m.	72 h.	15.235	0	0.00%	6.04	0	0.00%	7.197	0	0.00%
25/07/2016	05:04 p.m.	96 h.	15.435	0.2	1.75%	6.29	0.25	2.23%	7.57	0.373	3.21%

PENETRACIÓN

Penetración	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No H-1				MOLDE No 5-F				MOLDE No H-2			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0	00:00		0.00	0.0	0.0		0.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
0.63	00:30		1.61	164.1	8.7		1.07	109.1	5.51		0.72	73.4	3.71	
1.27	01:00		3.12	318.0	16.9		2.19	223.2	11.28		1.46	148.8	7.52	
1.91	01:30		4.25	433.2	23.0		3.12	318.0	16.08		1.91	194.7	9.84	
2.54	02:00	70.31	5.06	515.8	27.4		3.75	382.3	19.32		2.48	252.8	12.78	
3.81	03:00		6.41	653.4	34.7		4.76	485.2	24.53		3.17	323.1	16.33	
5.09	04:00	105.46	7.53	767.58	40.7		5.60	570.8	28.86		3.71	378.2	19.12	
6.35	05:00		8.54	870.5	46.17		6.39	651.4	32.93		4.44	452.6	22.88	
7.62	05:50		9.56	974.5	51.68		7.39	753.3	38.08		5.07	516.8	26.12	
8.904	06:50		10.54	1074.4	56.98		8.19	834.9	42.20		5.63	573.9	29.01	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



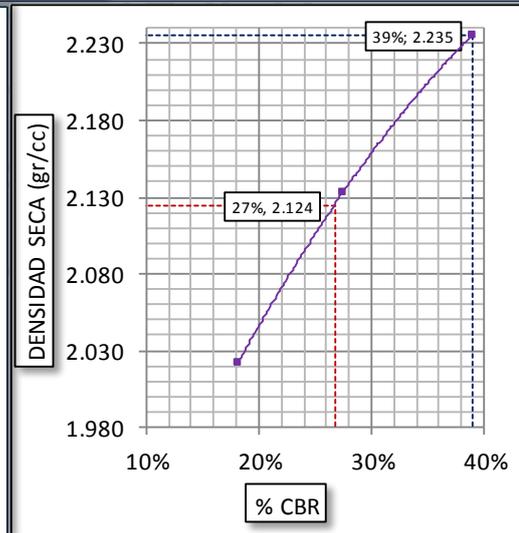
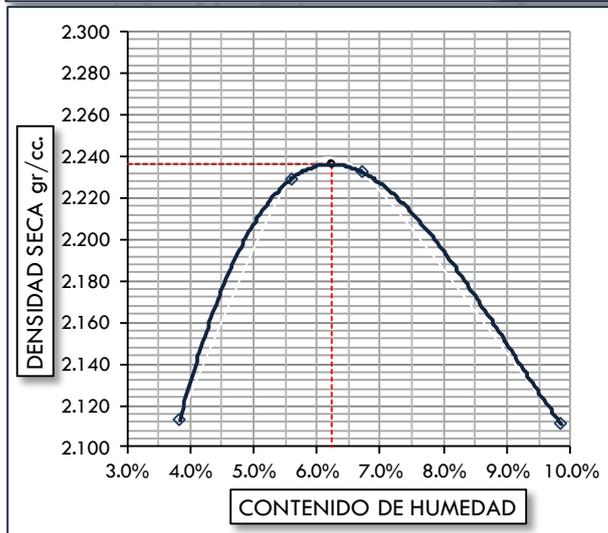
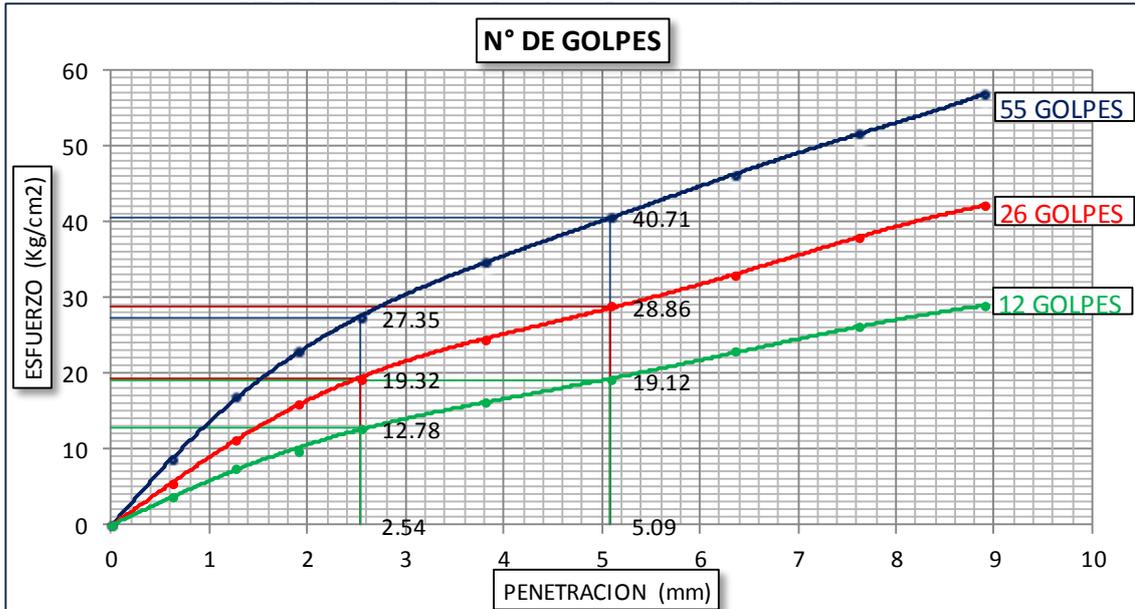
ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

UBICACIÓN : SIN ADITIVO

FECHA : 21 de JUNIO del 2016



PROCTOR MODIFICADO
 $\delta d_{max} =$ 2.236 gr/cc
 C.H.O. = 6.22 %

N° de GOLFES	55	26	12
CBR 0.1' =	38.9%	27.5%	18.2%
CBR 0.2' =	38.6%	27.4%	18.1%

CBR al 100% = 38.9%
 CBR al 95% = 26.8%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



EXPANSION

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESvío HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : SIN ADITIVO

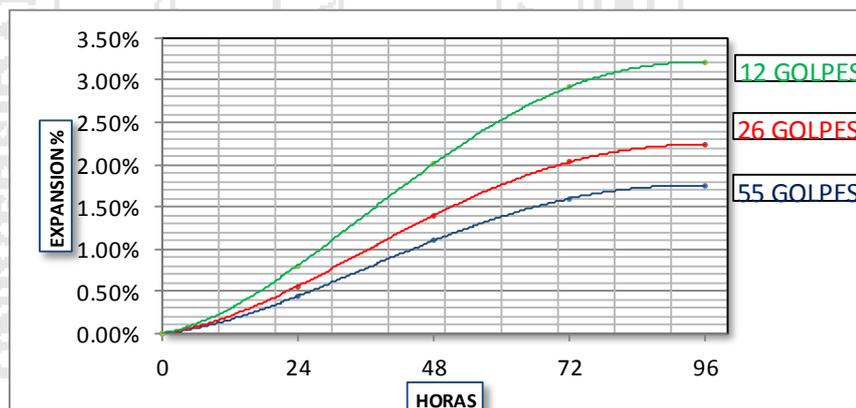
FECHA : 21 de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA
CANTERA : PUNTA

55 GOLPES	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.44%	24
1.10%	48
1.59%	72
1.75%	96

26 GOLPES	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.56%	24
1.40%	48
2.03%	72
2.23%	96

12 GOLPES	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.80%	24
2.01%	48
2.92%	72
3.21%	96





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESvío HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 1% de CaCl₂

FECHA : 16 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: PUNTA Altura del disco espaciador = 6.12

MOLDE No	4-F		RR-8		K-04	
	No DE CAPAS	5		5		5
DIAMETRO DEL MOLDE	15.222		15.223		15.222	
ALTURA DEL MOLDE	11.670		11.455		11.618	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	55		26		12	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11807	11839	11680	11730	12312	12394
Peso del Molde	gr.	6713	6713	6911	6911	7745	7745
Peso del Suelo Humedo	gr.	5094	5126	4769	4819	4567	4649
Volumen del Molde	cc.	2124	2124	2085	2085	2114	2114
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.399	2.414	2.287	2.311	2.160	2.199

Capsula No	No	A-Y	A-30	A-6	A-5	W-5	M-6	T-12	R-10	U-2
Suelo Humedo + Capsula	gr.	191.05	186.35	189.59	186.07	180.26	159.75	196.04	187.46	173.37
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	181.87	177.14	179.75	177.19	171.24	150.58	186.43	178.19	162.81
Peso del Agua	gr.	9.18	9.21	9.84	8.88	9.02	9.17	9.61	9.27	10.56
Peso de la Capsula	gr.	18.52	17.83	22.23	19.44	19.49	15.59	17.76	19.07	17.76
Peso del Suelo Seco	gr.	163.35	159.31	157.52	157.75	151.75	134.99	168.67	159.12	145.05
% de Humedad	%	5.62%	5.78%	6.25%	5.63%	5.94%	6.79%	5.70%	5.83%	7.28%
Promedio de Humedad	%	5.70%		6.25%	5.79%		6.79%	5.76%		7.28%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.269		2.272	2.162		2.164	2.042		2.050

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/08/2016	05:04 p.m.	0 h.	0.457	0	0	1.983	0	0	3.18	0	0
19/08/2016	05:04 p.m.	72 h.	0.1	0	0.00%	1.97	0	0.00%	3.12	0	0.00%
23/08/2016	05:04 p.m.	96 h.	0.29	0.19	1.63%	2.162	0.192	1.68%	3.32	0.2	1.72%

PENETRACIÓN

Penetración	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No 4-F				MOLDE No RR-8				MOLDE No K-04			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0	00:00		0.00	0.0	0.0		0.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
0.63	00:30		1.81	184.5	9.8		1.27	129.5	6.54		0.78	79.5	4.02	
1.27	01:00		3.42	348.6	18.5		2.39	243.6	12.32		1.66	169.2	8.55	
1.91	01:30		4.65	474.0	25.1		3.32	338.4	17.11		2.21	225.3	11.39	
2.54	02:00	70.31	5.71	582.1	30.9		4.05	412.8	20.87		2.98	303.8	15.36	
3.81	03:00		7.21	735.0	39.0		5.26	536.2	27.10		3.87	394.5	19.94	
5.09	04:00	105.46	8.48	864.42	45.8		6.05	616.7	31.17		4.42	450.6	22.78	
6.35	05:00		9.44	962.3	51.03		7.05	718.7	36.33		5.08	517.8	26.18	
7.62	05:50		10.36	1056.1	56.00		7.95	810.4	40.96		5.59	569.8	28.80	
8.904	06:50		11.34	1156.0	61.30		8.65	881.8	44.57		6.17	629.0	31.79	

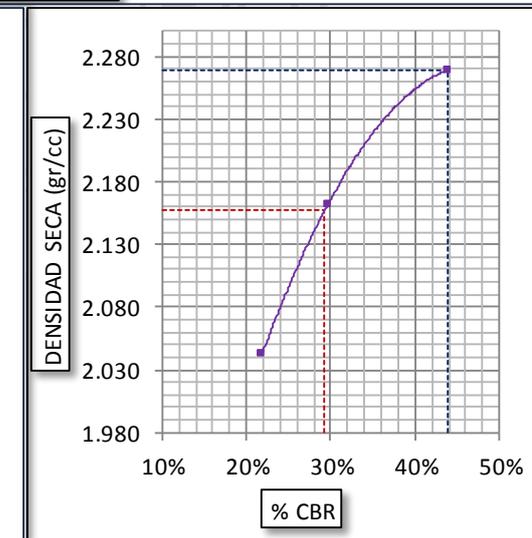
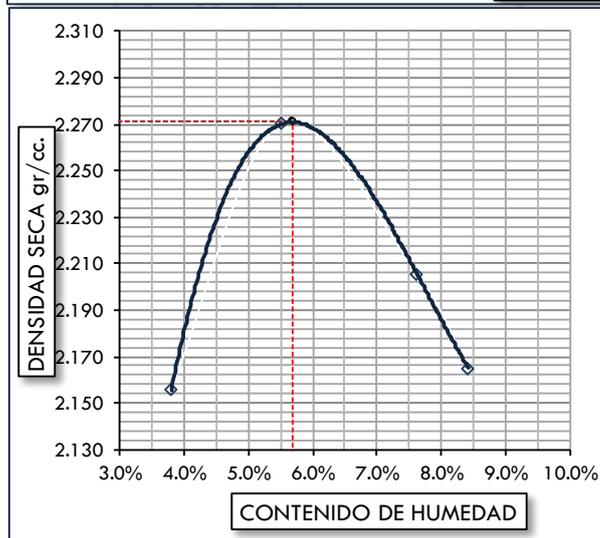
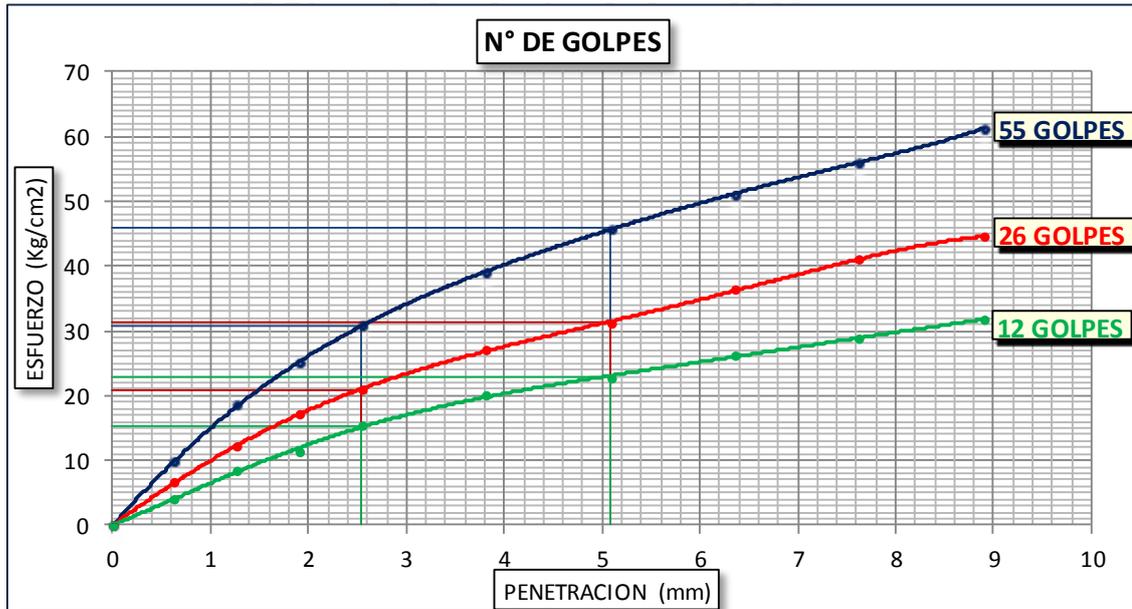


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
UBICACIÓN : 1% de CaCl₂
FECHA : 16 de AGOSTO del 2016



PROCTOR MODIFICADO

δd_{max} = 2.271 gr/cc
 C.H.O.= 5.68 %

N° de GOLFES	55	26	12
CBR 0.1"	43.9%	29.7%	21.8%
CBR 0.2"	43.5%	29.6%	21.6%

CBR al 100% = 43.9%
 CBR al 95% = 29.2%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



EXPANSION

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 1% de CaCl₂

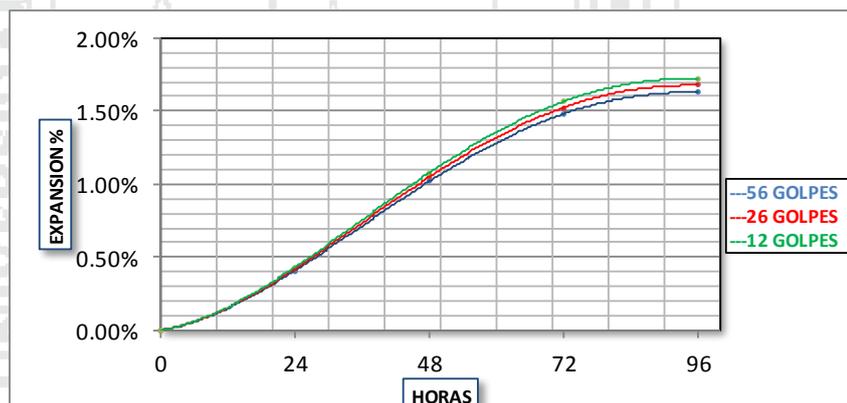
FECHA : 16 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA
CANTERA: PUNTA

55	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.41%	24
1.02%	48
1.48%	72
1.63%	96

26	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.42%	24
1.05%	48
1.52%	72
1.68%	96

12	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.43%	24
1.08%	48
1.56%	72
1.72%	96





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESvío HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 2% de CaCl₂

FECHA : 18 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA Altura del disco espaciador = 6.12

MOLDE No	A-01		RR-4		M-01	
	No DE CAPAS	5		5		5
DIAMETRO DEL MOLDE	15.220		15.260		15.220	
ALTURA DEL MOLDE	11.662		11.490		11.639	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	55		26		12	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

	gr.	11847	11878	11918	11921	11816	11822
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6693	6693	7054	7054	7186	7186
Peso del Molde	gr.	5154	5185	4864	4867	4630	4636
Peso del Suelo Humedo	cc.	2122	2122	2101	2101	2118	2118
Volumen del Molde	gr/cc.	2.429	2.444	2.315	2.316	2.186	2.189
Densidad del Suelo Humedo							

Capsula No	No	A-Y	A-30	H-K-9	A-5	W-5	B-27	T-122	A-10	B-30
Suelo Humedo + Capsula	gr.	172.7	185.98	188.66	193.93	185.04	195.43	200.97	198.05	188.26
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	165	177.47	179.15	185.04	176.51	186.28	191.62	188.89	179.43
Peso del Agua	gr.	7.77	8.51	9.51	8.89	8.53	9.15	9.35	9.16	8.83
Peso de la Capsula	gr.	18.52	17.83	16.9	19.44	19.49	17.13	16.96	19.49	17.01
Peso del Suelo Seco	gr.	146.4	159.64	162.25	165.60	157.02	169.15	174.66	169.40	162.42
% de Humedad	%	5.31%	5.33%	5.86%	5.37%	5.43%	5.41%	5.35%	5.41%	5.44%
Promedio de Humedad	%	5.32%		5.86%	5.40%		5.41%	5.38%		5.44%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.306		2.308	2.196		2.197	2.075		2.076

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/08/2016	05:04 p.m.	0 h.	21.95	0	0	7.16	0	0	13.88	0	0
19/08/2016	05:04 p.m.	72 h.	21.8	0	0.00%	7.08	0	0.00%	13.85	0	0.00%
23/08/2016	05:04 p.m.	96 h.	21.98	0.18	1.54%	7.266	0.186	1.62%	14.048	0.198	1.70%

PENETRACIÓN

Penetración	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No A-01				MOLDE No RR-4				MOLDE No M-01			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc
0	00:00		0.00	0.0	0.0		0.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
0.63	00:30		1.91	194.7	10.3		1.37	139.7	7.06		0.88	89.7	4.53	
1.27	01:00		3.82	389.4	20.7		2.79	284.4	14.38		1.96	199.8	10.10	
1.91	01:30		5.15	525.0	27.8		3.62	369.0	18.65		2.51	255.9	12.93	
2.54	02:00	70.31	6.21	633.0	33.6		4.45	453.6	22.93		3.38	344.5	17.42	
3.81	03:00		8.01	816.5	43.3		5.66	577.0	29.16		4.27	435.3	22.00	
5.09	04:00	105.46	9.24	941.90	49.9		6.59	671.8	33.96		4.98	507.6	25.66	
6.35	05:00		10.24	1043.8	55.36		7.55	769.6	38.90		5.64	574.9	29.06	
7.62	05:50		11.06	1127.4	59.79		8.45	861.4	43.54		6.17	629.0	31.79	
8.904	06:50		11.84	1206.9	64.00		9.15	932.7	47.15		6.73	686.0	34.68	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



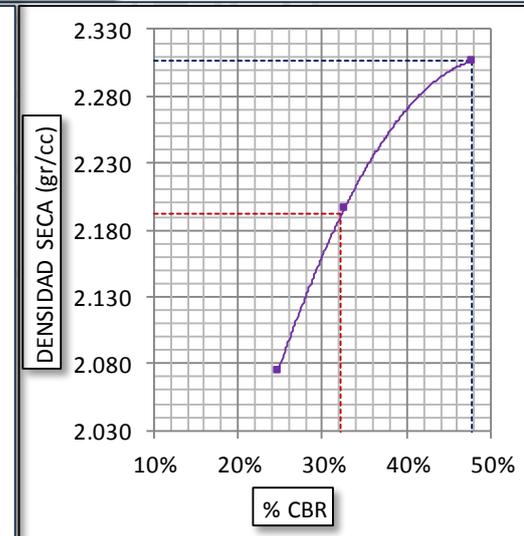
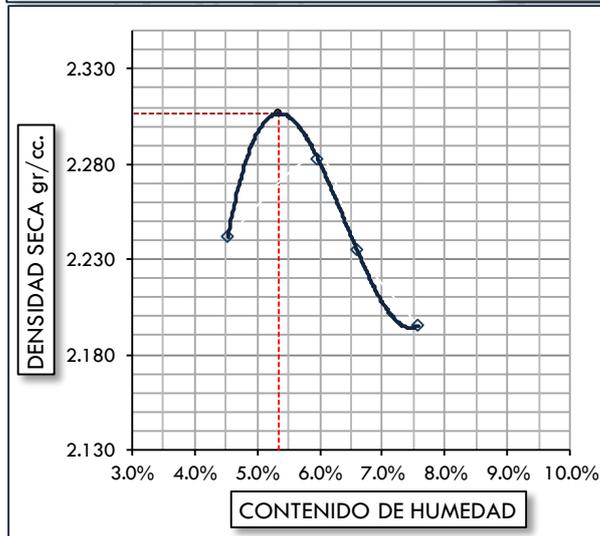
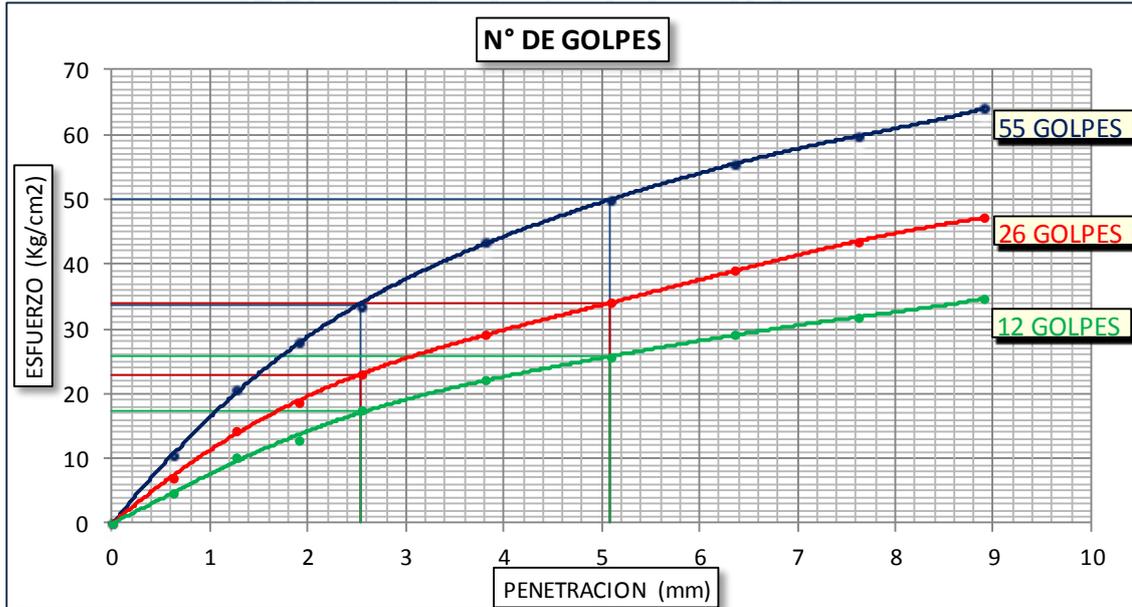
ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

UBICACIÓN : 2% de CaCl₂

FECHA : 18 de AGOSTO del 2016



PROCTOR MODIFICADO
 $\delta d_{max} = 2.307 \text{ gr/cc}$
 C.H.O. = 5.35 %

Nº de GOLPES	55	26	12
CBR 0.1"	47.7%	32.6%	24.8%
CBR 0.2"	47.4%	32.2%	24.3%

CBR al 100% = 47.7%
 CBR al 95% = 32.1%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



EXPANSION

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 2% de CaCl₂

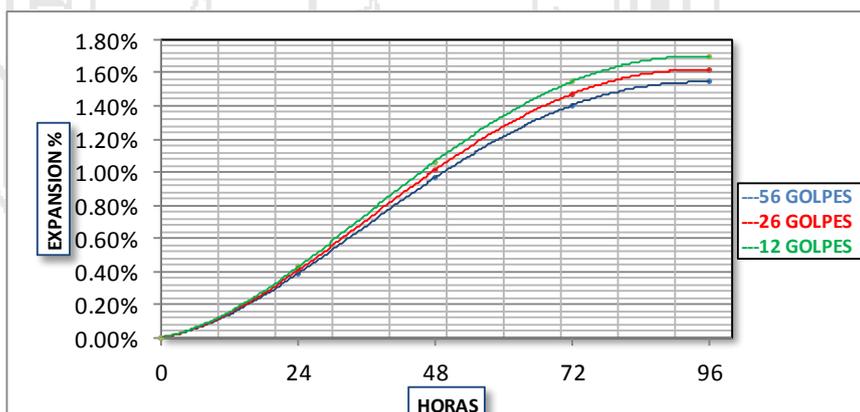
FECHA : 18 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA
CANTERA: PUNTA

55	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.39%	24
0.96%	48
1.40%	72
1.54%	96

26	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.40%	24
1.01%	48
1.47%	72
1.62%	96

12	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.43%	24
1.06%	48
1.55%	72
1.70%	96





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 3% de CaCl₂

FECHA : 19 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA Altura del disco espaciador = **6.12**

MOLDE No	H-1		5-F		H-2	
	No DE CAPAS	5		5		5
DIAMETRO DEL MOLDE	15.227		15.240		15.235	
ALTURA DEL MOLDE	11.40		11.2		11.62	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	55 GOLPES		26 GOLPES		12 GOLPES	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

	gr.	11742	11772	12215	12260	12505	12579
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6701	6701	7489	7489	7876	7876
Peso del Molde	gr.	5041	5071	4726	4771	4629	4703
Peso del Suelo Humedo	cc.	2076	2076	2043	2043	2118	2118
Volumen del Molde	gr/cc.	2.428	2.443	2.313	2.335	2.185	2.220
Densidad del Suelo Humedo							

Capsula No	No	K-7	A-30	C-1	P-12	W-12	T-09	H-11	A-5	T-15
Suelo Humedo + Capsula	gr.	190.22	286.08	154.98	188.94	178.35	194.46	195	196.58	188.27
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	181.29	272.23	147.09	180.16	170.08	183.66	185.9	187.32	177
Peso del Agua	gr.	8.93	13.85	7.89	8.78	8.27	10.8	9.07	9.26	11.27
Peso de la Capsula	gr.	16.25	17.80	15.94	18.53	19.08	17.3	19.99	19.44	16.23
Peso del Suelo Seco	gr.	165	254.43	131.15	161.63	151.00	166.36	165.90	167.88	160.77
% de Humedad	%	5.41%	5.44%	6.02%	5.43%	5.48%	6.49%	5.47%	5.52%	7.01%
Promedio de Humedad	%	5.43%		6.02%	5.45%		6.49%	5.49%		7.01%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.303		2.304	2.194		2.193	2.072		2.075

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/08/2016	05:04 p.m.	0 h.	21.85	0	0	7.06	0	0	13.78	0	0
19/08/2016	05:04 p.m.	72 h.	21.7	0	0.00%	6.98	0	0.00%	13.75	0	0.00%
23/08/2016	05:04 p.m.	96 h.	21.873	0.173	1.52%	7.16	0.18	1.61%	13.945	0.195	1.68%

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No H-1				MOLDE No 5-F				MOLDE No H-2			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0	00:00		0.00	0.0	0.0		0.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
0.63	00:30		2.01	204.9	10.9		1.47	149.8	7.57		0.98	99.9	5.05	
1.27	01:00		3.92	399.6	21.2		2.99	304.8	15.41		2.16	220.2	11.13	
1.91	01:30		5.35	545.4	28.9		3.82	389.4	19.68		2.71	276.2	13.96	
2.54	02:00	70.31	6.41	653.4	34.7		4.65	474.0	23.96		3.58	364.9	18.45	
3.81	03:00		8.21	836.9	44.4		5.86	597.3	30.20		4.47	455.7	23.03	
5.09	04:00	105.46	9.54	972.48	51.6		6.79	692.2	34.99		5.18	528.0	26.69	
6.35	05:00		10.54	1074.4	56.98		7.75	790.0	39.93		5.84	595.3	30.09	
7.62	05:50		11.36	1158.0	61.41		8.65	881.8	44.57		6.37	649.3	32.82	
8.904	06:50		12.14	1237.5	65.63		9.35	953.1	48.18		6.93	706.4	35.71	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



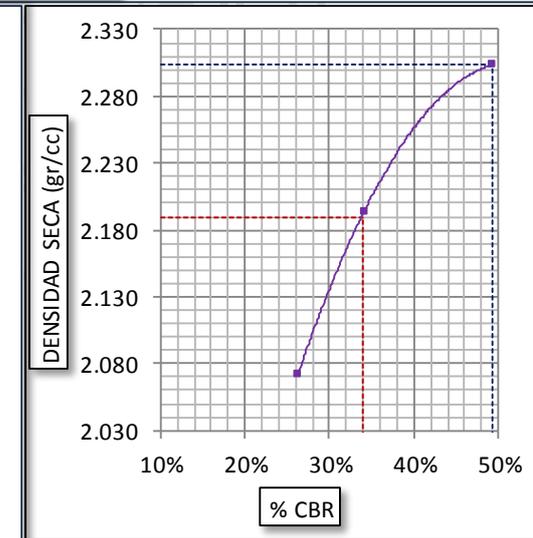
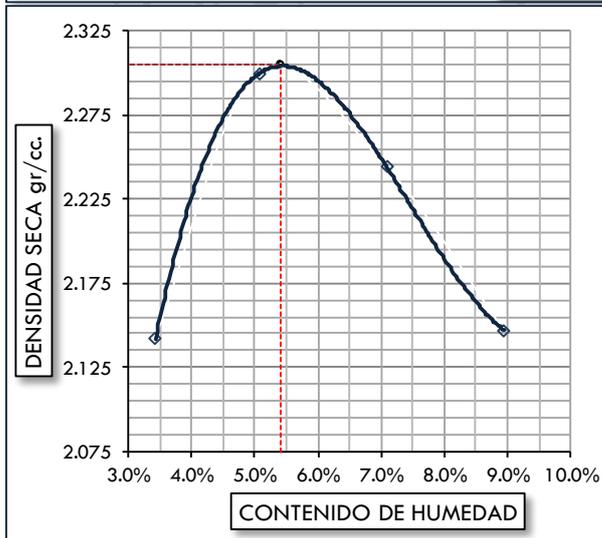
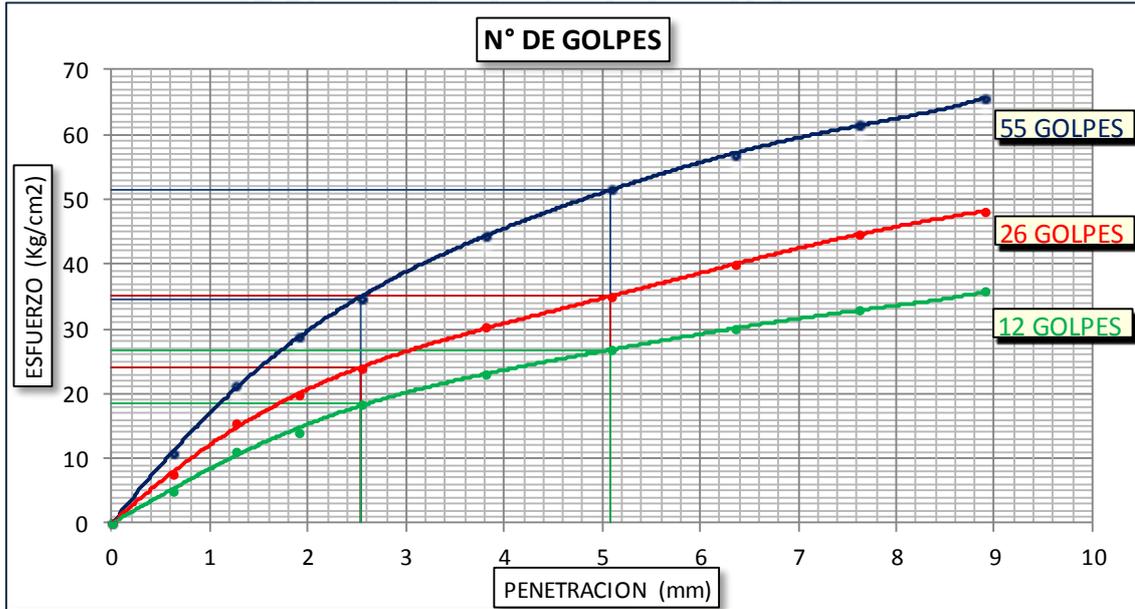
ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 3% de CaCl₂

FECHA : 19 de AGOSTO del 2016



PROCTOR MODIFICADO
 $\delta d_{max} = 2.305 \text{ gr/cc}$
 C.H.O. = 5.42 %

Nº de GOLPES	55	26	12
CBR 0.1"	49.3%	34.1%	26.2%
CBR 0.2"	48.9%	33.2%	25.3%

CBR al 100% = 49.3%
 CBR al 95% = 33.9%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



EXPANSION

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 3% de CaCl₂

FECHA : 19 de AGOSTO del 2016

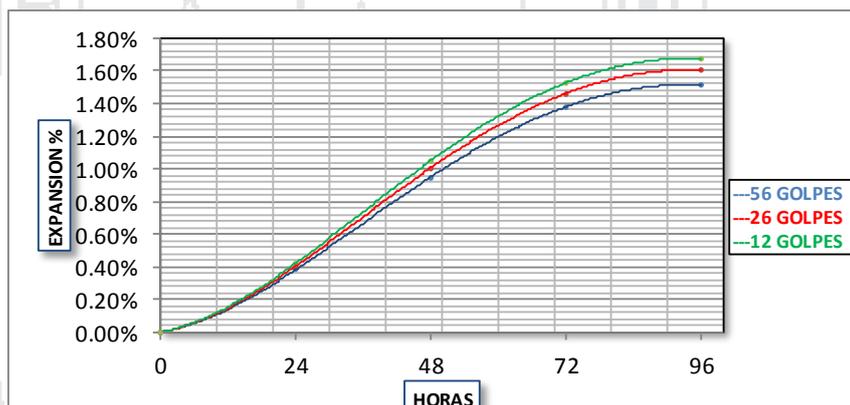
DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA

55 GOLPES	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.38%	24
0.95%	48
1.38%	72
1.52%	96

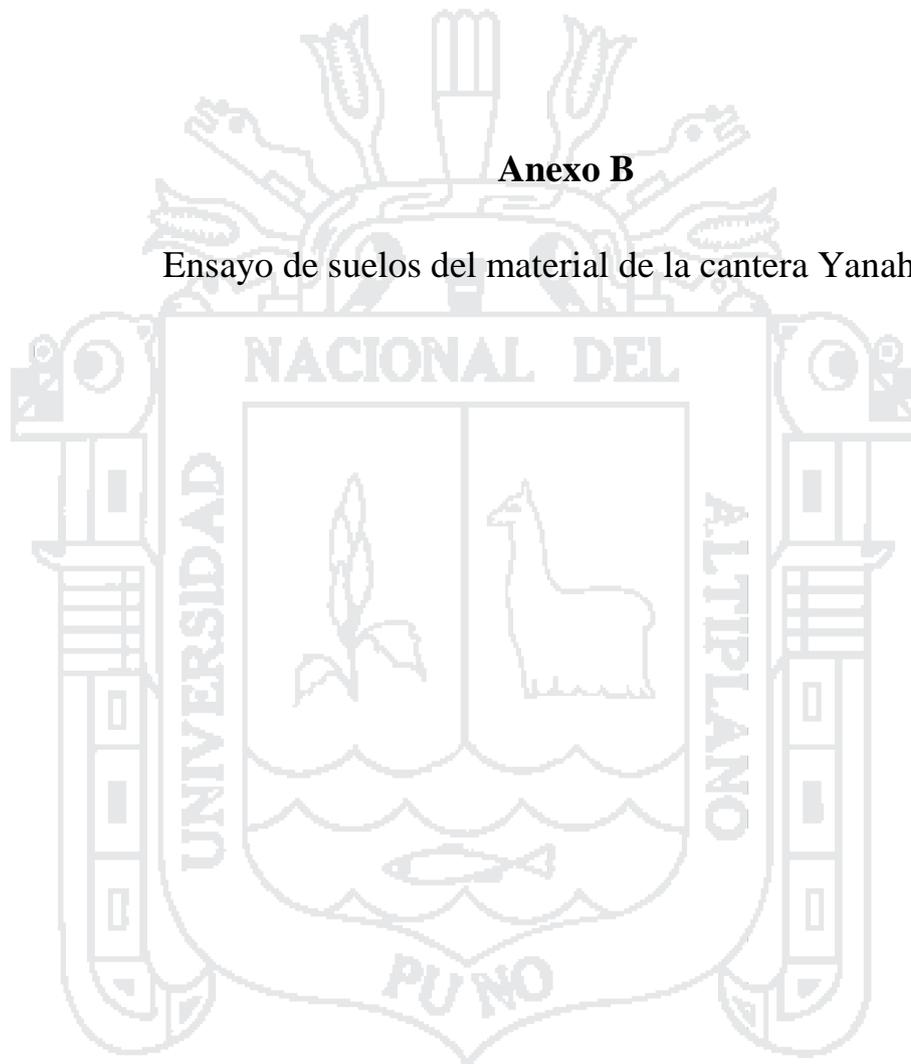
26 GOLPES	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.40%	24
1.00%	48
1.46%	72
1.61%	96

12 GOLPES	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.42%	24
1.05%	48
1.53%	72
1.68%	96



Anexo B

Ensayo de suelos del material de la cantera Yanahoco





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



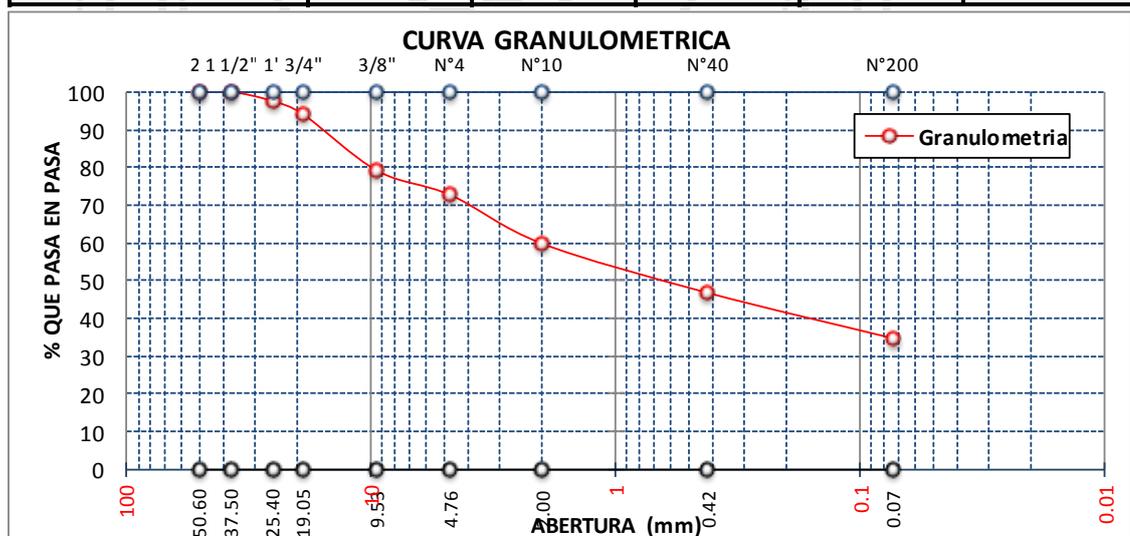
ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO (ASTM D 421)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) – PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : SIN ADITIVO
FECHA : 27de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCO

PESO INICIAL SECO		3503					gr
PESO SECO LAVADO		2073					gr
TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE	DIAMETRO	
ASTM	mm	gr	%	%	%	D60;D30;D10	
2"	50.600		0.00	0.00	100.00	D60	
1 1/2"	37.500		0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	86.01	2.46	2.46	97.54	2.025	
3/4"	19.050	124.00	3.54	6.00	94.00	D30	
1/2"	12.700	245.99	7.02	13.02	86.98		
3/8"	9.525	275.03	7.85	20.87	79.13	0.00	
1/4"	6.350	127.00	3.63	24.49	75.51	D10	
N°4	4.760	100.00	2.85	27.35	72.65		
N°8	2.380	334.00	9.53	36.88	63.12	0	
N°10	2.000	117.00	3.34	40.22	59.78	Cu	
N°20	0.840	291.00	8.31	48.53	51.47		
N°40	0.420	161.00	4.60	53.13	46.87	Cc	
N°60	0.250	128.00	3.65	56.78	43.22		
N°80	0.180	94.00	2.68	59.46	40.54		
N°100	0.149	61.00	1.74	61.21	38.79		
N°200	0.074	141.00	4.03	65.23	34.77		
BASE		1217.97	34.77	100.00	0.00		





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



SISTEMA DE CLASIFICACION AASTHO

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : SIN ADITIVO

FECHA : 27 de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: YANAHOCO

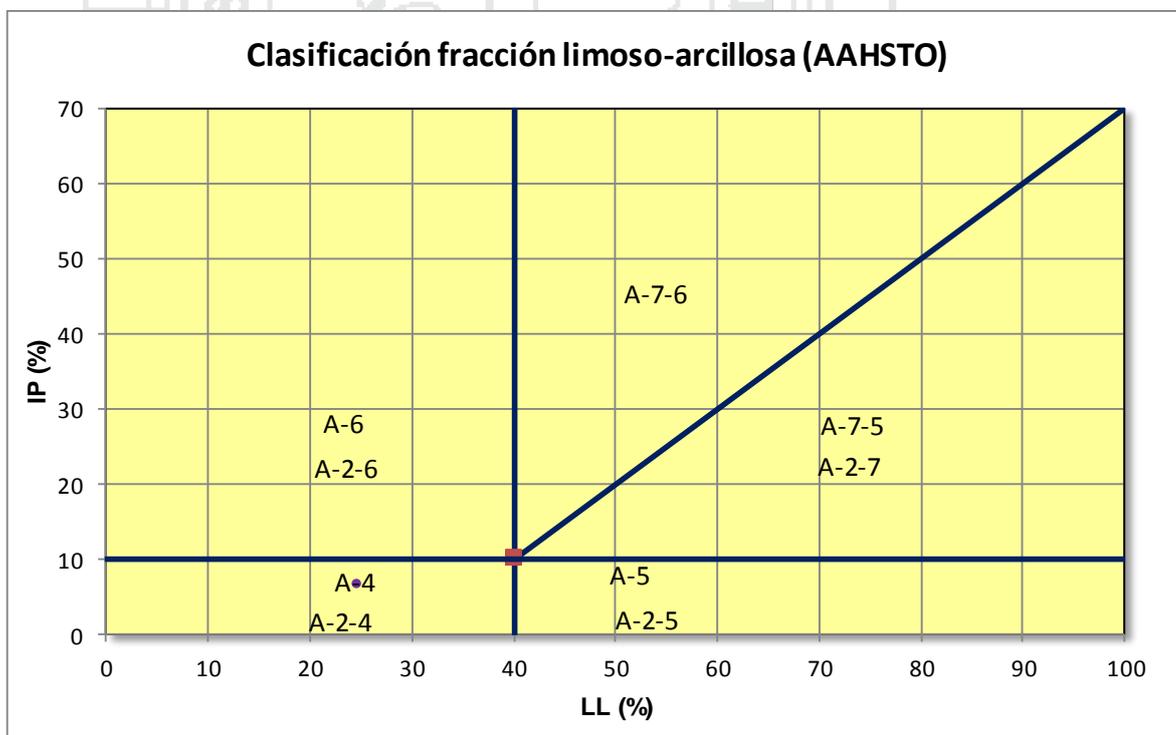
% Que pasa la malla N°4 : 72.65%
 % Que pasa la malla N°10 : 59.78%
 % Que pasa la malla N°40 : 46.87%
 % Que pasa la malla N°200 : 34.77%
 % Grava : 40.22%

L.L.=	24.72	%
I.P.=	6.7	%

$$IG = (F_{200} - 35)(0.2 + 0.005(L.L. - 40)) + 0.01(F_{200} - 15)(I.P. - 10)$$

I.G. = 1

Por lo tanto el suelo pertenece a: **A - 2 - 4 (1)**



MATERIALES GRANULARES
(A-2-4(1)); Grava y Arenas Limosas o Arcillosas



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

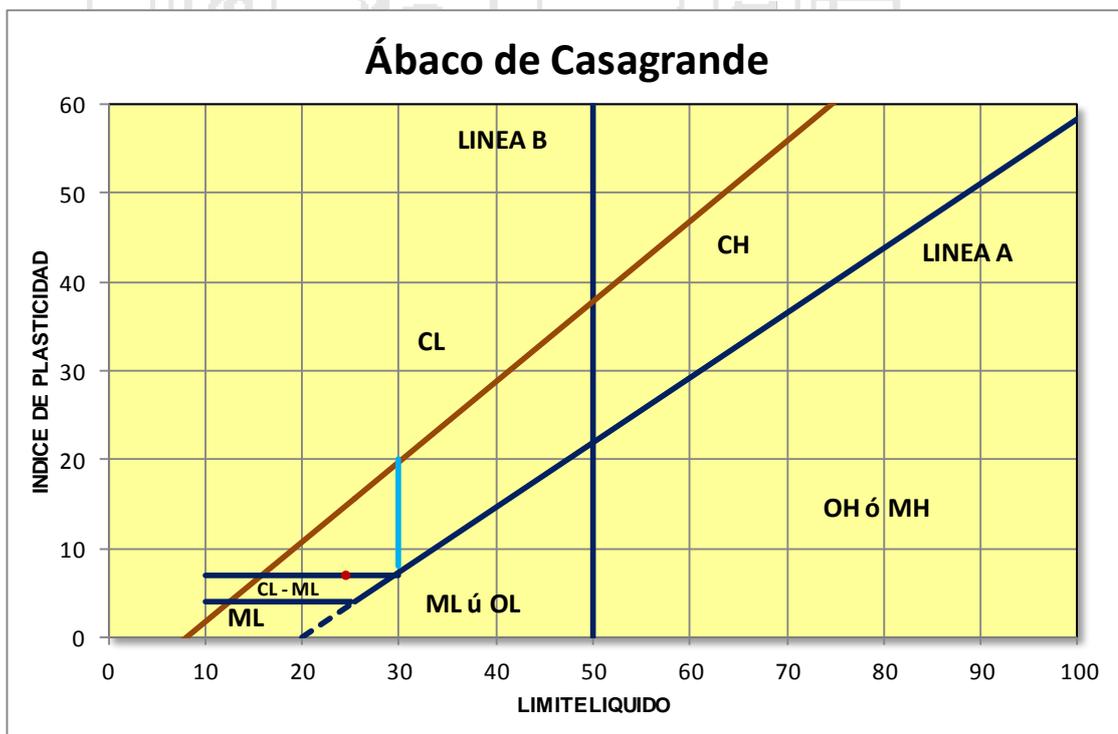
MUESTRA : SIN ADITIVO

FECHA : 27de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANtera : YANAHOCO

% Que pasa la malla N°4	72.65%	L.L.=	24.72	%
% Que pasa la malla N°10	59.78%	I.P.=	6.7	%
% Que pasa la malla N°40	46.87%			
% Que pasa la malla N°200	34.77%			
%Grava	27.35%			
%Arena	37.88%			
%Finos	34.77%	72.65%		



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
Arena Limosa-Arcillosa con grava SC-SM



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESUDIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
MUESTRA : SIN ADITIVO
FECHA : 27de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCO

LIMITE LIQUIDO

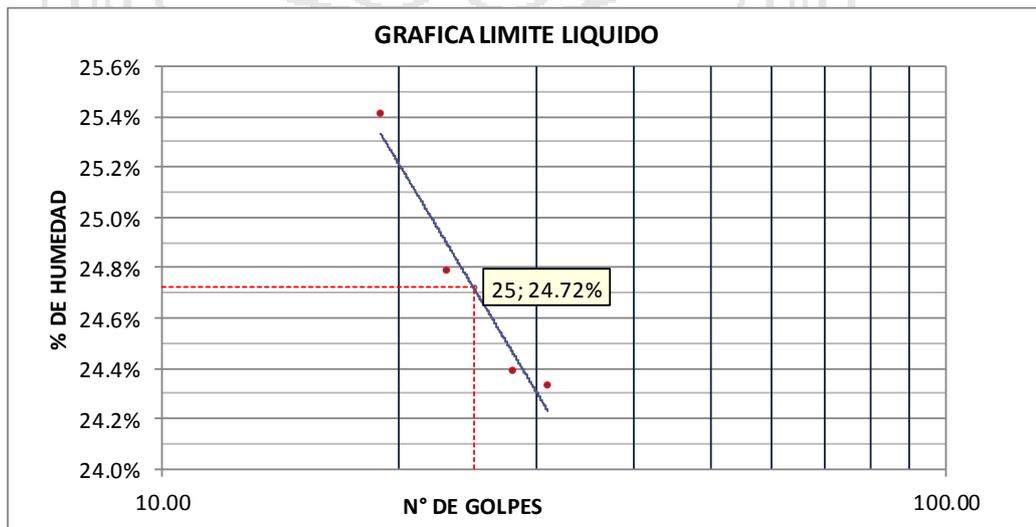
# Tara	W-5	H-08	C-3	W-40
W tara gr.	19.49	19.54	19.49	29.39
W tara + W s. humedo gr.	36.30	36.42	35.55	46.07
W tara + W s. seco gr.	33.01	33.11	32.36	42.69
W agua gr.	3.29	3.31	3.19	3.38
W s. seco gr.	13.52	13.57	12.87	13.30
% de humedad w(%)	24.33%	24.39%	24.79%	25.41%
N° de golpes	31	28	23	19

LIMITE PLASTICO

# Tara	N-08	R-09	T-A	A-4
W tara gr.	18.38	21.61	18.57	18.73
W tara + W s. humedo gr.	19.70	24.75	21.10	23.24
W tara + W s. seco gr.	19.50	24.27	20.71	22.55
W agua gr.	0.20	0.48	0.39	0.69
W s. seco gr.	1.12	2.66	2.14	3.82
% de humedad w(%)	17.86%	18.05%	18.22%	18.06%

LIMITE LIQUIDO 24.72%
 LIMITE PLASTICO 18.05%
 INDICE DE PLASTICIDAD 6.67%

GRAFICA LIMITE LIQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ – CHUPA) – PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
UBICACIÓN : 1% CaCl₂
FECHA : 15 de JULIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCO

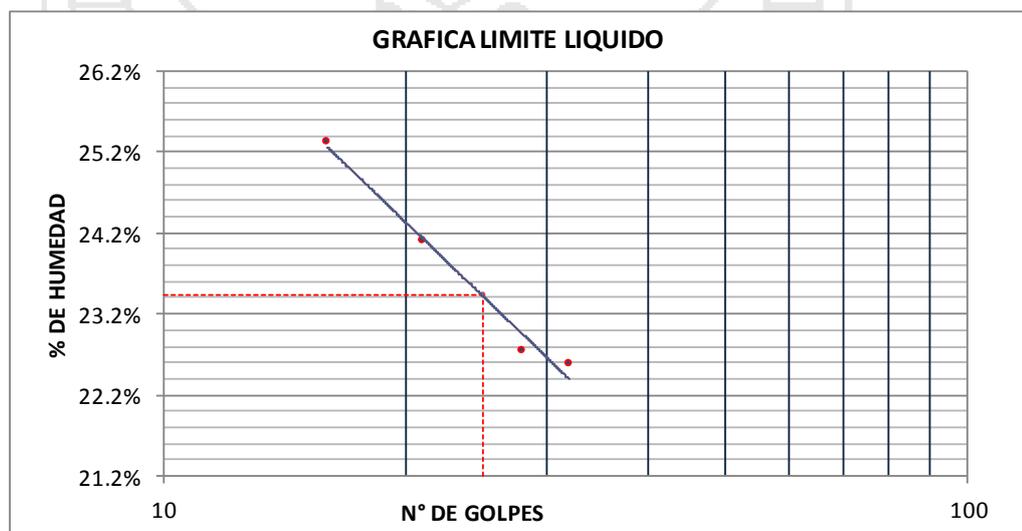
LIMITE LIQUIDO

# Tara		T-A	A-35	B-2	SF-02
W tara	gr.	18.57	31.91	13.79	13.88
W tara + W s. humedo	gr.	27.53	43.84	24.19	24.92
W tara + W s. seco	gr.	25.88	41.63	22.17	22.69
W agua	gr.	1.65	2.21	2.02	2.23
W s. seco	gr.	7.31	9.72	8.38	8.81
% de humedad	w(%)	22.57%	22.74%	24.11%	25.31%
N° de golpes		32	28	21	16

LIMITE PLASTICO

# Tara		C-3	X-2	T-113	T-02
W tara	gr.	19.49	33.05	35.41	32.20
W tara + W s. humedo	gr.	21.61	34.97	37.59	33.23
W tara + W s. seco	gr.	21.30	34.69	37.27	33.08
W agua	gr.	0.31	0.28	0.32	0.15
W s. seco	gr.	1.81	1.64	1.86	0.88
% de humedad	w(%)	17.13%	17.07%	17.20%	17.05%

LIMITE LIQUIDO 23.43%
 LIMITE PLASTICO 17.11%
 INDICE DE PLASTICIDAD 6.32%





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
UBICACIÓN : 2% CaCl₂
FECHA : 15 de JULIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCO

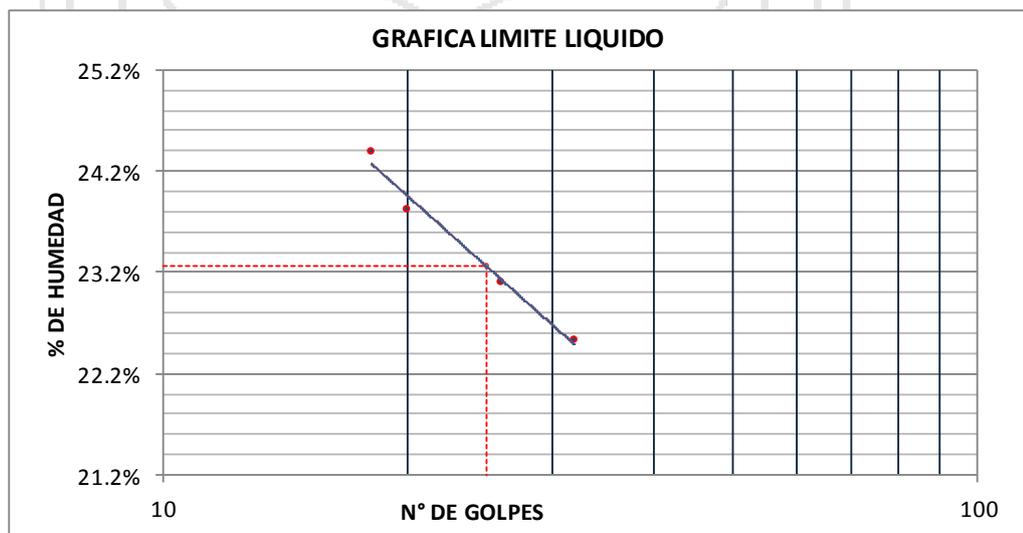
LIMITE LIQUIDO

# Tara		R-9	A-30	Z-0	A-7
W tara	gr.	23.01	24.46	13.80	22.41
W tara + W s. humedo	gr.	37.75	40.07	29.60	39.65
W tara + W s. seco	gr.	35.04	37.14	26.56	36.27
W agua	gr.	2.71	2.93	3.04	3.38
W s. seco	gr.	12.03	12.68	12.76	13.86
% de humedad	w(%)	22.53%	23.11%	23.82%	24.39%
N° de golpes		32	26	20	18

LIMITE PLASTICO

# Tara		Z-1	H-01	T-09	T-2
W tara	gr.	19.32	19.53	17.31	17.59
W tara + W s. humedo	gr.	22.29	24.95	21.78	21.31
W tara + W s. seco	gr.	21.86	24.16	21.13	20.77
W agua	gr.	0.43	0.79	0.65	0.54
W s. seco	gr.	2.54	4.63	3.82	3.18
% de humedad	w(%)	16.93%	17.06%	17.02%	16.98%

LIMITE LIQUIDO 23.27%
LIMITE PLASTICO 17.00%
INDICE DE PLASTICIDAD 6.27%





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
UBICACIÓN : 3% CaCl₂
FECHA : 15 de JULIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCO

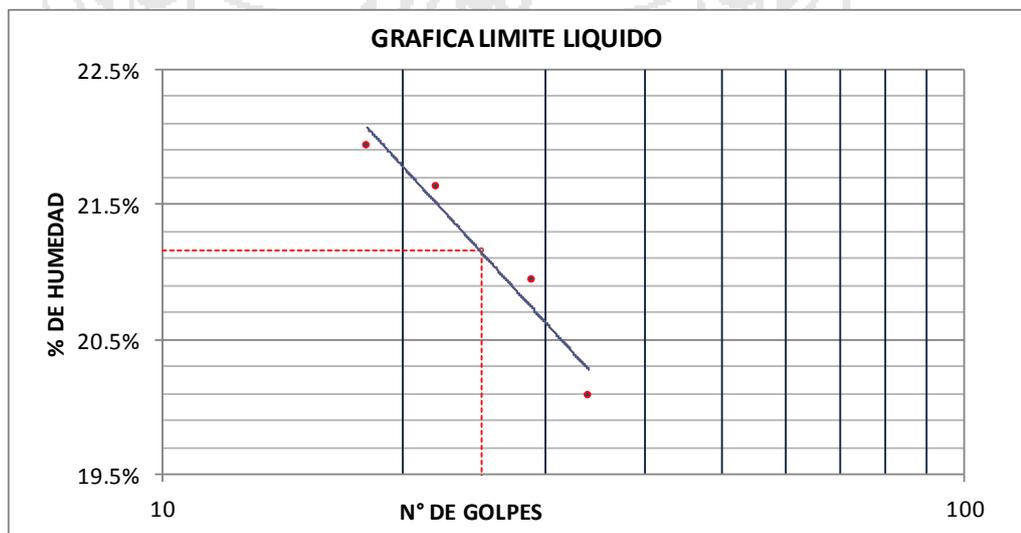
LIMITE LIQUIDO

# Tara		H-01	Z-1	T-09	T-4
W tara	gr.	19.53	19.32	17.31	13.47
W tara + W s. humedo	gr.	33.40	34.05	31.99	30.20
W tara + W s. seco	gr.	31.08	31.50	29.38	27.19
W agua	gr.	2.32	2.55	2.61	3.01
W s. seco	gr.	11.55	12.18	12.07	13.72
% de humedad	w(%)	20.09%	20.94%	21.62%	21.94%
N° de golpes		34	29	22	18

LIMITE PLASTICO

# Tara		T-122	RK-1	J-110	B-08
W tara	gr.	17.01	19.76	29.32	14.11
W tara + W s. humedo	gr.	17.77	21.16	30.65	15.70
W tara + W s. seco	gr.	17.66	20.96	30.46	15.47
W agua	gr.	0.11	0.20	0.19	0.23
W s. seco	gr.	0.65	1.20	1.14	1.36
% de humedad	w(%)	16.92%	16.67%	16.67%	16.91%

LIMITE LIQUIDO 21.16%
 LIMITE PLASTICO 16.79%
 INDICE DE PLASTICIDAD 4.37%





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
UBICACIÓN : PERMA ZYME 1Lt. en 30m3
FECHA : 17 de JULIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCO

LIMITE LIQUIDO

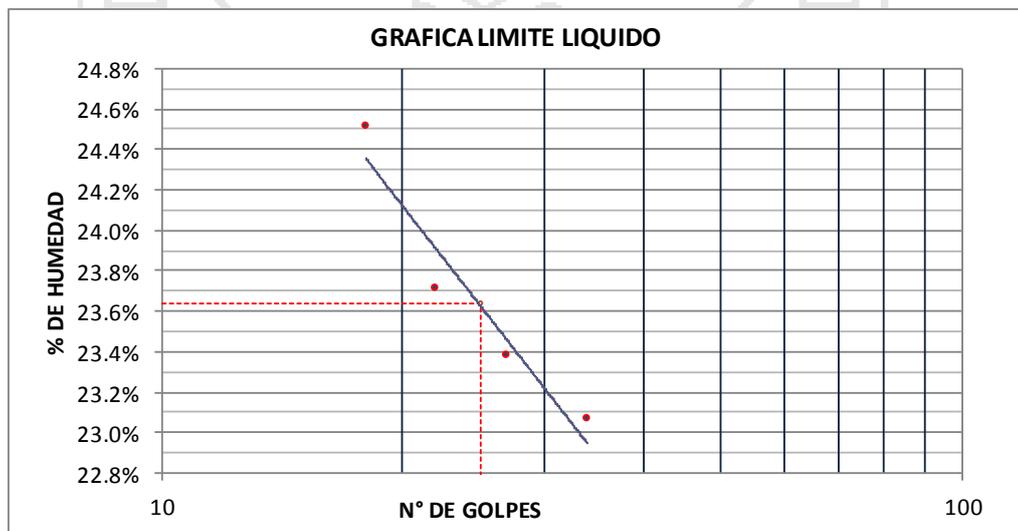
# Tara		T-85	A-9	B-13	A-37
W tara	gr.	16.29	16.80	10.30	13.42
W tara + W s. humedo	gr.	30.59	30.68	25.43	27.59
W tara + W s. seco	gr.	27.91	28.05	22.53	24.80
W agua	gr.	2.68	2.63	2.90	2.79
W s. seco	gr.	11.62	11.25	12.23	11.38
% de humedad	w(%)	23.06%	23.38%	23.71%	24.52%
N° de golpes		34	27	22	18

LIMITE PLASTICO

# Tara		H-2	T-91	Z-01	PRX-2
W tara	gr.	33.07	35.34	33.52	15.27
W tara + W s. humedo	gr.	34.90	37.08	35.58	17.02
W tara + W s. seco	gr.	34.63	36.82	35.27	16.76
W agua	gr.	0.27	0.26	0.31	0.26
W s. seco	gr.	1.56	1.48	1.75	1.49
% de humedad	w(%)	17.31%	17.57%	17.71%	17.45%

LIMITE LIQUIDO 23.64%
LIMITE PLASTICO 17.51%
INDICE DE PLASTICIDAD 6.13%

GRAFICA LIMITE LIQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESUDIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
UBICACIÓN : PERMA ZYME 1,5Lt. en 30m3
FECHA : 17 de JULIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCO

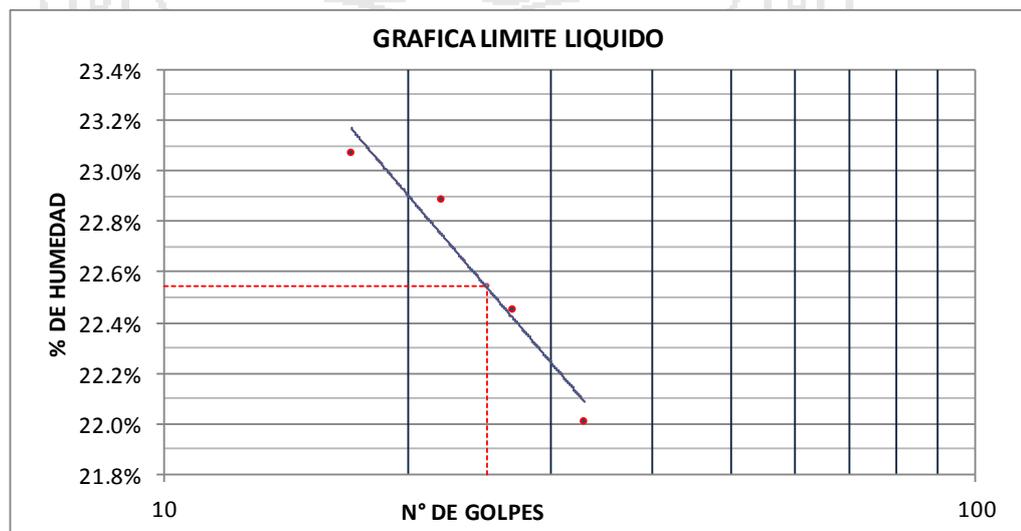
LIMITE LIQUIDO

# Tara		B-29	P-4	H-1	A-105
W tara	gr.	17.13	13.68	31.74	30.31
W tara + W s. humedo	gr.	31.60	29.06	47.15	46.10
W tara + W s. seco	gr.	28.99	26.24	44.28	43.14
W agua	gr.	2.61	2.82	2.87	2.96
W s. seco	gr.	11.86	12.56	12.54	12.83
% de humedad	w(%)	22.01%	22.45%	22.89%	23.07%
N° de golpes		33	27	22	17

LIMITE PLASTICO

# Tara		T-89	B-27	A-12	B-3
W tara	gr.	10.52	17.02	17.05	13.02
W tara + W s. humedo	gr.	12.52	19.36	19.69	14.75
W tara + W s. seco	gr.	12.24	19.03	19.32	14.50
W agua	gr.	0.28	0.33	0.37	0.25
W s. seco	gr.	1.72	2.01	2.27	1.48
% de humedad	w(%)	16.28%	16.42%	16.30%	16.89%

LIMITE LIQUIDO 22.55%
LIMITE PLASTICO 16.47%
INDICE DE PLASTICIDAD 6.07%





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESvío HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
UBICACIÓN : PERMA ZYME 2Lt. en 30m3
FECHA : 17 de JULIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCO

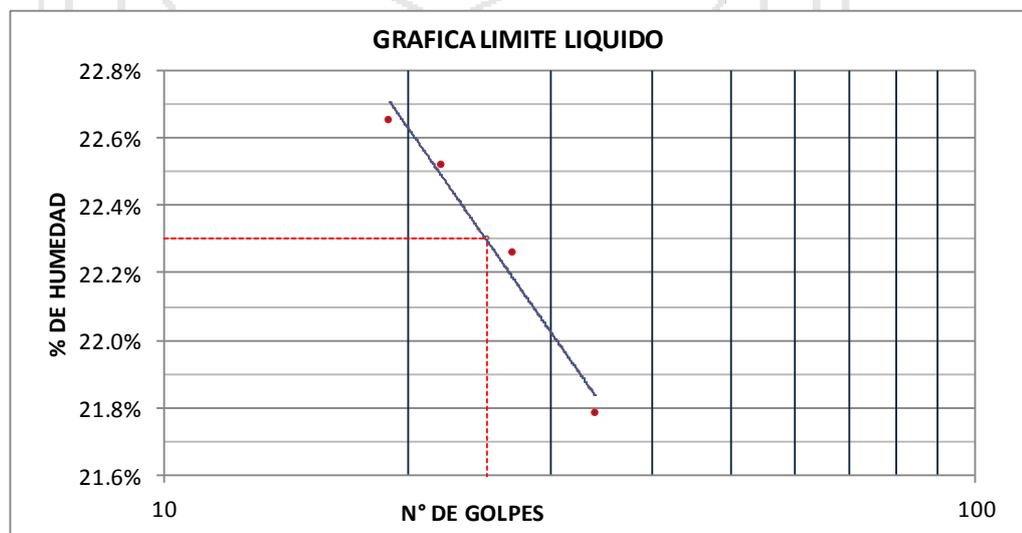
LIMITE LIQUIDO

# Tara		B-09	T-05	T-001	T-03
W tara	gr.	16.54	16.78	11.23	19.62
W tara + W s. humedo	gr.	30.07	31.39	25.92	32.02
W tara + W s. seco	gr.	27.65	28.73	23.22	29.73
W agua	gr.	2.42	2.66	2.70	2.29
W s. seco	gr.	11.11	11.95	11.99	10.11
% de humedad	w(%)	21.78%	22.26%	22.52%	22.65%
N° de golpes		34	27	22	19

LIMITE PLASTICO

# Tara		T-32	A-31	PRX-1	B-15
W tara	gr.	13.76	16.57	17.61	17.15
W tara + W s. humedo	gr.	15.24	18.02	18.96	19.26
W tara + W s. seco	gr.	15.03	17.82	18.77	18.96
W agua	gr.	0.21	0.20	0.19	0.30
W s. seco	gr.	1.27	1.25	1.16	1.81
% de humedad	w(%)	16.54%	16.00%	16.38%	16.57%

LIMITE LIQUIDO 22.30%
LIMITE PLASTICO 16.37%
INDICE DE PLASTICIDAD 5.93%





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

UBICACIÓN : SIN ADITIVO

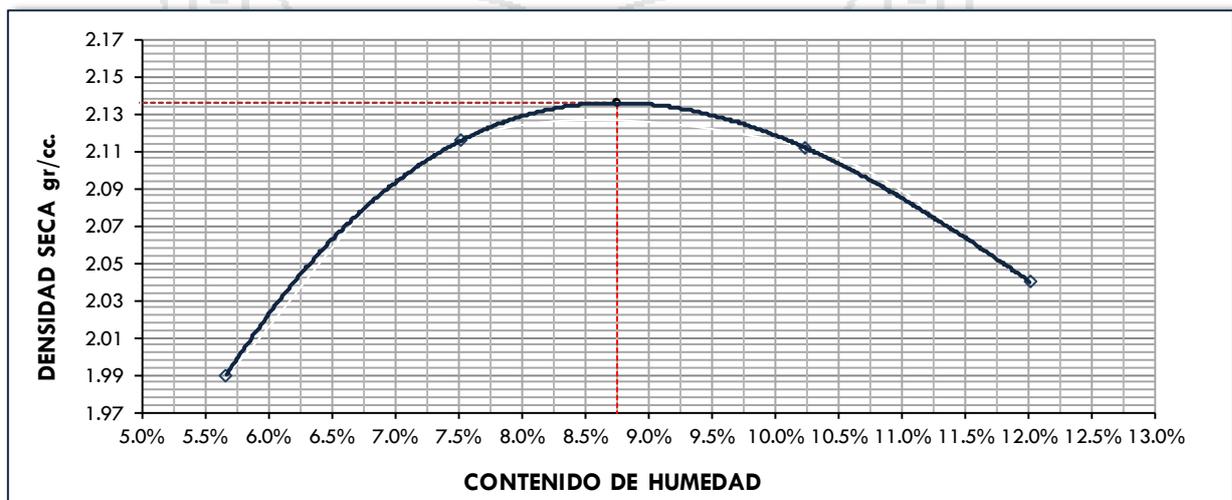
FECHA : 24de JUNIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCHO		No DE GOLPES		56					
MOLDE No	VARIOS		VOLUMEN DEL MOLDE (1)		2106 cc				
No DE CAPAS	3		VOLUMEN DEL MOLDE (2)		2121 cc				
% de agua	%	5%	7%	9%	11%				
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10799	11161	11275	11183				
Peso del Molde	gr.	6370	6370	6371	6370				
Peso del Suelo Humedo	gr.	4429	4791	4904	4813				
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.10	2.27	2.33	2.28				
Nº TARA		W-40	T-8	W-5	H-08	A-30	A-31	A-31	C-3
Peso de la Tara	gr.	29.39	34.15	19.48	19.54	17.81	16.59	16.57	19.49
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	141.08	138.97	111.40	129.59	81.87	92.43	119.56	119.27
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	135.21	133.23	105.20	121.62	75.86	85.46	108.85	108.24
Peso del Agua	gr.	5.87	5.74	6.20	7.97	6.01	6.97	10.71	11.03
Peso del Suelo Seco	gr.	105.82	99.08	85.72	102.08	58.05	68.87	92.28	88.75
Contenido de humedad	%	5.55	5.79	7.23	7.81	10.35	10.12	11.61	12.43
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.67		7.52		10.24		12.02	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	1.990		2.115		2.112		2.040	

METODO : C	MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.136 gr/cc
	HUMEDAD OPTIMA :	8.75 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

UBICACIÓN : 1% Ca Cl2

FECHA : 23 de JULIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

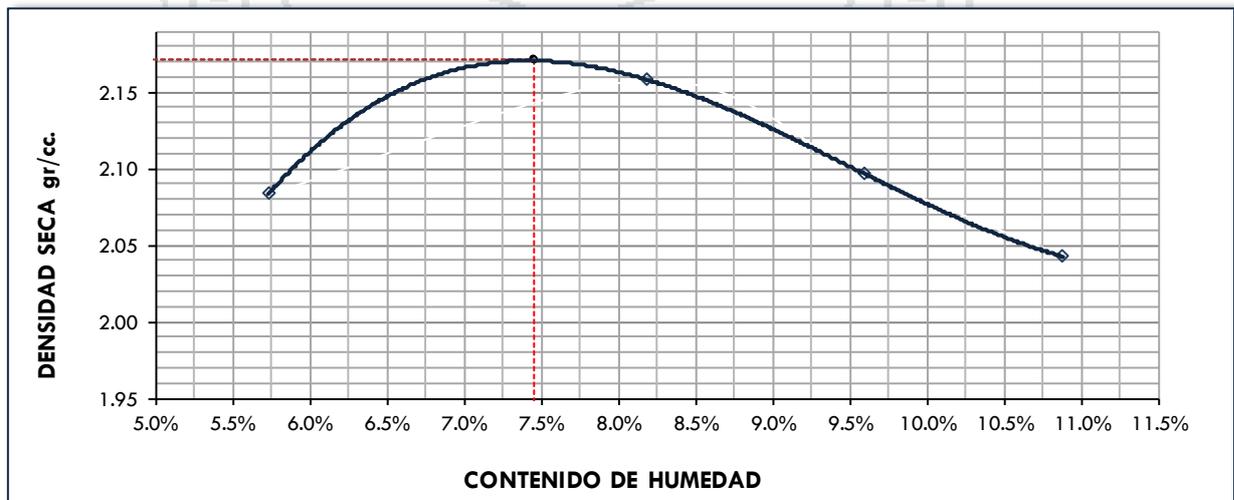
DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCHO

				No DE GOLPES				56	
MOLDE No		VARIOS		VOLUMEN DEL MOLDE (1)				2129 cc	
No DE CAPAS		5		VOLUMEN DEL MOLDE (2)				0 cc	
% de agua	%	5%		7%		9%		11%	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10873		11154		11075		11005	
Peso del Molde	gr.	6182		6182		6182		6182	
Peso del Suelo Humedo	gr.	4691		4972		4893		4823	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.20		2.33		2.30		2.26	
Nº TARA		W-5	Z-1	T-17	R-9	H-01	Z-0	A-7	T-A
Peso de la Tara	gr.	19.48	19.32	17.30	21.61	19.53	16.82	20.05	18.57
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	120.32	102.74	97.14	126.29	92.26	116.46	123.69	104.51
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	115.41	97.76	91.61	117.70	86.48	106.94	112.48	96.96
Peso del Agua	gr.	4.91	4.98	5.53	8.59	5.78	9.52	11.21	7.55
Peso del Suelo Seco	gr.	95.93	78.44	74.31	96.09	66.95	90.12	92.43	78.39
Contenido de humedad	%	5.12	6.35	7.44	8.94	8.63	10.56	12.13	9.63
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.73		8.19		9.60		10.88	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.084		2.158		2.097		2.043	

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.171 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 7.45 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

UBICACIÓN : 2% Ca Cl2

FECHA : 24 de JULIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

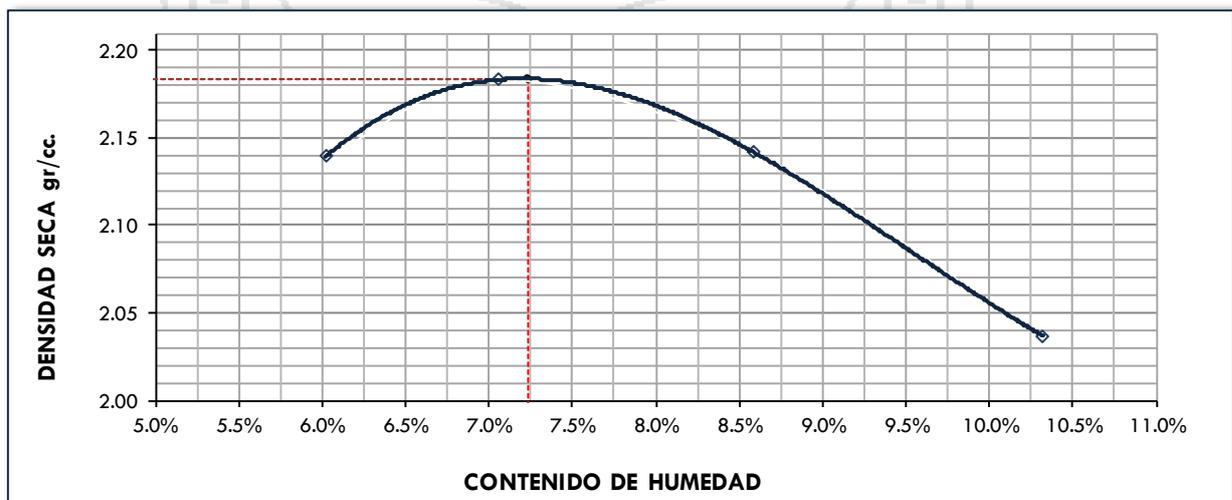
DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCHO

				No DE GOLPES				56	
MOLDE No		VARIOS		VOLUMEN DEL MOLDE (1)				2129 cc	
No DE CAPAS		5		VOLUMEN DEL MOLDE (2)				0 cc	
% de agua	%	5%		7%		9%		11%	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11012		11159		11134		10967	
Peso del Molde	gr.	6182		6182		6182		6182	
Peso del Suelo Humedo	gr.	4830		4977		4952		4785	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.27		2.34		2.33		2.25	
Nº TARA		B-09	B-27	T-89	B-2	C-1	P-8	B-31	T-001
Peso de la Tara	gr.	16.65	17.12	10.52	10.34	15.96	16.43	13.03	13.15
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	126.47	113.06	101.04	104.72	102.47	96.37	111.14	139.91
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	120.31	107.54	95.01	98.57	95.18	90.46	101.98	128.03
Peso del Agua	gr.	6.16	5.52	6.03	6.15	7.29	5.91	9.16	11.88
Peso del Suelo Seco	gr.	103.66	90.42	84.49	88.23	79.22	74.03	88.95	114.88
Contenido de humedad	%	5.94	6.10	7.14	6.97	9.20	7.98	10.30	10.34
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6.02		7.05		8.59		10.32	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.139		2.183		2.142		2.037	

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.184 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 7.23 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

UBICACIÓN : 3% Ca Cl2

FECHA : 25de JULIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

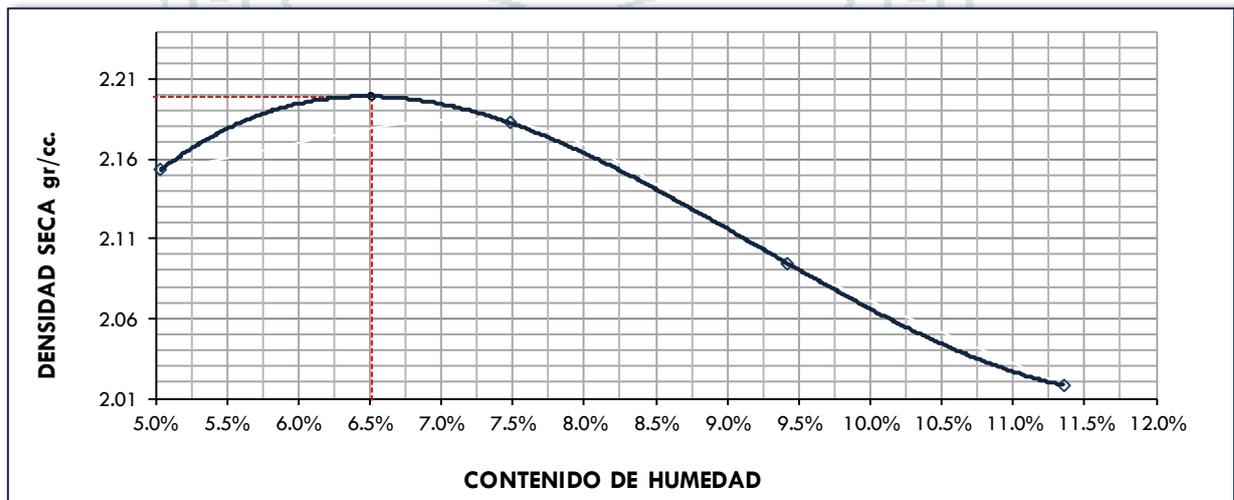
DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCHO

				No DE GOLPES				56	
MOLDE No		VARIOS		VOLUMEN DEL MOLDE (1)				2129 cc	
No DE CAPAS		5		VOLUMEN DEL MOLDE (2)				0 cc	
% de agua	%	5%		7%		9%		11%	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10997		11177		11062		10967	
Peso del Molde	gr.	6182		6182		6182		6182	
Peso del Suelo Humedo	gr.	4815		4995		4880		4785	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.26		2.35		2.29		2.25	
Nº TARA		W-5	Z-1	T-17	R-9	H-01	Z-0	A-7	T-A
Peso de la Tara	gr.	19.48	19.32	17.30	21.61	19.53	16.82	20.05	18.57
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	113.44	87.28	102.43	100.84	124.57	105.20	139.93	117.00
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	109.30	83.76	96.27	95.55	115.64	97.49	127.69	106.98
Peso del Agua	gr.	4.14	3.52	6.16	5.29	8.93	7.71	12.24	10.02
Peso del Suelo Seco	gr.	89.82	64.44	78.97	73.94	96.11	80.67	107.64	88.41
Contenido de humedad	%	4.61	5.46	7.80	7.15	9.29	9.56	11.37	11.33
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.04		7.48		9.42		11.35	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.153		2.183		2.094		2.018	

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.199 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 6.51 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

UBICACIÓN : 1Lt de PZ en 30 m3

FECHA : 25de JULIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

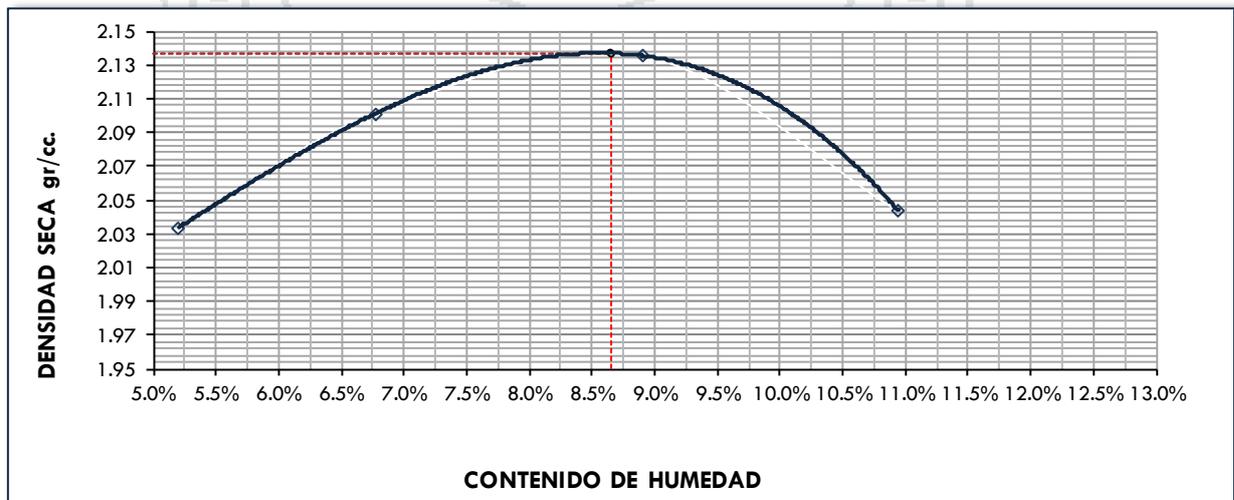
DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCHO

				No DE GOLPES				56	
MOLDE No		VARIOS		VOLUMEN DEL MOLDE (1)				2129 cc	
No DE CAPAS		5		VOLUMEN DEL MOLDE (2)				0 cc	
% de agua	%	5%		7%		9%		11%	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10737		10959		11134		11010	
Peso del Molde	gr.	6182		6182		6182		6182	
Peso del Suelo Humedo	gr.	4555		4777		4952		4828	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.14		2.24		2.33		2.27	
Nº TARA		B-09	B-27	T-89	B-2	C-1	P-8	B-31	T-001
Peso de la Tara	gr.	16.65	17.12	10.52	10.34	15.96	16.43	13.03	13.15
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	111.00	101.69	92.81	100.07	103.47	118.56	121.36	110.02
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	106.25	97.59	87.32	94.68	96.08	110.48	109.63	101.42
Peso del Agua	gr.	4.75	4.10	5.49	5.39	7.39	8.08	11.73	8.60
Peso del Suelo Seco	gr.	89.60	80.47	76.80	84.34	80.12	94.05	96.60	88.27
Contenido de humedad	%	5.30	5.10	7.15	6.39	9.22	8.59	12.14	9.74
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.20		6.77		8.91		10.94	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.033		2.101		2.135		2.044	

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.137 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8.65 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

UBICACIÓN : 1.5 Lt de PZ en 30 m3

FECHA : 28 de JULIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

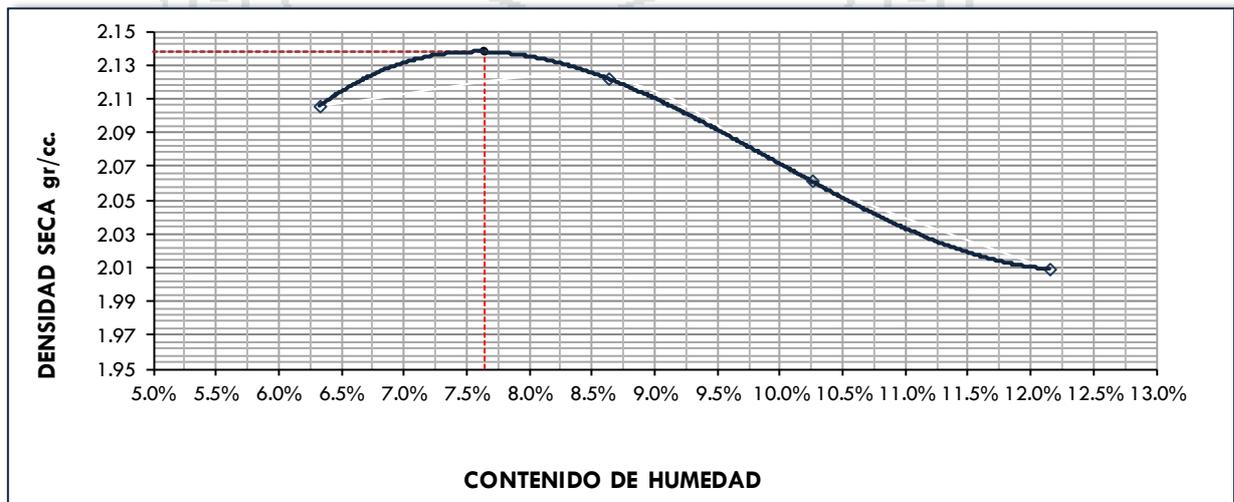
DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCHO

				No DE GOLPES				56	
MOLDE No		VARIOS		VOLUMEN DEL MOLDE (1)				2129 cc	
No DE CAPAS		5		VOLUMEN DEL MOLDE (2)				0 cc	
% de agua	%	5%		7%		9%		11%	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10950		11090		11020		10980	
Peso del Molde	gr.	6182		6182		6182		6182	
Peso del Suelo Humedo	gr.	4768		4908		4838		4798	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.24		2.30		2.27		2.25	
Nº TARA		W-5	Z-1	T-17	R-9	H-01	Z-0	A-7	T-A
Peso de la Tara	gr.	19.48	19.32	17.30	21.61	19.53	16.82	20.05	18.57
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	99.38	104.16	92.02	100.63	116.12	100.21	127.03	110.92
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	94.45	99.29	85.75	94.71	107.25	92.34	115.02	101.28
Peso del Agua	gr.	4.93	4.87	6.27	5.92	8.87	7.87	12.01	9.64
Peso del Suelo Seco	gr.	74.97	79.97	68.45	73.10	87.72	75.52	94.97	82.71
Contenido de humedad	%	6.58	6.09	9.16	8.10	10.11	10.42	12.65	11.66
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6.33		8.63		10.27		12.15	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.106		2.122		2.060		2.009	

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.138 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 7.62 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

UBICACIÓN : 2 Lt de PZ en 30 m3

FECHA : 28 de JULIO del 2016

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557, MTC-E115

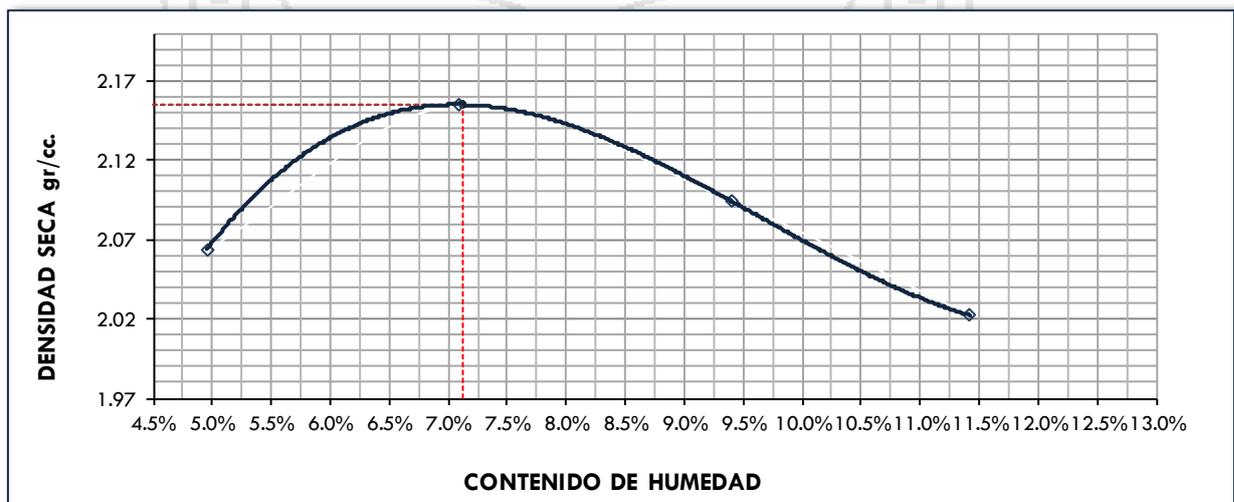
DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCHO

				No DE GOLPES				56	
MOLDE No		VARIOS		VOLUMEN DEL MOLDE (1)				2129 cc	
No DE CAPAS		5		VOLUMEN DEL MOLDE (2)				0 cc	
% de agua	%	5%		7%		9%		11%	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10794		11096		11060		10980	
Peso del Molde	gr.	6182		6182		6182		6182	
Peso del Suelo Humedo	gr.	4612		4914		4878		4798	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.17		2.31		2.29		2.25	
Nº TARA		W-5	Z-1	T-17	R-9	H-01	Z-0	A-7	T-A
Peso de la Tara	gr.	19.48	19.32	17.30	21.61	19.53	16.82	20.05	18.57
Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr.	104.07	102.72	96.16	100.32	123.46	115.16	127.03	110.92
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	99.86	99.00	91.08	94.97	115.31	105.97	116.53	101.06
Peso del Agua	gr.	4.21	3.72	5.08	5.35	8.15	9.19	10.50	9.86
Peso del Suelo Seco	gr.	80.38	79.68	73.78	73.36	95.78	89.15	96.48	82.49
Contenido de humedad	%	5.24	4.67	6.89	7.29	8.51	10.31	10.88	11.95
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.95		7.09		9.41		11.42	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cc	2.064		2.155		2.094		2.022	

METODO : C

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.155 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 7.12 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : SIN ADITIVO

FECHA : 27 de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : YANAHOCO

Altura del disco espaciador = **6.12**

MOLDE No	IF	R-03	RR-6
No DE CAPAS	5	5	5
DIAMETRO DEL MOLDE	15.189	15.230	15.172
ALTURA DEL MOLDE	11.480	11.380	11.380
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	55 GOLPES	26 GOLPES	12 GOLPES
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SIN SATURAR SATURADO	SIN SATURAR SATURADO	SIN SATURAR SATURADO

	gr.	12107	12132	12394	12429	11607	11647
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	7284	7284	7799	7799	7309	7309
Peso del Molde	gr.	4823	4848	4595	4630	4298	4338
Peso del Suelo Humedo	cc.	2080	2080	2073	2073	2057	2057
Volumen del Suelo	gr/cc.	2.319	2.331	2.216	2.233	2.089	2.108
Densidad del Suelo Humedo							

Capsula No	No	K-7	A-30	C-1	P-12	W-12	T-09	H-11	A-5	T-15
Suelo Humedo + Capsula	gr.	191.22	186.08	154.88	188.94	178.35	194.46	195	196.58	188.27
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	175.59	174.03	143.12	175.76	164.78	178.56	181.5	181.32	172.19
Peso del Agua	gr.	15.63	12.05	11.76	13.18	13.57	15.9	13.45	15.26	16.08
Peso de la Capsula	gr.	16.25	17.80	15.94	18.53	19.08	17.3	19.99	19.44	16.23
Peso del Suelo Seco	gr.	159.3	156.23	127.18	157.23	145.70	161.26	161.52	161.88	155.96
% de Humedad	%	9.81%	7.71%	9.25%	8.38%	9.31%	9.86%	8.33%	9.43%	10.31%
Promedio de Humedad	%	8.76%		9.25%	8.85%		9.86%	8.88%		10.31%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.132		2.133	2.036		2.033	1.919		1.911

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
27/06/2016	05:04 p.m.	0 h.	8.077	0	0	12.655	0	0	14.39	0	0
27/06/2016	05:04 p.m.	72 h.	8.077	0	0.00%	12.655	0	0.00%	14.39	0	0.00%
01/07/2016	05:04 p.m.	96 h.	8.373	0.296	2.58%	13.035	0.38	3.34%	14.88	0.49	4.31%

PENETRACIÓN

Penetración	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No IF				MOLDE No R-03				MOLDE No RR-6			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0	00:00		0.00	0.0	0.0		0.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
0.63	00:30		1.55	158.0	8.4		1.17	119.3	6.03		0.72	73.4	3.71	
1.27	01:00		2.86	291.5	15.5		1.99	202.9	10.25		1.26	128.4	6.49	
1.91	01:30		3.85	392.5	20.8		2.92	297.7	15.05		1.81	184.5	9.33	
2.54	02:00	70.31	4.69	478.1	25.4		3.60	367.0	18.55		2.28	232.4	11.75	
3.81	03:00		6.11	622.8	33.0		4.66	475.0	24.01		2.87	292.6	14.79	
5.09	04:00	105.46	7.03	716.2	38.0		5.38	548.4	27.72		3.38	344.5	17.42	
6.35	05:00		8.14	829.8	44.00		6.41	653.4	33.03		4.04	411.8	20.82	
7.62	05:50		9.16	933.7	49.52		7.25	739.0	37.36		4.57	465.9	23.55	
8.904	06:50		10.14	1033.6	54.81		8.07	822.6	41.58		5.23	533.1	26.95	

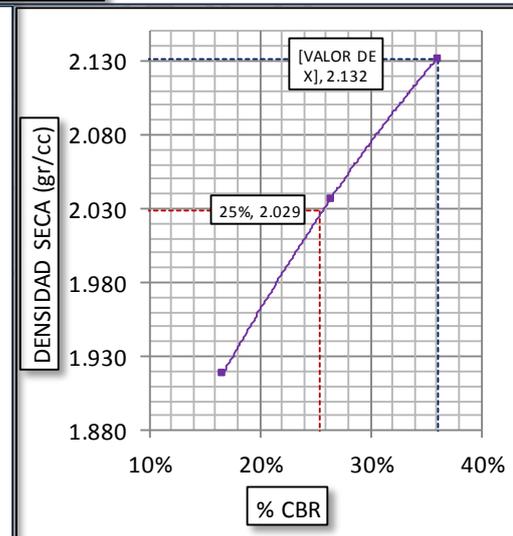
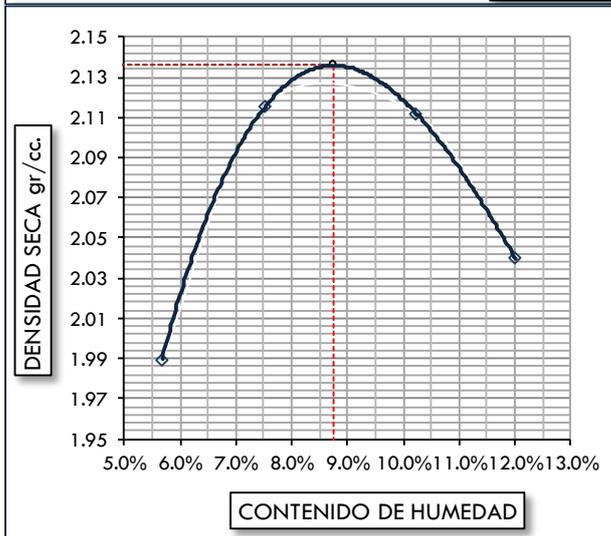
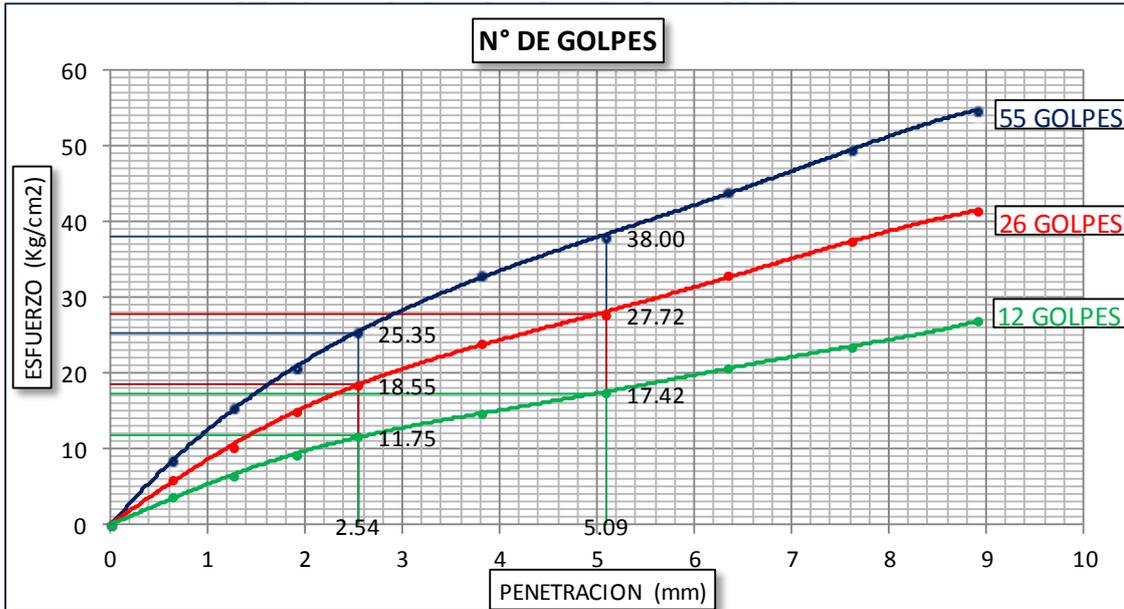


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"
SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA
UBICACIÓN : SIN ADITIVO
FECHA : 27de JUNIO del 2016



PROCTOR MODIFICADO

$\delta d_{max} = 2.136 \text{ gr/cc}$
 C.H.O.= 8.75 %

N° de GOLFES	55	26	12
CBR 0.1"=	36.1%	26.4%	16.7%
CBR 0.2"=	36.0%	26.3%	16.5%

CBR al 100% 36.1%
 CBR al 95% 25.4%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



EXPANSION

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : SIN ADITIVO

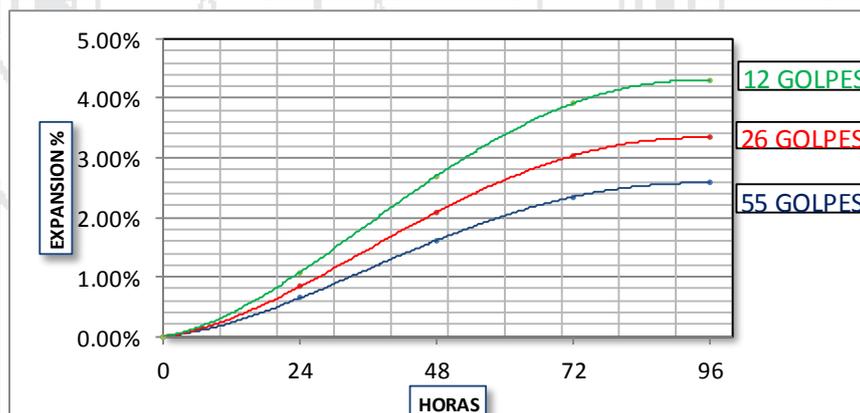
FECHA : 27de JUNIO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA
CANTERA : YANAHOCO

55 GOLPES	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.64%	24
1.61%	48
2.34%	72
2.58%	96

26 GOLPES	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.83%	24
2.09%	48
3.04%	72
3.34%	96

12 GOLPES	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
1.08%	24
2.69%	48
3.91%	72
4.31%	96





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 1% de CaCl₂

FECHA : 16 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: YANAHOCO

Altura del disco espaciador = **6.13**

MOLDE No	IF		C-01		H-1	
	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
No DE CAPAS	5		5		5	
DIAMETRO DEL MOLDE	15.211		15.220		15.172	
ALTURA DEL MOLDE	11.651		11.710		11.640	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	55		26		12	

	gr.	11728	11758	12495	12545	11138	11207
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6797	6797	7763	7763	6694	6694
Peso del Molde	gr.	4931	4961	4732	4782	4444	4513
Peso del Suelo Humedo	cc.	2117	2117	2130	2130	2104	2104
Volumen del Suelo	gr/cc.	2.329	2.343	2.221	2.245	2.112	2.145
Densidad del Suelo Humedo							

Capsula No	No	Z-0	A-14	A-7	P-2	T-2	T-17	D-1	W-2	T-15
Suelo Humedo + Capsula	gr.	205.69	218.25	193.23	203.01	192.58	176.2	197	192.67	188.08
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	192.67	204.67	180.35	190.45	180.37	163.75	185	180.40	173.74
Peso del Agua	gr.	13.02	13.58	12.88	12.56	12.21	12.45	12.02	12.27	14.34
Peso de la Capsula	gr.	16.83	25.53	20.05	22.00	17.61	17.3	21.66	19.09	16.24
Peso del Suelo Seco	gr.	175.8	179.14	160.30	168.45	162.76	146.45	163.30	161.31	157.5
% de Humedad	%	7.40%	7.58%	8.03%	7.46%	7.50%	8.50%	7.36%	7.61%	9.10%
Promedio de Humedad	%	7.49%		8.03%	7.48%		8.50%	7.48%		9.10%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.167		2.169	2.067		2.069	1.965		1.966

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/08/2016	05:04 p.m.	0 h.	6.445	0	0	24.96	0	0	5.795	0	0
19/08/2016	05:04 p.m.	72 h.	6.28	0	0.00%	24.71	0	0.00%	5.88	0	0.00%
23/08/2016	05:04 p.m.	96 h.	6.575	0.295	2.53%	25.09	0.38	3.25%	6.375	0.495	4.25%

PENETRACIÓN

Penetración	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No IF				MOLDE No C-01				MOLDE No H-1			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc
0	00:00		0.00	0.0	0.0		0.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
0.63	00:30		1.75	178.4	9.5		1.27	129.5	6.54		0.82	83.6	4.23	
1.27	01:00		3.09	315.0	16.7		2.29	233.4	11.80		1.56	159.0	8.04	
1.91	01:30		4.46	424.1	22.5		3.32	338.4	17.11		2.31	235.5	11.90	
2.54	02:00	70.31	4.99	508.7	27.0		4.40	417.9	21.13		2.78	283.4	14.32	
3.81	03:00		6.41	653.4	34.7		5.46	526.0	26.59		3.57	363.9	18.40	
5.09	04:00	105.46	7.43	757.39	40.2		6.42	623.9	31.53		4.46	424.1	21.44	
6.35	05:00		8.54	870.5	46.17		7.45	728.8	36.84		5.04	513.8	25.97	
7.62	05:50		9.56	974.5	51.68		8.45	830.8	41.99		5.67	578.0	29.22	
8.904	06:50		10.55	1075.4	57.03		9.00	917.4	46.37		6.48	660.6	33.39	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



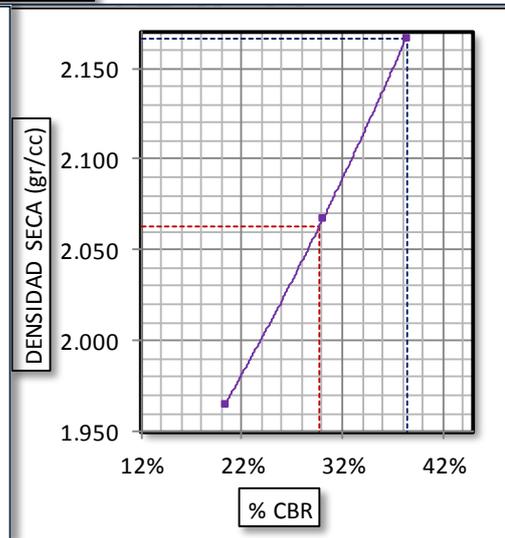
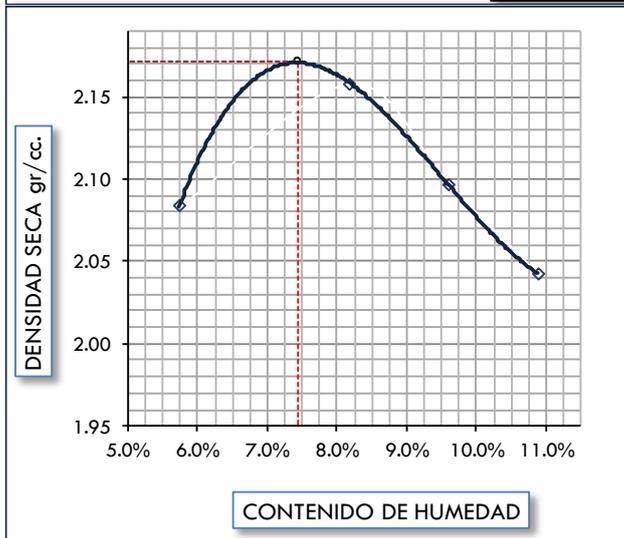
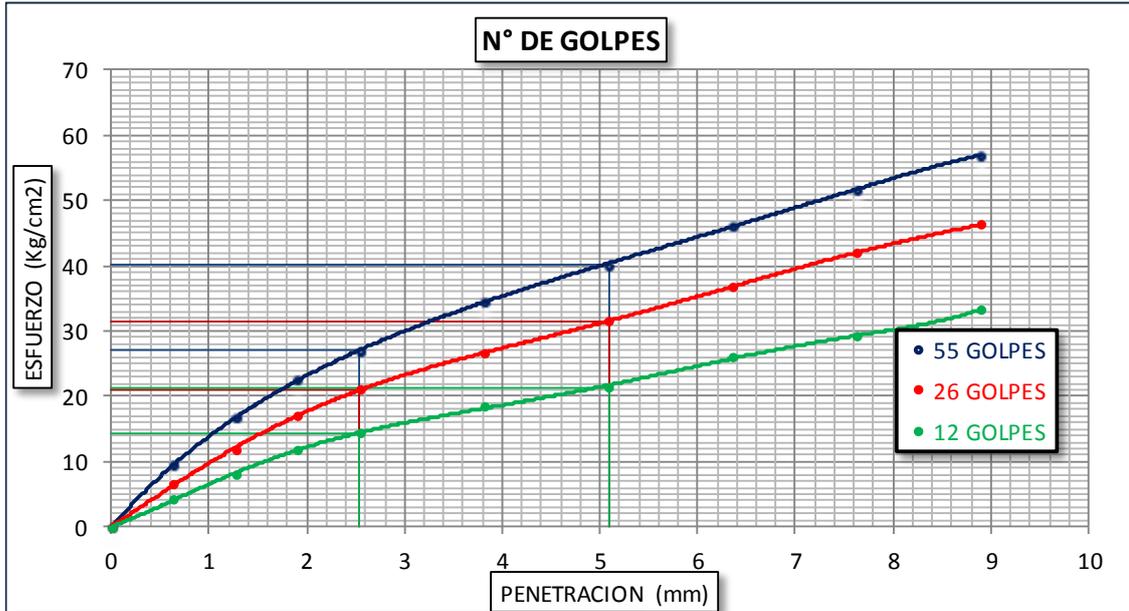
ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

UBICACIÓN : 1% de CaCl₂

FECHA : 16 de AGOSTO del 2016



PROCTOR MODIFICADO

$\delta d_{max} = 2.171 \text{ gr/cc}$
 C.H.O. = 7.45 %

Nº de GOLPES	55	26	12
CBR 0.1"=	38.4%	30.0%	20.4%
CBR 0.2"=	38.1%	29.9%	20.3%

CBR al 100% = 38.4%
 CBR al 95% = 29.7%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



EXPANSION

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 1% de CaCl₂

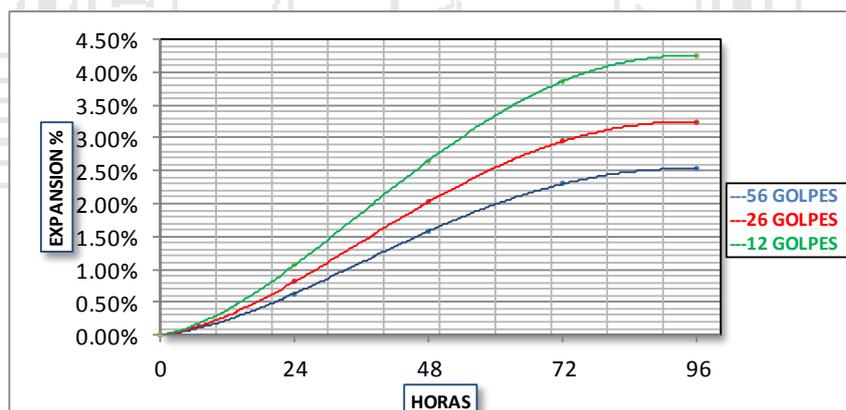
FECHA : 16 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA
CANTERA: YANAHOCO

55	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.63%	24
1.58%	48
2.30%	72
2.53%	96

26	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.81%	24
2.03%	48
2.95%	72
3.25%	96

12	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
1.06%	24
2.66%	48
3.87%	72
4.25%	96





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 2% de CaCl₂

FECHA : 18 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: YANAHOCO

Altura del disco espaciador = **6.13**

MOLDE No	H-2		G-1		W-1	
	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
No DE CAPAS	5		5		5	
DIAMETRO DEL MOLDE	15.235		15.218		15.221	
ALTURA DEL MOLDE	11.619		11.618		11.615	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	55		26		12	

	gr.	12803	12827	11402	11448	11571	11643
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	7836	7836	6688	6688	7113	7113
Peso del Molde	gr.	4967	4991	4714	4760	4458	4530
Peso del Suelo Humedo	cc.	2118	2118	2113	2113	2113	2113
Volumen del Suelo	gr/cc.	2.345	2.356	2.231	2.253	2.109	2.143
Densidad del Suelo Humedo							

Capsula No	No	F-2	T-32	F-4	T-4	B-3	X-Y	T-89	B-15	A-5
Suelo Humedo + Capsula	gr.	192.32	188.42	212.46	186.40	193.28	213.4	216.29	216.13	197.64
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	180.73	176.49	199.85	174.78	180.98	199.93	202.49	202.59	183.21
Peso del Agua	gr.	11.59	11.93	12.61	11.62	12.30	13.47	13.8	13.54	14.43
Peso de la Capsula	gr.	19.50	13.78	37.21	13.47	13.02	36.56	10.52	17.16	19.45
Peso del Suelo Seco	gr.	16.12	16.271	16.2.64	16.131	16.796	16.3.37	19.197	18.5.43	16.3.76
% de Humedad	%	7.19%	7.33%	7.75%	7.20%	7.32%	8.25%	7.19%	7.30%	8.81%
Promedio de Humedad	%	7.26%		7.75%	7.26%		8.25%	7.25%		8.81%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.186		2.187	2.080		2.081	1.967		1.970

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/08/2016	05:04 p.m.	0 h.	6.670	0	0	2.230	0	0	12.135	0	0
21/08/2016	05:04 p.m.	72 h.	6.490	0	0.00%	2.060	0	0.00%	12.100	0	0.00%
25/08/2016	05:04 p.m.	96 h.	6.780	0.29	2.50%	2.435	0.375	3.23%	12.590	0.49	4.22%

PENETRACIÓN

Penetración	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No H-2				MOLDE No G-1				MOLDE No W-1			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc
0	00:00		0.00	0.0	0.0		0.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
0.63	00:30		1.95	198.8	10.5		1.47	149.8	7.57		1.02	104.0	5.26	
1.27	01:00		3.49	355.8	18.9		2.69	274.2	13.86		1.76	179.4	9.07	
1.91	01:30		4.52	460.8	24.4		3.52	358.8	18.14		2.51	255.9	12.93	
2.54	02:00	70.31	5.39	549.4	29.1		4.31	439.3	22.21		3.08	314.0	15.87	
3.81	03:00		6.81	694.2	36.8		5.36	546.4	27.62		3.97	404.7	20.46	
5.09	04:00	105.46	8.03	818.55	43.4		6.42	654.4	33.08		4.58	466.9	23.60	
6.35	05:00		9.14	931.7	49.41		7.55	769.6	38.90		5.54	564.7	28.55	
7.62	05:50		10.16	1035.7	54.92		8.65	881.8	44.57		6.27	639.1	32.31	
8.904	06:50		11.25	1146.8	60.82		9.50	968.4	48.95		7.08	721.7	36.48	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



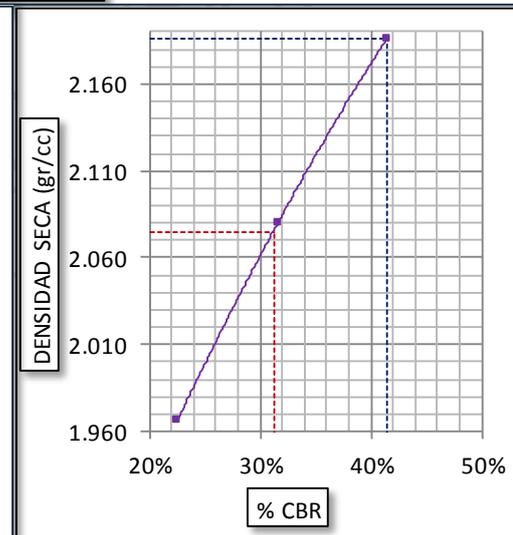
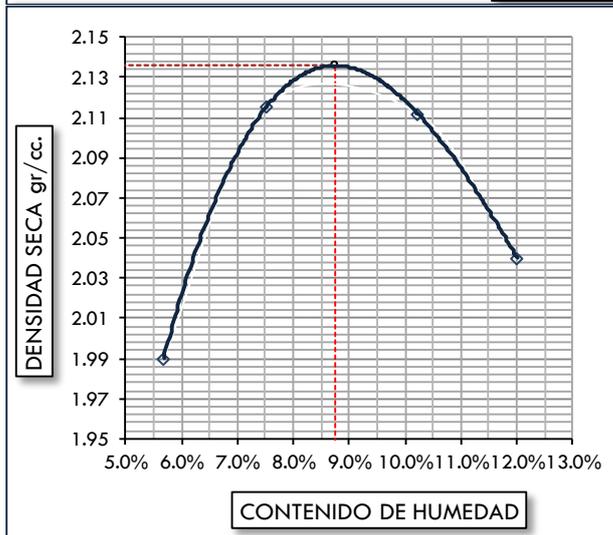
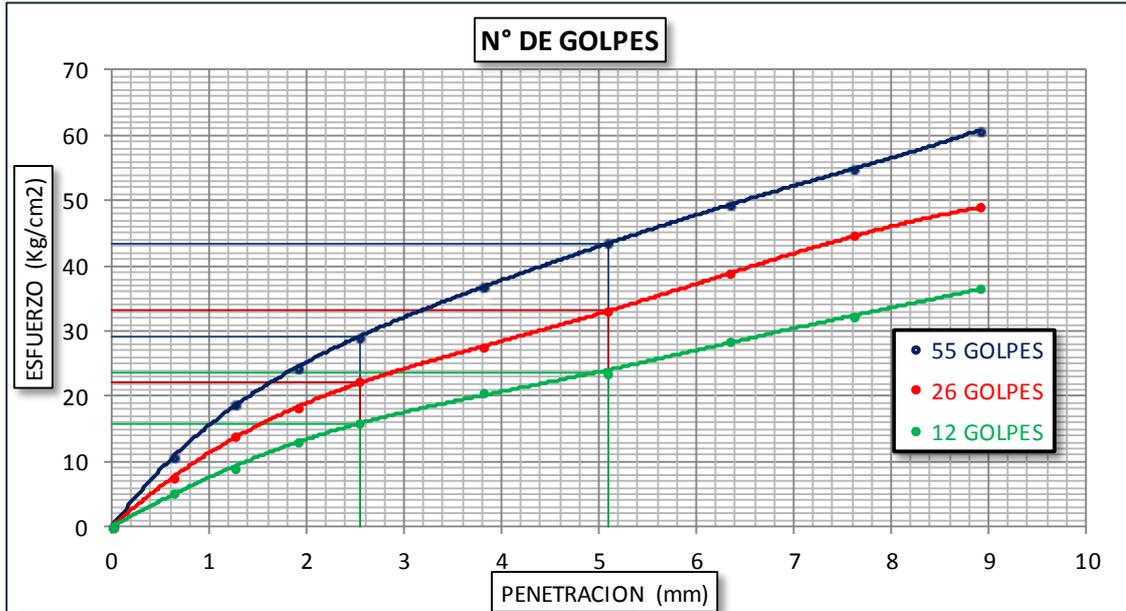
ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

UBICACIÓN : 2% de CaCl₂

FECHA : 18 de AGOSTO del 2016



PROCTOR MODIFICADO
 δd max = 2.184 gr/cc
 C.H.O.= 7.23 %

Nº de GOLPES	55	26	12
CBR 0.1"=	41.4%	31.6%	22.6%
CBR 0.2"=	41.2%	31.4%	22.4%

CBR al 100% 41.4%
 CBR al 95% 31.3%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



EXPANSION

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESvío HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 2% de CaCl₂

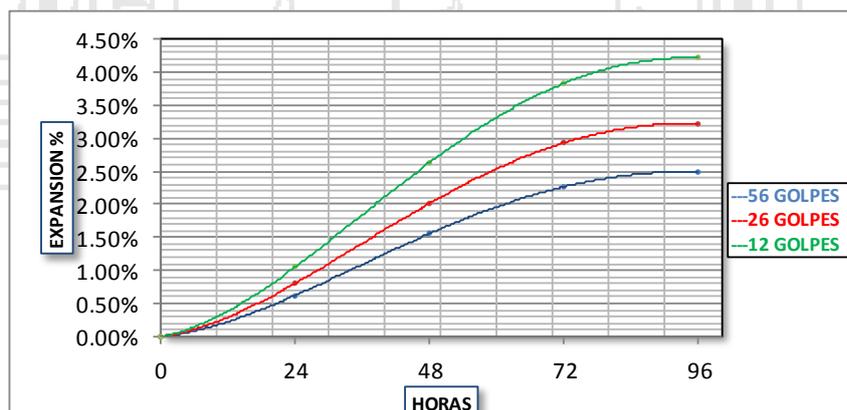
FECHA : 18 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA
CANTERA: YANAHOCO

55	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.62%	24
1.56%	48
2.27%	72
2.50%	96

26	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.81%	24
2.02%	48
2.93%	72
3.23%	96

12	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
1.05%	24
2.64%	48
3.84%	72
4.22%	96





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 3% de CaCl₂

FECHA : 25 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: YANAHOCO

Altura del disco espaciador = **6.13**

MOLDE No	H-2		G-1		W-1	
	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
No DE CAPAS	5		5		5	
DIAMETRO DEL MOLDE	15.235		15.218		15.221	
ALTURA DEL MOLDE	11.619		11.618		11.615	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	55		26		12	

	gr.	12797	12777	11392	11455	11571	11708
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	7836	7836	6688	6688	7113	7113
Peso del Molde	gr.	4961	4941	4704	4767	4458	4595
Peso del Suelo Humedo	cc.	2118	2118	2113	2113	2113	2113
Volumen del Suelo	gr/cc.	2.342	2.333	2.226	2.256	2.109	2.174
Densidad del Suelo Humedo							

Capsula No	No	F-2	T-32	F-4	T-4	B-3	X-Y	T-89	B-15	A-5
Suelo Humedo + Capsula	gr.	202.32	188.62	216.81	186.43	193.32	213.4	196.29	196.13	97.64
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	19.123	177.72	2.05	176.08	182.27	200.83	184.91	185.01	90.71
Peso del Agua	gr.	1109	10.90	11.81	10.35	1105	12.57	11.38	11.12	6.93
Peso de la Capsula	gr.	19.50	13.78	37.21	13.47	13.02	36.56	10.52	17.16	19.45
Peso del Suelo Seco	gr.	171.7	163.94	167.79	162.61	169.25	164.27	174.39	167.85	71.26
% de Humedad	%	6.46%	6.65%	7.04%	6.36%	6.53%	7.65%	6.53%	6.62%	9.72%
Promedio de Humedad	%	6.55%	7.04%	6.45%	7.65%	6.58%	9.72%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.198	2.179	2.091	2.095	1.979	1.981			

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/08/2016	05:04 p.m.	0 h.	6.670	0	0	2.230	0	0	12.135	0	0
21/08/2016	05:04 p.m.	72 h.	6.490	0	0.00%	2.060	0	0.00%	12.100	0	0.00%
25/08/2016	05:04 p.m.	96 h.	6.778	0.288	2.48%	2.433	0.373	3.21%	12.588	0.488	4.20%

PENETRACIÓN

Penetración	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No H-2				MOLDE No G-1				MOLDE No W-1			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0	00:00		0.00	0.0	0.0		0.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
0.63	00:30		2.05	209.0	11.1		1.57	160.0	8.09		1.12	114.2	5.77	
1.27	01:00		3.59	366.0	19.4		2.79	284.4	14.38		1.86	189.6	9.58	
1.91	01:30		4.76	485.2	25.7		3.72	379.2	19.17		2.71	276.2	13.96	
2.54	02:00	70.31	5.49	559.6	29.7		4.41	449.5	22.72		3.18	324.2	16.39	
3.81	03:00		7.01	714.6	37.9		5.46	556.6	28.13		4.07	414.9	20.97	
5.09	04:00	105.46	8.13	828.75	43.9		6.56	668.7	33.80		4.72	481.1	24.32	
6.35	05:00		9.34	952.1	50.49		7.61	775.7	39.21		5.64	574.9	29.06	
7.62	05:50		10.46	1066.3	56.54		8.75	891.9	45.09		6.47	659.5	33.34	
8.904	06:50		11.45	1167.2	61.90		9.60	978.6	49.47		7.38	752.3	38.03	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



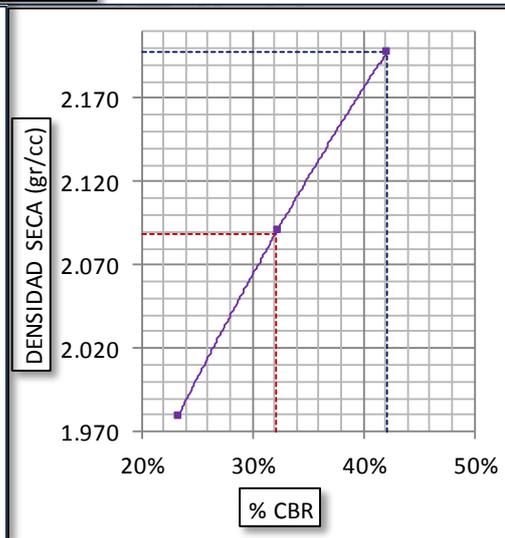
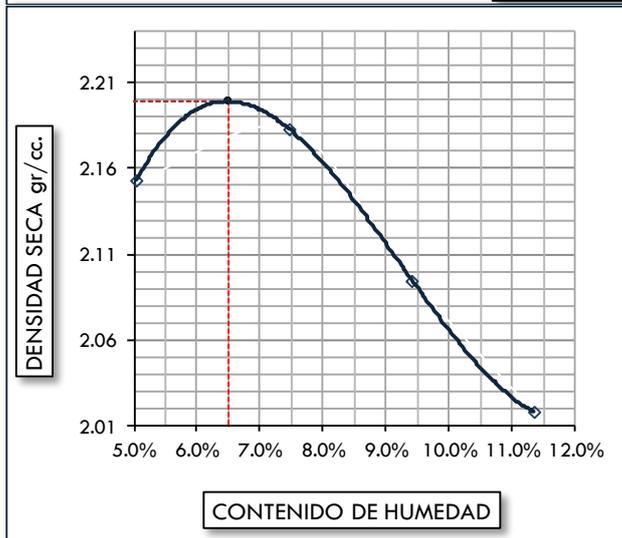
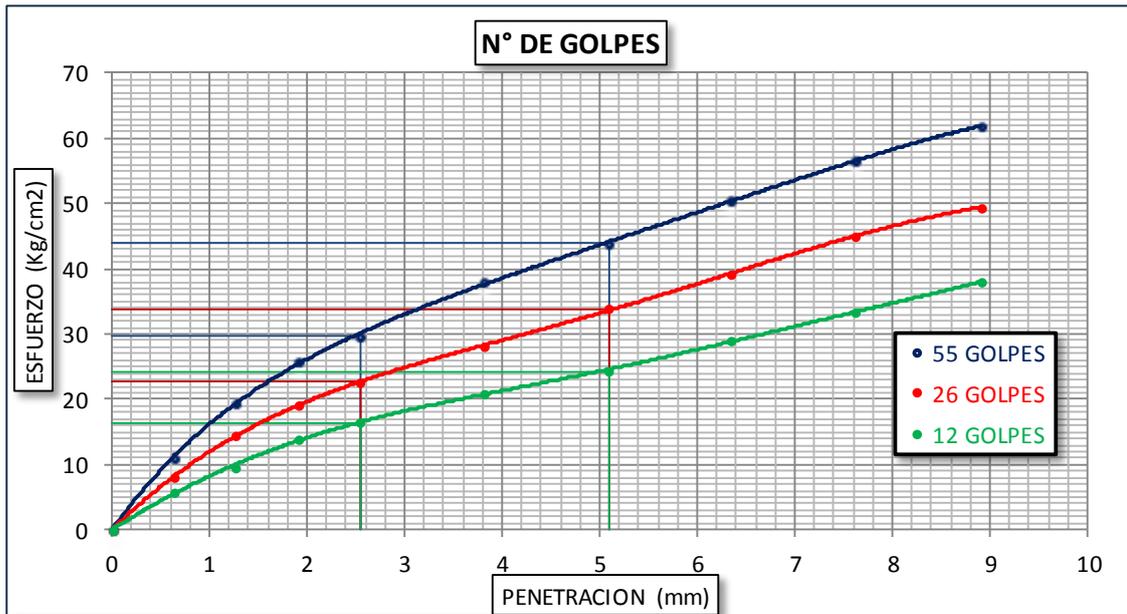
ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 3% de CaCl₂

FECHA : 25 de AGOSTO del 2016



PROCTOR MODIFICADO

$\delta d_{max} = 2.199 \text{ gr/cc}$
 C.H.O. = 6.51 %

Nº de GOLPES	55	26	12
CBR 0.1"=	42.2%	32.3%	23.3%
CBR 0.2"=	41.7%	32.1%	23.1%

CBR al 100% = 42.2%
 CBR al 95% = 32.1%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



EXPANSION

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESvío HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : 3% de CaCl₂

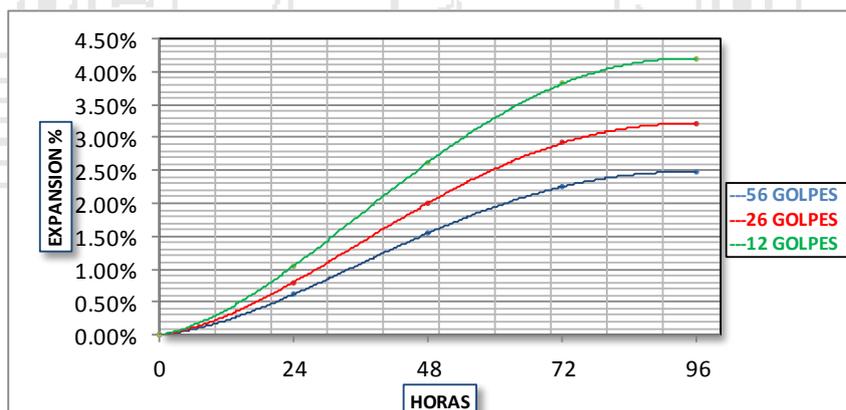
FECHA : 25 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA
CANTERA : YANAHOCO

55	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.62%	24
1.55%	48
2.25%	72
2.48%	96

26	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.80%	24
2.01%	48
2.92%	72
3.21%	96

12	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
1.05%	24
2.63%	48
3.82%	72
4.20%	96





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESvío HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : PERMA ZYME: 1Lt en 30m³

FECHA : 06 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA Altura del disco espaciador = 6.12

MOLDE No	C-01		IF		H-1	
	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
No DE CAPAS	5		5		5	
DIAMETRO DEL MOLDE	15.220		15.211		15.203	
ALTURA DEL MOLDE	11.710		11.651		11.640	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	55		26		12	

	gr.	12713	12736	11490	11542	11115	11180
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	7764	7764	6799	6799	6695	6695
Peso del Molde	gr.	4949	4972	4691	4743	4420	4485
Peso del Suelo Humedo	cc.	2130	2130	2117	2117	2113	2113
Volumen del Molde	gr/cc.	2.323	2.334	2.216	2.240	2.092	2.123
Densidad del Suelo Humedo							

Capsula No	No	B-15	PRX-1	T-89	T-32	SF-02	B-3	B-2	A-31	C-1
Suelo Humedo + Capsula	gr.	226.93	216.43	177.97	193.25	220.53	161.11	200.1	231.19	169.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	210.27	200.55	164.41	179.16	204.07	148.11	185.4	214.05	155.49
Peso del Agua	gr.	16.66	15.88	13.56	14.09	16.46	13	14.7	17.14	14.01
Peso de la Capsula	gr.	17.14	17.63	15.94	13.79	13.88	13.02	13.79	16.57	15.96
Peso del Suelo Seco	gr.	193.1	182.92	148.47	165.37	190.19	135.09	171.59	197.48	139.53
% de Humedad	%	8.63%	8.68%	9.13%	8.52%	8.65%	9.62%	8.57%	8.68%	10.04%
Promedio de Humedad	%	8.65%		9.13%	8.59%		9.62%	8.62%		10.04%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.138		2.138	2.040		2.044	1.926		1.929

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
06/08/2016	05:04 p.m.	0 h.	13.345	0	0	199	0	0	29.258	0	0
09/08/2016	05:04 p.m.	72 h.	12.99	0	0.00%	167	0	0.00%	29.06	0	0.00%
13/08/2016	05:04 p.m.	96 h.	13.223	0.233	1.99%	1975	0.305	2.62%	29.42	0.36	3.09%

PENETRACIÓN

Penetración	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No C-01				MOLDE No IF				MOLDE No H-1			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0	00:00		0.00	0.0	0.0		0.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
0.63	00:30		1.79	182.5	9.7		1.29	131.5	6.65		0.84	85.6	4.33	
1.27	01:00		3.22	328.2	17.4		2.51	255.9	12.93		1.58	161.1	8.14	
1.91	01:30		4.39	447.5	23.7		3.34	340.5	17.21		2.33	237.5	12.01	
2.54	02:00	70.31	5.33	543.3	28.8		4.12	420.0	21.23		2.80	285.4	14.43	
3.81	03:00		6.62	674.8	35.8		5.22	532.1	26.90		3.49	355.8	17.98	
5.09	04:00	105.00	7.86	801.22	42.5		6.12	623.9	31.53		4.10	417.9	21.13	
6.35	05:00		9.15	932.7	49.46		7.32	746.2	37.72		5.06	515.8	26.07	
7.62	05:50		10.31	1051.0	55.73		8.47	863.4	43.64		6.09	620.8	31.38	
8.904	06:50		11.40	1162.1	61.63		9.43	961.3	48.59		6.80	693.2	35.04	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



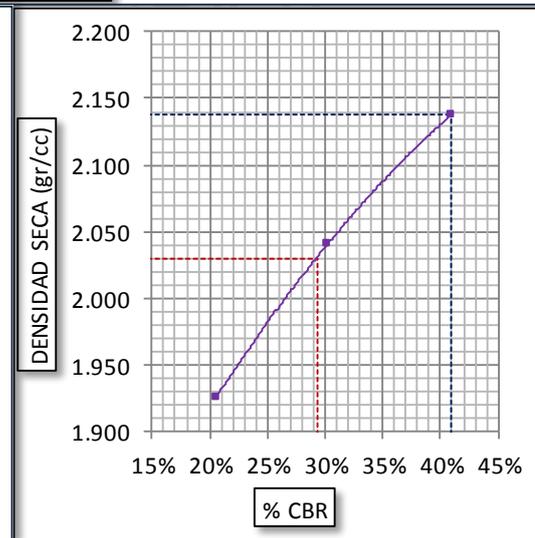
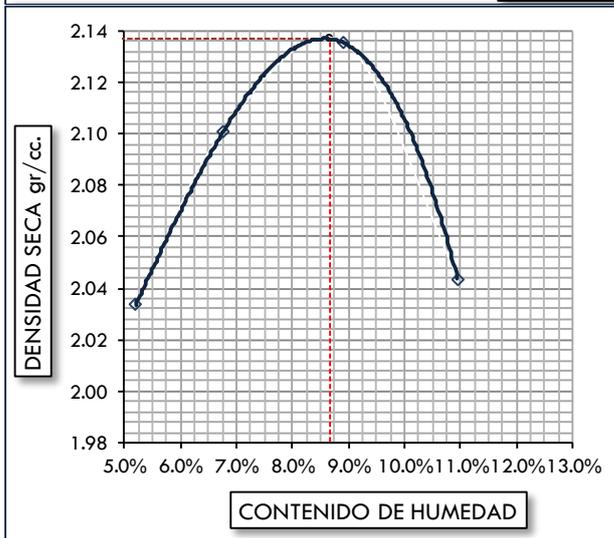
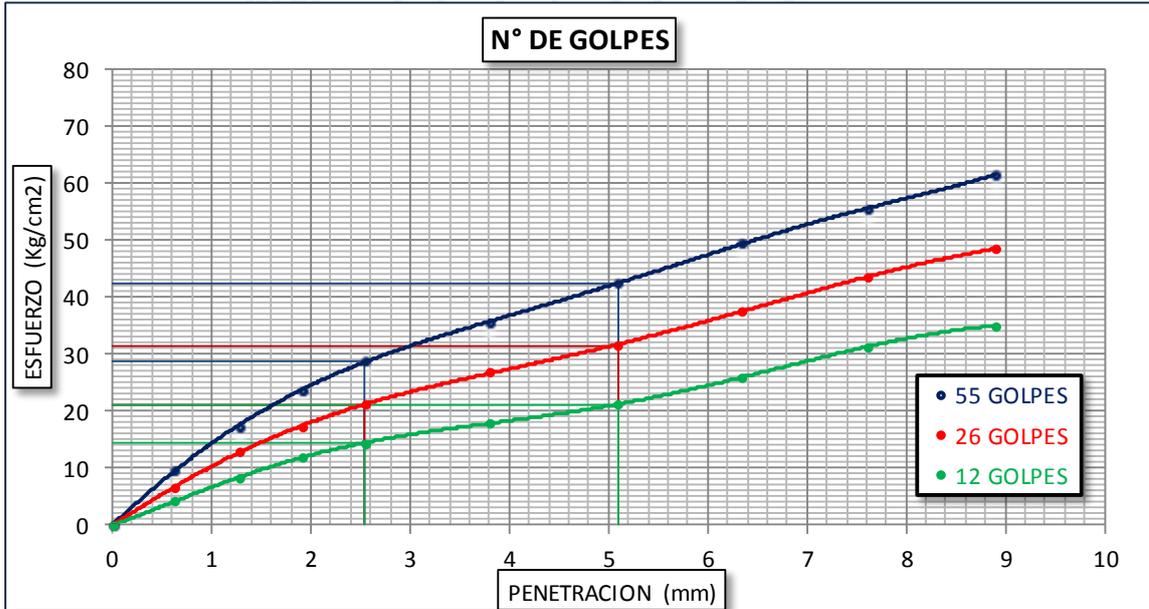
ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : PERMA ZYME: 1Lt en 30m³

FECHA : 06 de AGOSTO del 2016



PROCTOR MODIFICADO
 $\delta d_{max} = 2.137 \text{ gr/cc}$
 C.H.O. = 8.65 %

N° de GOLFES	55	26	12
CBR 0.1"=	40.98%	30.19%	20.52%
CBR 0.2"=	40.47%	30.03%	20.12%

CBR al 100% 41.0%
 CBR al 95% 29.3%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



EXPANSION

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESvío HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : PERMA ZYME: 1Lt en 30m³

FECHA : 06 de AGOSTO del 2016

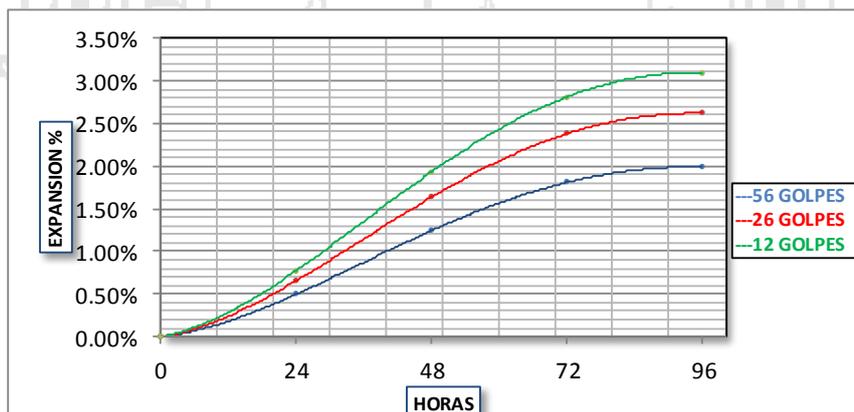
DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA

55	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.50%	24
1.24%	48
1.81%	72
1.99%	96

26	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.65%	24
1.64%	48
2.38%	72
2.62%	96

12	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.77%	24
1.93%	48
2.81%	72
3.09%	96





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESvío HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : PERMA ZYME: 1,5 Lt en 30m3

FECHA : 07 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA Altura del disco espaciador = **6.12**

MOLDE No	4-F		W-1		RR-8	
	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
No DE CAPAS	5		5		5	
DIAMETRO DEL MOLDE	15.222		15.221		15.223	
ALTURA DEL MOLDE	11.670		11.615		11.455	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	55		26		12	

	gr.	11600	11626	11737	11793	11233	11301
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6714	6714	7113	7113	6911	6911
Peso del Molde	gr.	4886	4912	4624	4680	4322	4390
Peso del Suelo Humedo	cc.	2124	2124	2113	2113	2085	2085
Volumen del Molde	gr/cc.	2.301	2.313	2.188	2.214	2.073	2.106

Capsula No	No	W-5	Z-1	R-K-1	T-17	R-9	T-122	H-01	Z-0	T-85
Suelo Humedo + Capsula	gr.	190.09	201.46	170.91	193.25	221.53	188.02	200.1	231.19	186.77
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	178.01	188.46	159.52	180.86	207.28	174.11	187.4	215.91	172.46
Peso del Agua	gr.	12.08	13.00	11.39	12.39	14.25	13.91	12.7	15.28	14.31
Peso de la Capsula	gr.	19.48	19.32	19.75	17.30	21.61	16.98	19.53	16.82	16.29
Peso del Suelo Seco	gr.	158.5	169.14	139.77	163.56	185.67	157.13	167.85	199.09	156.17
% de Humedad	%	7.62%	7.69%	8.15%	7.58%	7.67%	8.85%	7.57%	7.67%	9.16%
Promedio de Humedad	%	7.65%		8.15%	7.63%		8.85%	7.62%		9.16%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.137		2.139	2.033		2.034	1.926		1.929

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/08/2016	05:04 p.m.	0 h.	21545	0	0	6.35	0	0	14.09	0	0
10/08/2016	05:04 p.m.	72 h.	21445	0	0.00%	6.27	0	0.00%	14.04	0	0.00%
14/08/2016	05:04 p.m.	96 h.	21675	0.23	197%	6.572	0.302	2.60%	14.39	0.35	3.06%

PENETRACIÓN

Penetración	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No 4-F				MOLDE No W-1				MOLDE No RR-8			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0	00:00		0.00	0.0	0.0		0.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
0.63	00:30		1.81	184.5	9.8		1.31	133.5	6.75		0.86	87.7	4.43	
1.27	01:00		3.28	334.4	17.7		2.53	257.9	13.04		1.62	165.1	8.35	
1.91	01:30		4.35	443.4	23.5		3.36	342.5	17.31		2.35	239.6	12.11	
2.54	02:00	70.31	5.35	545.4	28.9		4.14	422.0	21.33		2.82	287.5	14.53	
3.81	03:00		6.67	679.9	36.1		5.24	534.1	27.00		3.55	361.9	18.29	
5.09	04:00	105.46	7.98	813.46	43.1		6.20	632.0	31.95		4.21	429.2	21.69	
6.35	05:00		9.48	966.4	51.25		7.44	758.4	38.34		5.11	520.9	26.33	
7.62	05:50		10.77	1097.9	58.22		8.52	868.5	43.90		6.12	623.9	31.53	
8.904	06:50		11.60	1182.5	62.71		9.51	969.4	49.00		6.83	696.2	35.19	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



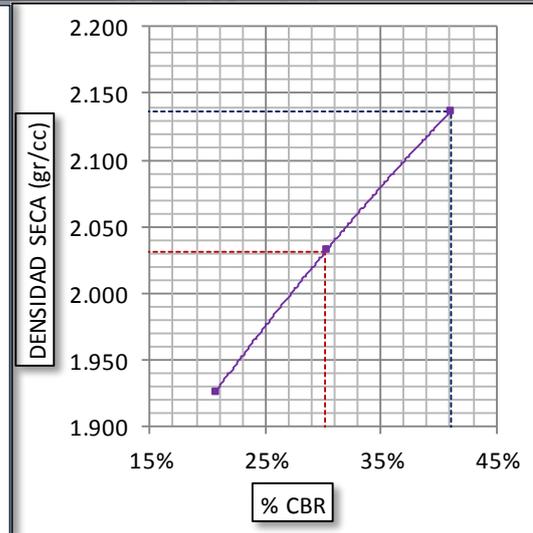
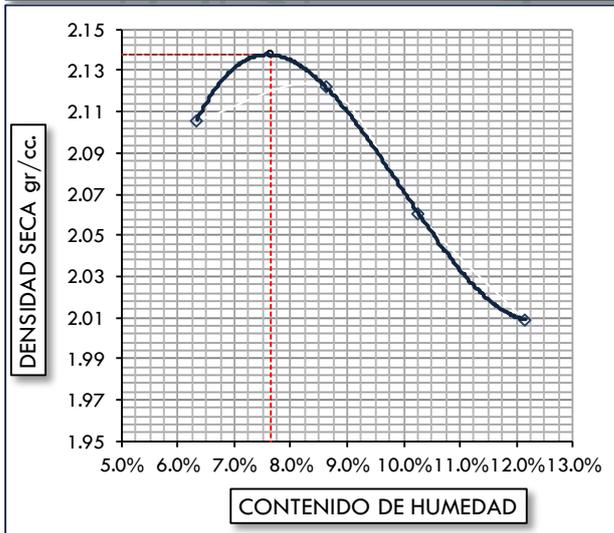
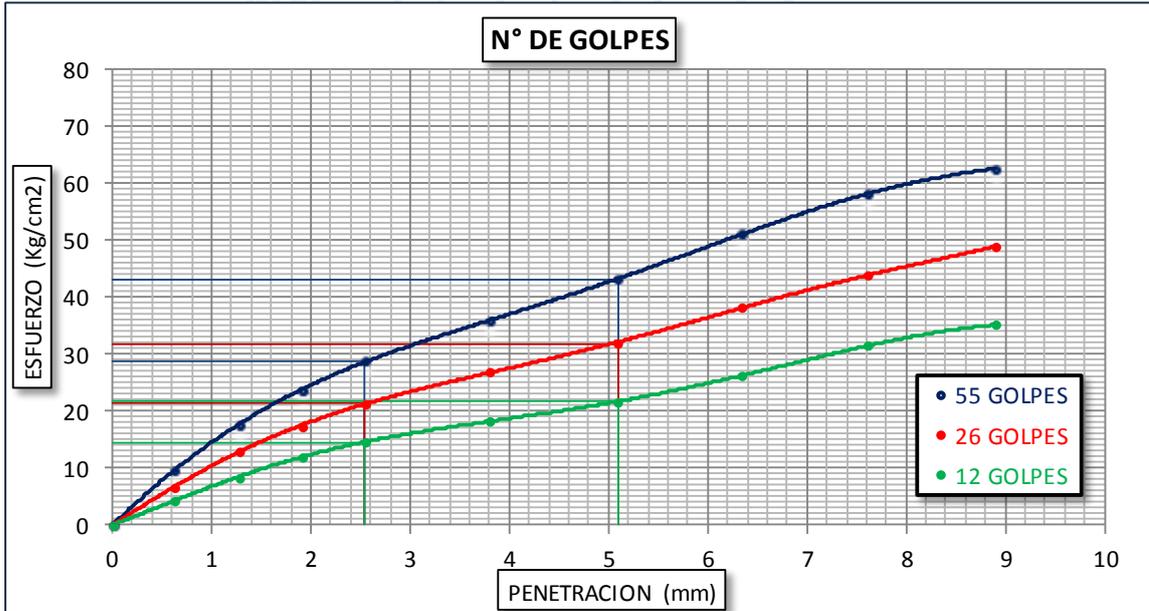
ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : PERMA ZYME: 1,5 Lt en 30m³

FECHA : 07 de AGOSTO del 2016



PROCTOR MODIFICADO
 $\delta d_{max} = 2.138 \text{ gr/cc}$
 C.H.O.= 7.62 %

N° de GOLPES	55	26	12
CBR 0.1"=	41.13%	30.34%	20.67%
CBR 0.2"=	40.90%	30.29%	20.57%

CBR al 100% 41.1%
 CBR al 95% 30.1%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



EXPANSION

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : PERMA ZYME: 1,5 Lt en 30m3

FECHA : 07 de AGOSTO del 2016

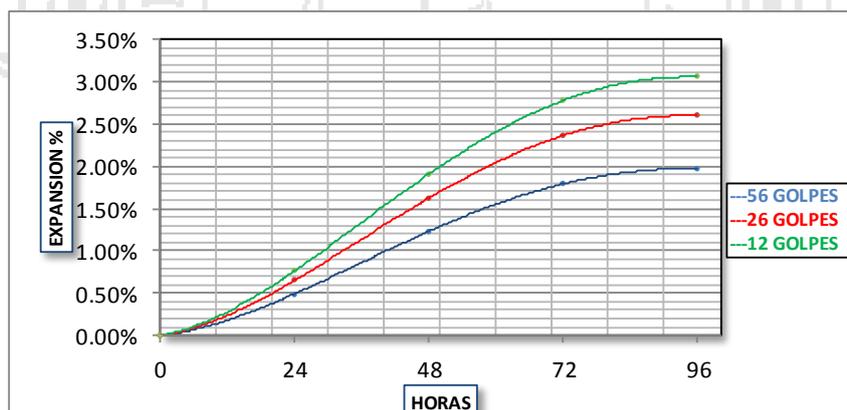
DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: PUNTA

55	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.49%	24
1.23%	48
1.79%	72
1.97%	96

26	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.65%	24
1.63%	48
2.36%	72
2.60%	96

12	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.76%	24
1.91%	48
2.78%	72
3.06%	96





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESvío HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : PERMA ZYME: 2 Lt en 30m³

FECHA : 15 de AGOSTO del 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA Altura del disco espaciador = 6.12

MOLDE No	4-F		W-1		RR-8	
	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
No DE CAPAS	5		5		5	
DIAMETRO DEL MOLDE	15.222		15.221		15.223	
ALTURA DEL MOLDE	11.670		11.615		11.455	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	55		26		12	

	gr.	11622	11651	11755	11804	11263	11329
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6714	6714	7113	7113	6911	6911
Peso del Molde	gr.	4908	4937	4642	4691	4352	4418
Peso del Suelo Humedo	cc.	2124	2124	2113	2113	2085	2085
Volumen del Molde	gr/cc.	2.311	2.325	2.196	2.220	2.087	2.119
Densidad del Suelo Humedo							

Capsula No	No	W-5	Z-1	R-K-1	T-17	R-9	T-122	H-01	Z-0	T-85
Suelo Humedo + Capsula	gr.	190.09	201.46	170.91	193.25	221.53	188.02	200.1	231.19	186.77
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	178.72	189.16	160.03	181.56	208.17	175.1	188.1	216.91	173.06
Peso del Agua	gr.	11.37	12.30	10.88	11.69	13.36	12.92	12	14.28	13.71
Peso de la Capsula	gr.	19.48	19.32	19.75	17.30	21.61	16.98	19.53	16.82	16.29
Peso del Suelo Seco	gr.	159.2	169.84	140.28	164.26	186.56	158.12	168.55	200.09	156.77
% de Humedad	%	7.14%	7.24%	7.76%	7.12%	7.16%	8.17%	7.12%	7.14%	8.75%
Promedio de Humedad	%	7.19%	7.76%	7.14%	8.17%	7.13%	8.75%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	2.156	2.157	2.050	2.052	1.948	1.949			

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/08/2016	05:04 p.m.	0 h.	21545	0	0	6.35	0	0	14.09	0	0
10/08/2016	05:04 p.m.	72 h.	21445	0	0.00%	6.27	0	0.00%	14.04	0	0.00%
14/08/2016	05:04 p.m.	96 h.	21674	0.229	1.96%	6.57	0.3	2.58%	14.388	0.348	3.04%

PENETRACIÓN

Penetración	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No 4-F				MOLDE No W-1				MOLDE No RR-8			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0	00:00		0.00	0.0	0.0		0.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
0.63	00:30		1.84	187.6	9.9		1.34	136.6	6.90		0.89	90.7	4.59	
1.27	01:00		3.27	333.3	17.7		2.56	261.0	13.19		1.65	168.2	8.50	
1.91	01:30		4.34	442.4	23.5		3.39	345.6	17.47		2.38	242.6	12.26	
2.54	02:00	70.31	5.38	548.4	29.1		4.17	425.1	21.49		2.85	290.5	14.69	
3.81	03:00		6.76	689.1	36.5		5.17	527.0	26.64		3.64	371.0	18.76	
5.09	04:00	105.46	8.06	821.61	43.6		6.22	634.0	32.05		4.25	433.2	21.90	
6.35	05:00		9.58	976.6	51.79		7.47	761.5	38.49		5.14	524.0	26.49	
7.62	05:50		10.87	1108.1	58.76		8.58	874.6	44.21		6.15	626.9	31.69	
8.904	06:50		11.76	1198.8	63.57		9.55	973.5	49.21		6.86	699.3	35.35	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



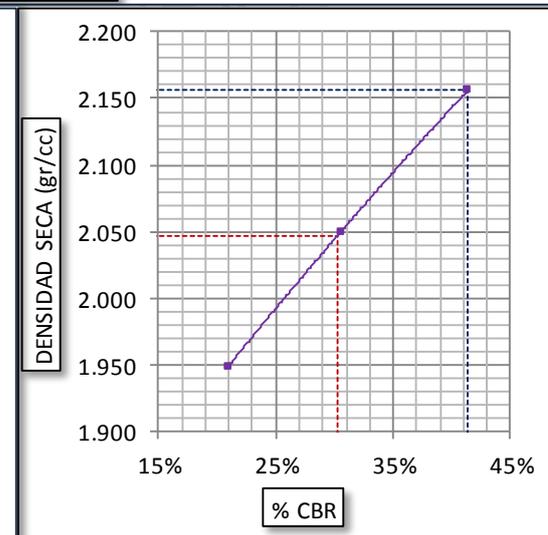
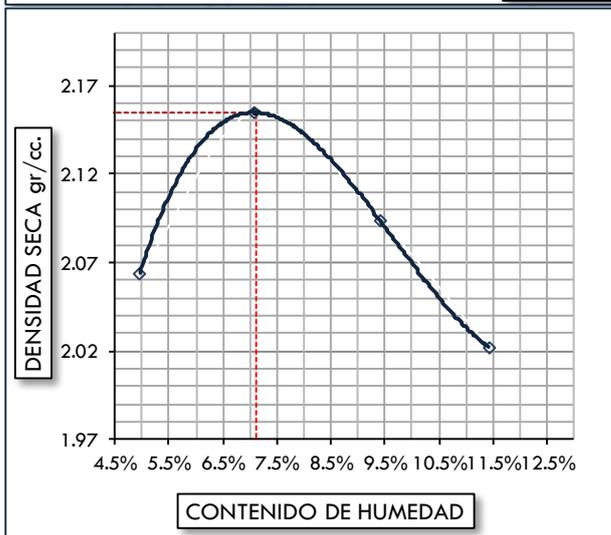
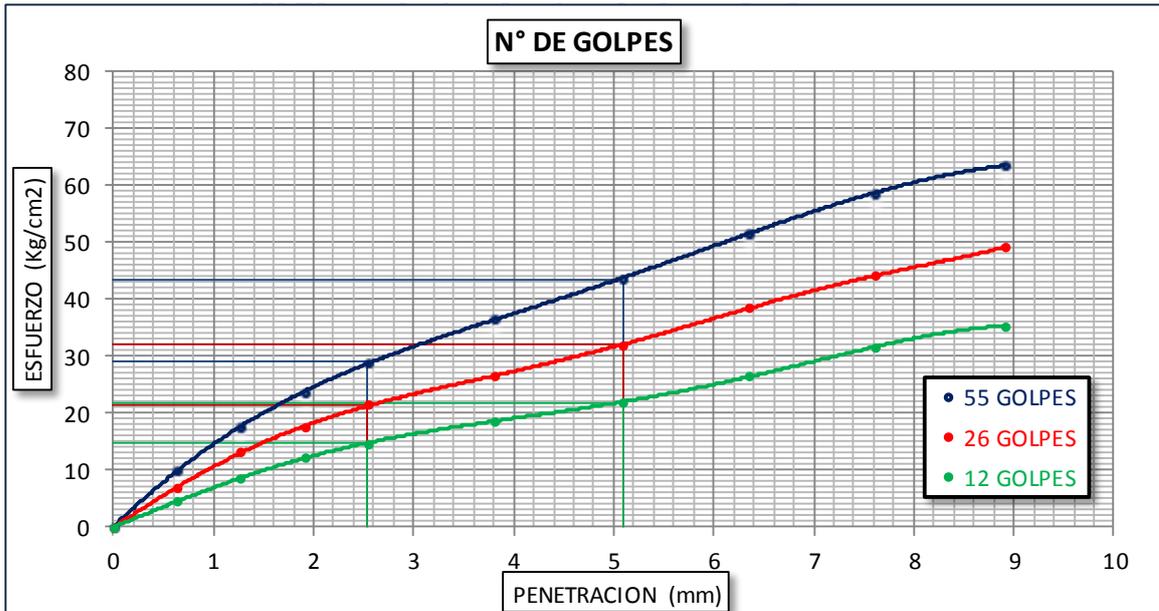
ENSAYO CALIFORNIA BERING RATIO (CBR)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA(DESIVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : PERMA ZYME: 2 Lt en 30m³

FECHA : 15 de AGOSTO del 2016



PROCTOR MODIFICADO
 $\delta d_{max} = 2.155 \text{ gr/cc}$
 C.H.O. = 7.12 %

Nº de GOLFES	55	26	12
CBR 0.1"=	41.36%	30.56%	20.89%
CBR 0.2"=	41.31%	30.39%	20.77%

CBR al 100% 41.4%
 CBR al 95% 30.3%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



EXPANSION

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL USO DE ADITIVOS PERMA - ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (DESVIO HUANCANÉ - CHUPA) - PUNO"

SOLICITADO : Bach. ARTURO YUCRA CALLATA
 Bach. EDWIN CAMALA JILAPA

MUESTRA : PERMA ZYME: 2 Lt en 30m³

FECHA : 15 de AGOSTO del 2016

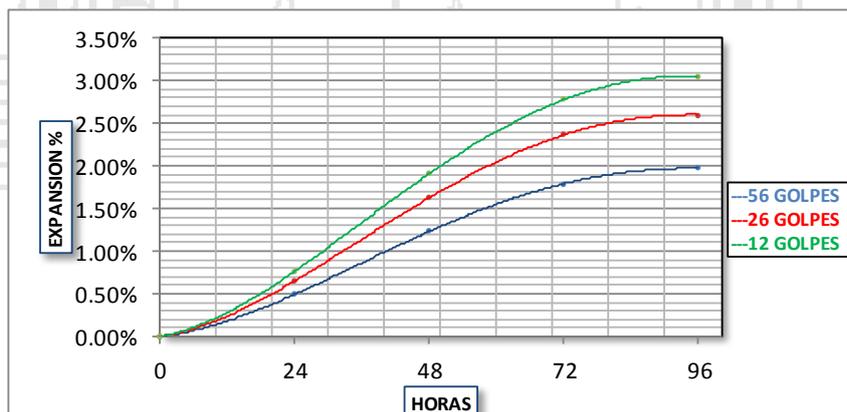
DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : PUNTA

55	
expansion (%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.49%	24
1.23%	48
1.78%	72
1.96%	96

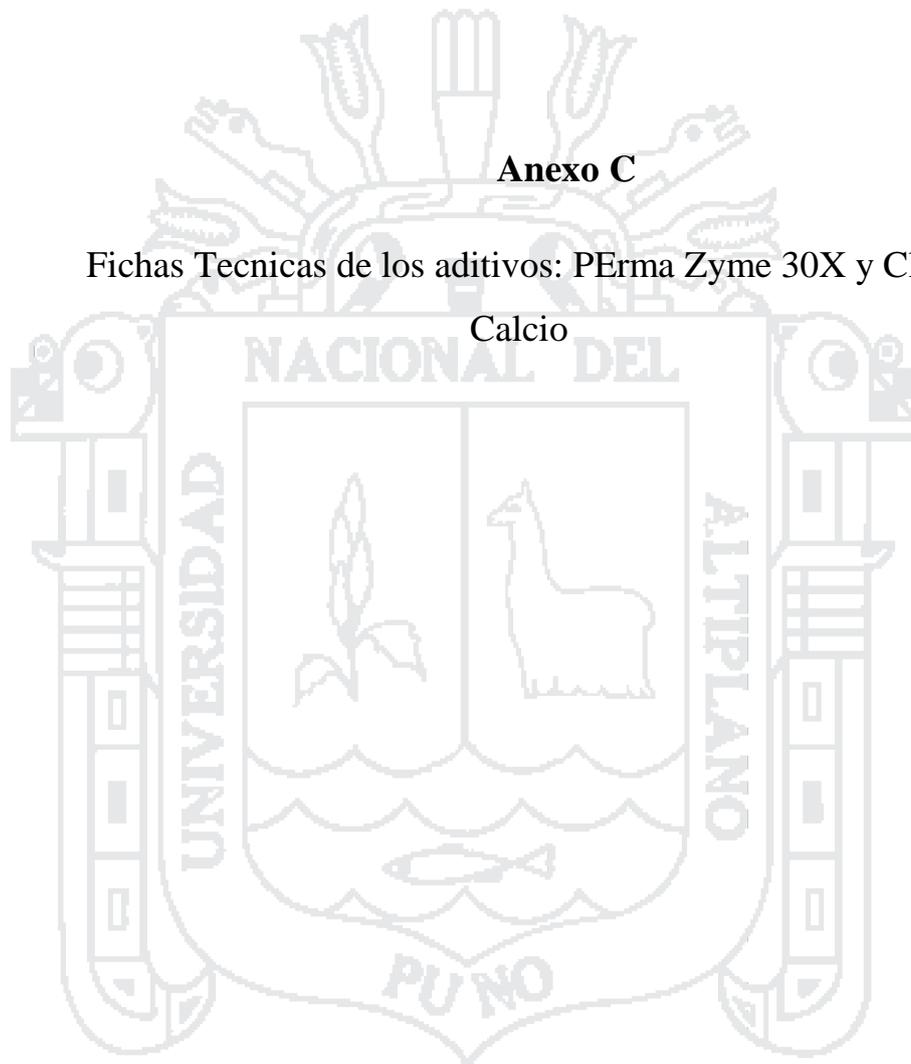
26	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.65%	24
1.61%	48
2.35%	72
2.58%	96

12	
expansion(%)	horas (hrs)
0.00%	0
0.76%	24
1.90%	48
2.76%	72
3.04%	96



Anexo C

Fichas Técnicas de los aditivos: PERma Zyme 30X y Cloruro de Calcio





CERTIFICADO DE CALIDAD

- ✦ **NOMBRE COMERCIAL: Perma Zyme.**
- ✦ **VERSIÓN: 30x.**
- ✦ **DESCRIPCIÓN: Estabilizador de Suelos. Es un producto hecho a base de múltiples materiales orgánicos fermentados.**
- ✦ **CONTENIDO QUÍMICO: Agua y proteínas altamente purificadas derivadas de fuentes vegetales.**
- ✦ **CARACTERÍSTICAS GENERALES: Es orgánico, biodegradable, no tóxico, no inflamable, no posee riesgo de explosión, no contiene productos en descomposición peligrosa, no es derivado del petróleo, de fácil manipulación.**
- ✦ **ESTADO FÍSICO: Líquido.**
- ✦ **COLOR: Marrón oscuro.**
- ✦ **OLOR: A fermento dulce.**
- ✦ **DENSIDAD: 1.08 g/ml (22°C)**
- ✦ **VISCOSIDAD: 114.4 cP a 25°C.**
- ✦ **pH: 4.3**
- ✦ **SOLUBILIDAD: 100% Hidrofilica.**
- ✦ **INDICACIONES: Agitar el bidón antes de verter.**
- ✦ **CONSERVACIÓN: Menos de 50°C no expuesto a calor y/o luz.**
- ✦ **GARANTÍA: 05 años.**

Cuzco, 15 de Julio del 2016



Econ. Gustavo Muñoz Valdez
Gerente Comercial Biotika S.A.C.
D.N.I. 29289003

Urb. José Carlos Mariátegui D-26. Of. 201 Wanchac - Cusco.

Web: www.biotika.pe
Teléfono: 084-253667

E.Mail: gerencia@biotika.pe
Celular: 951637966 RPM: *601372

Skype: [gustavo.munoz2050](https://www.skype.com/people/gustavo.munoz2050)
RPC: 965729029



PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LABORATORIOS
E INDUSTRIAS EN GENERAL
REPRESENTACIONES Y SERVICIOS

Calle Benito Paro Figueroa N° 147 - Urb. Balconillo - La Victoria - Lima - Perú
E-mail: indiqsa@gmail.com - clubruka@ec-red.com - Tel: (01) 474-9389 - Fax: (01) 472-6750

CERTIFICADO DE ANALISIS

Certificamos que los datos a continuación remitimos corresponden a los datos recibidos de nuestro proveedor

COLORURO DE CALCIO ESCAMAS 77% - TÉCNICO

PRODUCTO : CLORURO DE CALCIO ESCAMAS 77% - GRADO TÉCNICO
LOTE : OY1510F
PRODUCCIÓN : OCT.05.2015
RE-TEST : OCT.05.2019

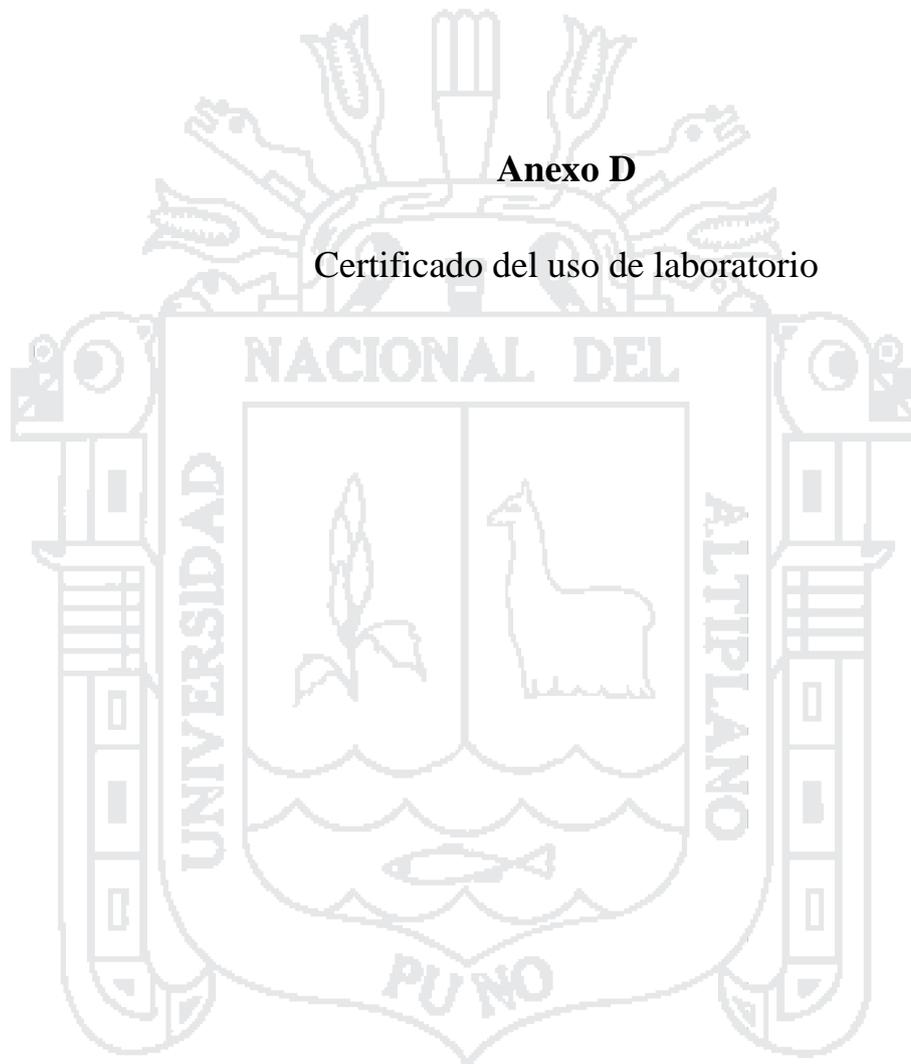
PARAMETRO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Pureza	77% mín.	77.5
Cloruros alcalinos [NaCl]	5% máx.	2.1
Magnesio [MgCl ₂]	0.5% máx.	0.17
Insolubles en agua	0.2% máx.	0.05
Alcalinidad [Ca(OH) ₂]	0.35% máx.	0.04



INDIQSA

Anexo D

Certificado del uso de laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

COSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA FICA

Hace constar:

Que los tesisas, conducente a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil Bach: **YUCRA CALLATA, ARTURO** y Bach: **CAMALA JILAPA, EDWIN IVAN**, hicieron uso de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: "**ANÁLISIS DEL USO DE LOS ADITIVOS PERMA ZYME Y CLORURO CÁLCICO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA (Dv. HUANCANE - CHUPA) - PUNO**".

Los ensayos que realizo son los siguientes.

Nº	ENSAYOS	CANTIDAD
1	Contenido de Humedad	02
2	Análisis Granulométrico	02
3	Límite Líquido y Plástico	14
4	Clasificación de Suelos	02
5	Ensayo Proctor Modificado	14
6	Ensayo C.B.R.	14

Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales.

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de Tesis.

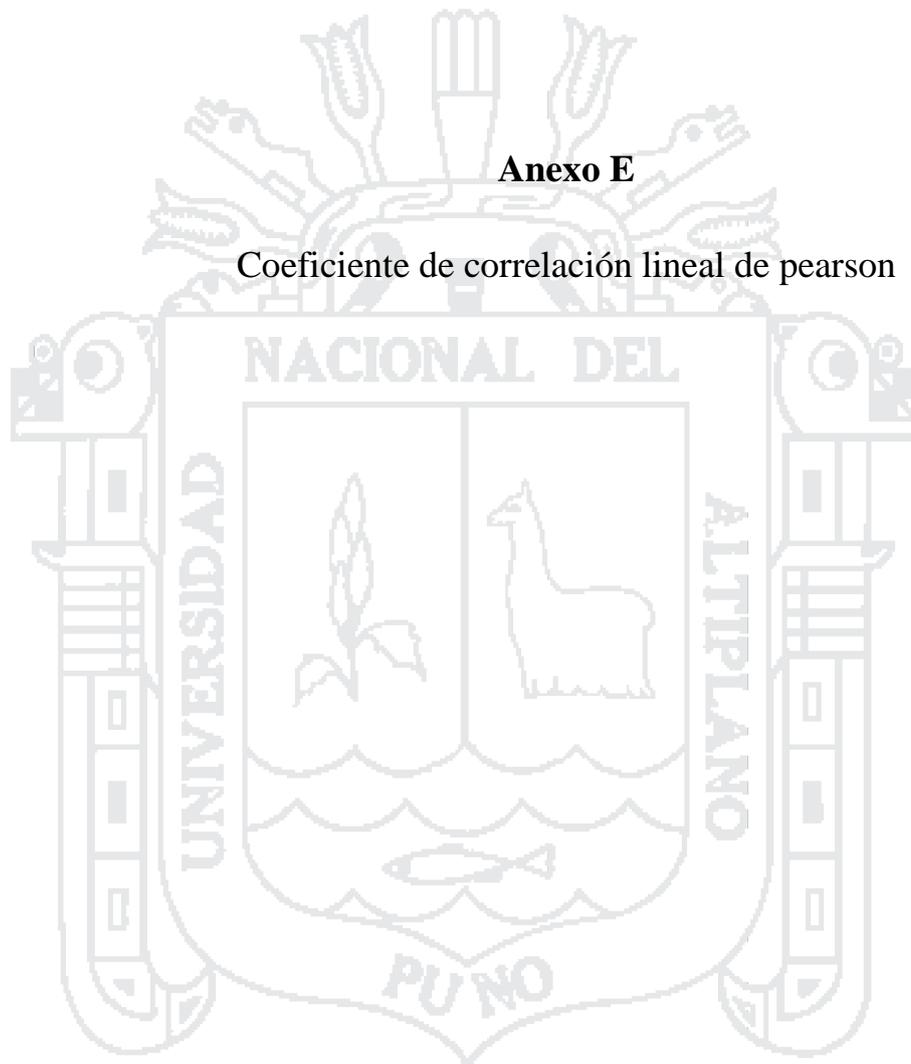
Puno, C. U. 19 de Setiembre de 2016.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 Facultad de Ing. Civil y Arquitectura
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales
Ing. JOSE L. CUEVA ANAPA
 Reg. CIP Nº 57799
 Jefe de Laboratorio

Anexo E

Coefficiente de correlación lineal de pearson



Coefficiente de correlación lineal de Pearson (PZ 30X - Cant. Punta) - IP

	x	y
1	0.00	6.00
2	1.00	5.84
3	1.50	5.83
4	2.00	5.77
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

0.16
r = **-0.9727** gl = 4 t = 5.9312 p = **0.004050**

r² = **0.9462** ó **94.62%**

El coeficiente de determinación r² se puede interpretar como la proporción de la varianza de y, que puede atribuirse a la varianza de x.

0.004050

0.16
0.17
0.23
6.00

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (PZ 30X - Cant. Punta)- Expansion

	x	y
1	0.00	1.75
2	1.00	1.72
3	1.50	1.21
4	2.00	1.12
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

0.03
r = **-0.8835** gl = 4 t = 2.6679 p = **0.055931**

r² = **0.7806** ó **78.06%**

El coeficiente de determinación r² se puede interpretar como la proporción de la varianza de y, que puede atribuirse a la varianza de x.

0.055931

0.03
0.54
0.63
1.75

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (PZ 30X - Cant. Punta) - Densidad Seca Maxima

	x	y
1	0.00	2.236
2	1.00	2.241
3	1.50	2.243
4	2.00	2.244
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

0.00
r = **0.9871** gl t p
4 8.7313 **0.000948**

r² = **0.9744** ó **97.44%**

El coeficiente de determinación r² se puede interpretar como la proporción de la varianza de y, que puede atribuirse a la varianza de x.

0.000948

0.00
-0.01
-0.01
2.24

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (PZ 30X - Cant. Punta) - CBR

	x	y
1	0.00	38.90
2	1.00	47.36
3	1.50	48.13
4	2.00	48.44
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

-8.46
r = **0.9202** gl t p
4 3.3236 **0.029279**

r² = **0.8467** ó **84.67%**

El coeficiente de determinación r² se puede interpretar como la proporción de la varianza de y, que puede atribuirse a la varianza de x.

0.029279

-8.46
-9.23
-9.54
38.90

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (PZ 30X - Cant. Yanahoco) - IP

	x	y
1	0.00	6.67
2	1.00	6.13
3	1.50	6.07
4	2.00	5.93
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

0.54
 $r = -0.9688$ gl = 4 t = 5.5320 p = 0.005218
 $r^2 = 0.9387$ ó 93.87%

El coeficiente de determinación r^2 se puede interpretar como la proporción de la varianza de y, que puede atribuirse a la varianza de x.

0.005218

0.54
0.60
0.74
6.67

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (PZ 30X - Cant. Yanahoco) - Expansion

	x	y
1	0.00	2.58
2	1.00	1.99
3	1.50	1.97
4	2.00	1.96
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

0.59
 $r = -0.8969$ gl = 4 t = 2.8675 p = 0.045585
 $r^2 = 0.8044$ ó 80.44%

El coeficiente de determinación r^2 se puede interpretar como la proporción de la varianza de y, que puede atribuirse a la varianza de x.

0.045585

0.59
0.61
0.62
2.58

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (PZ 30X - Cant. Yanahoco) - Densidad Seca Maxima

	x	y
1	0.00	2.136
2	1.00	2.137
3	1.50	2.138
4	2.00	2.155
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

0.00
 $r = 0.7451$
 $r^2 = 0.5552$ ó **55.52%**

gl t p
 4 1.5801 **0.189244**

El coeficiente de determinación r^2 se puede interpretar como la proporción de la varianza de y , que puede atribuirse a la varianza de x .

0.189244

0.00
 0.00
 -0.02
 2.14

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (PZ 30X - Cnat. Yanahoco) - CBR

	x	y
1	0.00	36.06
2	1.00	40.98
3	1.50	41.13
4	2.00	41.36
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

-4.92
 $r = 0.9057$
 $r^2 = 0.8203$ ó **82.03%**

gl t p
 4 3.0217 **0.039098**

El coeficiente de determinación r^2 se puede interpretar como la proporción de la varianza de y , que puede atribuirse a la varianza de x .

0.039098

-4.92
 -5.07
 -5.30
 36.06

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (CaCl2 - Cant. Punta) - IP

	x	y
1	0.00	6.00
2	1.00	5.90
3	2.00	5.66
4	3.00	5.58
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

0.10
r = **-0.9802** gl = 4 t = 6.9938 p = **0.002199**

r² = **0.9607** ó **96.07%**

El coeficiente de determinación r² se puede interpretar como la proporción de la varianza de y, que puede atribuirse a la varianza de x.

0.002199

0.10
0.34
0.42
6.00

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (CaCl2 - Cant. Punta) - Expansion

	x	y
1	0.00	1.75
2	1.00	1.63
3	2.00	1.54
4	3.00	1.52
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

0.12
r = **-0.9601** gl = 4 t = 4.8561 p = **0.008303**

r² = **0.9218** ó **92.18%**

El coeficiente de determinación r² se puede interpretar como la proporción de la varianza de y, que puede atribuirse a la varianza de x.

0.008303

0.12
0.21
0.23
1.75

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (CaCl2 - Cant. Punta) - Densidad Seca Maxima

	x	y
1	0.00	2.236
2	1.00	2.271
3	2.00	2.307
4	3.00	2.305
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

-0.03
r = **0.9359** gl t p
4 3.7572 **0.019823**

r² = **0.8759** ó **87.59%**

El coeficiente de determinación r² se puede interpretar como la proporción de la varianza de y, que puede atribuirse a la varianza de x.

0.019823

-0.03
-0.07
-0.07
2.24

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (CaCl2 - Cant. Punta) - CBR

	x	y
1	0.00	38.90
2	1.00	43.90
3	2.00	47.75
4	3.00	49.28
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

-5.00
r = **0.9758** gl t p
4 6.3061 **0.003233**

r² = **0.9521** ó **95.21%**

El coeficiente de determinación r² se puede interpretar como la proporción de la varianza de y, que puede atribuirse a la varianza de x.

0.003233

-5.00
-6.85

38.90

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (CaCl2 - Cant. Yanahoco) - IP

	x	y
1	0.00	6.67
2	1.00	6.32
3	2.00	6.27
4	3.00	4.37
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

0.35
r = **-0.8625** gl = 4 t = 2.4098 p = **0.073567**

r² = **0.7438** ó **74.38%**

El coeficiente de determinación r² se puede interpretar como la proporción de la varianza de y, que puede atribuirse a la varianza de x.

0.073567

0.35
0.40
2.30
6.67

Coefficiente de correlación lineal de Pearson (CaCl2 - Cant. Yanahoco) - Expansion

	x	y
1	0.00	2.58
2	1.00	2.53
3	2.00	2.50
4	3.00	2.48
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

0.05
r = **-0.9795** gl = 4 t = 6.8810 p = **0.002337**

r² = **0.9595** ó **95.95%**

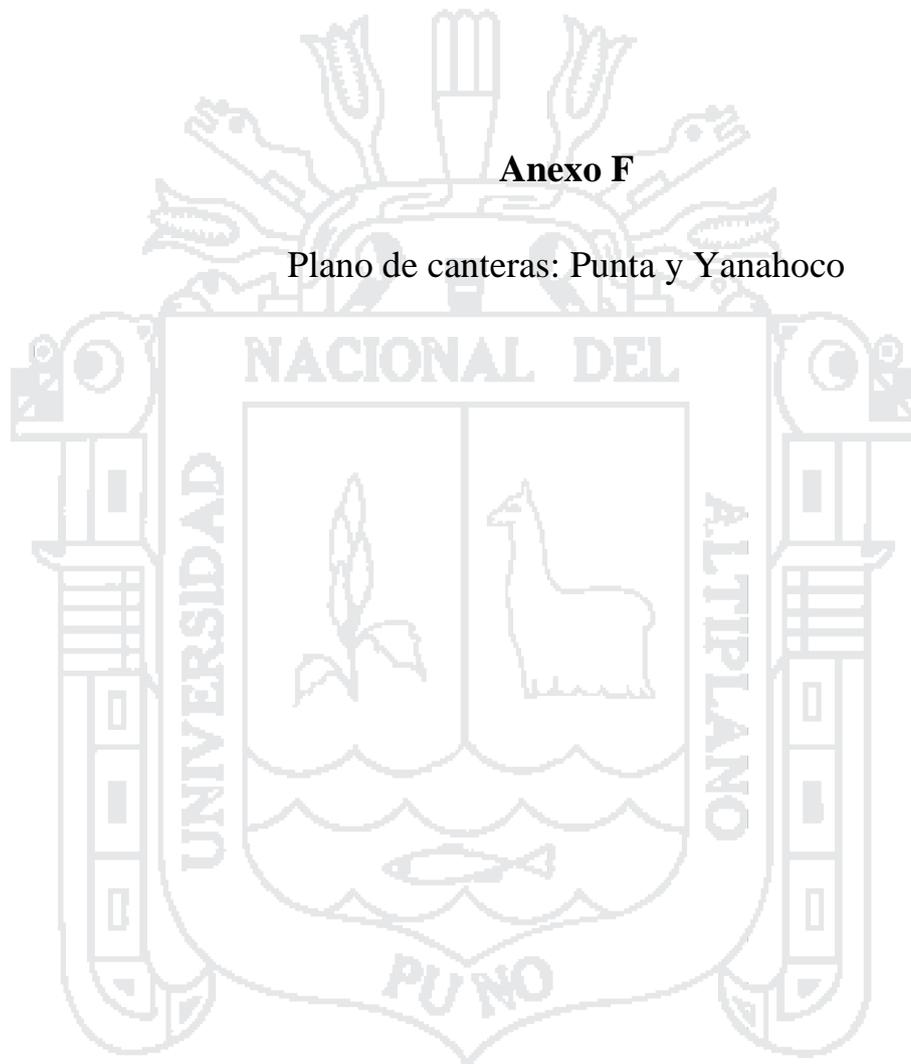
El coeficiente de determinación r² se puede interpretar como la proporción de la varianza de y, que puede atribuirse a la varianza de x.

0.002337

0.05
0.08
0.10
2.58

Anexo F

Plano de canteras: Punta y Yanahoco



PLANOS:

C/01: Plano de canteras Yanahoco y Punta

